



Vollzug Umwelt

HANDBUCH

**Probenahme und
Probenvorbereitung
für Schadstoffunter-
suchungen in Böden**



HANDBUCH

**Probenahme und
Probenvorbereitung
für Schadstoffunter-
suchungen in Böden**

Handbuch Bodenprobenahme
VBBö

**Herausgegeben vom Bundesamt
für Umwelt, Wald und Landschaft
BUWAL
Bern, 2003**

Rechtlicher Stellenwert dieser Publikation

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BUWAL als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert unbestimmte Rechtsbegriffe von Gesetzen und Verordnungen und soll eine einheitliche Vollzugspraxis ermöglichen. Das BUWAL veröffentlicht solche Vollzugshilfen (oft auch als Richtlinien, Wegleitungen, Empfehlungen, Handbücher, Praxishilfen u.ä. bezeichnet) in seiner Reihe «Vollzug Umwelt». Die Vollzugshilfen gewährleisten einerseits ein grosses Mass an Rechtsgleichheit und Rechtssicherheit; andererseits ermöglichen sie im Einzelfall flexible und angepasste Lösungen. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfen, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen. Andere Lösungen sind nicht ausgeschlossen, gemäss Gerichtspraxis muss jedoch nachgewiesen werden, dass sie rechtskonform sind.

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
Das BUWAL ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)

Bericht

Geotechnisches Institut AG, Gubelstrasse 28,
8050 Zürich,
gemeinsam mit
NABO-Leitung der Forschungsanstalt
für Agrarökologie und Landbau (FAL),
8046 Zürich-Reckenholz

Autoren

Markus Hämmerlin, Geotechnisches Institut AG
André Desaulles, Leitung NABO, FAL

Mitarbeit

Ruedi Dahinden, NABO, FAL
Konrad Studer, NABO, FAL
Reiner A. Mailänder, Geotechnisches Institut AG
Reto Schreier, Geotechnisches Institut AG

Expertengruppe

Johannes Dettwiler, BUWAL
Peter Federer, Amt für Umweltschutz Kanton AR
Michel Gratier, Service des eaux, sols et
assainissement, canton de Vaud
Armin Keller, Institut für terrestrische Ökologie,
ETH-Zürich
Jiri Presler, Babu GmbH, Zürich
Thomas Schmid, Fachstelle Bodenschutz Kanton ZH
Lorenz Walthert, Forschungsanstalt für Wald,
Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf

Fotos Titelblatt

NABO-Gruppe, FAL, Zürich-Reckenholz

Bezug

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
Dokumentation, 3003 Bern
Fax + 41 (0)31 324 02 16
E-Mail: docu@buwal.admin.ch
Internet: www.buwalshop.ch
Bestellnummer: VU-4814-D

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACTS	7
VORWORT	9
1 Einleitung	11
1.1 Allgemeines	11
1.2 Ziele	11
1.3 Geltungsbereich	11
1.4 Inhalt, Aufbau und Gliederung	13
2 Grundprobleme und Qualitätssicherung	15
2.1 Die räumliche Variabilität und Heterogenität als Grundprobleme der Ergebnisunsicherheit	15
2.2 Qualität der Probenahme	17
2.2.1 <i>Qualitätskriterien</i>	17
2.2.2 <i>Qualitätssicherung</i>	17
3 Grundlagen der Probenahme	19
3.1 Fragestellung und Zielsetzung	19
3.2 Vorabklärungen	19
3.2.1 <i>Ziele und Mittel</i>	19
3.2.2 <i>Belastungshypothesen und Gefährdungen</i>	19
3.3 Untersuchungsbedarf	20
3.4 Probenahmeplan	20
3.4.1 <i>Vorbemerkungen</i>	20
3.4.2 <i>Probenahmemuster</i>	21
3.4.3 <i>Probenarten</i>	24
3.4.4 <i>Gewinnung von Mischproben</i>	25
3.4.5 <i>Probenahmetiefe</i>	26
3.4.6 <i>Probenmengen</i>	27
3.4.7 <i>Standortbeschreibung</i>	28
4 Langzeit- und Referenzuntersuchungen – NABO	29
4.1 Fragestellung und Zielsetzung	29
4.1.1 <i>Langzeituntersuchungen</i>	29
4.1.2 <i>Referenzuntersuchungen</i>	29
4.2 Vorabklärungen	29
4.3 Untersuchungsbedarf	29
4.4 Probenahmeplan	31
4.4.1 <i>Probenahmeplan Erstbeprobung und Referenzuntersuchung</i>	31
4.4.2 <i>Probenahmeplan Folgebeprobungen</i>	31
4.4.3 <i>Gewinnung der Mischprobe bei Flächenproben</i>	33

5	Räumliche Abgrenzung von schadstoffbelasteten Böden	35
5.1	Fragestellung und Zielsetzung	35
5.2	Vorabklärungen	35
	5.2.1 <i>Vorgehensweise</i>	35
	5.2.2 <i>Belastungshypothese und Gefährdungen</i>	36
5.3	Untersuchungsbedarf	36
5.4	Probenahmeplan	37
	5.4.1 <i>Probenahmemuster</i>	37
	5.4.2 <i>Probenarten</i>	37
	5.4.3 <i>Gewinnung von Mischproben</i>	37
	5.4.4 <i>Probenahmetiefe</i>	37
	5.4.5 <i>Standortbeschreibung</i>	40
	5.4.6 <i>Probenmenge</i>	40
6	Durchführung der Probenahme	42
6.1	Informieren der Betroffenen	42
6.2	Sicherheitsvorkehrungen	42
6.3	Leitungserhebungen und Bewilligungen	42
6.4	Personal	42
6.5	Zeitpunkt und Reihenfolge	43
6.6	Probenmengen	43
6.7	Probenahmegeräte	43
6.8	Gewinnung von Volumenproben	45
6.9	Protokolle	45
6.10	Einmessen des Probenahmestandorts	46
6.11	Probenverpackung, -beschriftung und -transport	47
7	Probenvorbereitung und -archivierung	48
7.1	Probenvorbereitung	48
7.2	Probenarchivierung	50
	7.2.1 <i>Archivproben</i>	50
	7.2.2 <i>Lagerungsbedingungen</i>	50
8	Erläuterungen zu den Protokollen	51
9	Literatur	69
	Anhänge	73
	Anhang 1: Checkliste Qualität	75
	Anhang 2: Identifizierung möglicher Bodenbelastungen	79
	Anhang 3: Gesteinsbedingte Richtwertüberschreitungen	81
	Anhang 4: Datenerhebung für Stoffbilanzierung von Landwirtschaftsflächen	83
	Anhang 5: Protokolle	87

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1:</i>	Gegenstand des Handbuchs	12
<i>Abbildung 2:</i>	Gliederung von Probenahme und Probenvorbereitung	14
<i>Abbildung 3:</i>	Stichproben- und Massenverkleinerungsverfahren	15
<i>Abbildung 4:</i>	Elemente des Probenahmeplans	21
<i>Abbildung 5:</i>	Probenahmemuster bei Langzeituntersuchungen	34
<i>Abbildung 6:</i>	Zwei-Werte-Regel zur räumlichen Abgrenzung	40
<i>Abbildung 7:</i>	Einmessen des Probenahmestandorts	46

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1:</i>	Verweis auf Extraktions- und Analysenmethode	11
<i>Tabelle 2:</i>	Fragen zur Formulierung von Belastungshypothesen	19
<i>Tabelle 3:</i>	Aspekte bei der Ermittlung des Untersuchungsbedarfs	20
<i>Tabelle 4:</i>	Probenahmemuster für Schadstoffuntersuchungen des Bodens	22
<i>Tabelle 5:</i>	Verteilungsmuster der Einzelproben bei Flächenproben	26
<i>Tabelle 6:</i>	Kriterien für die Verteilung von Probenahmestandorten bei Langzeit- und Referenzuntersuchungen	30
<i>Tabelle 7:</i>	Kriterien für die lokale Standortwahl bei Langzeit- und Referenzuntersuchungen	31
<i>Tabelle 8:</i>	Entscheidungshilfe für Probenahmeplan Oberboden	32
<i>Tabelle 9:</i>	Entscheidungshilfe für Probenahmeplan Unterboden	33
<i>Tabelle 10:</i>	Analysenmethoden	36
<i>Tabelle 11:</i>	Entscheidungshilfe für den Probenahmeplan	38
<i>Tabelle 12:</i>	Probenahmetiefen nach VBBö (1998)	41
<i>Tabelle 13:</i>	Anwendungsbereiche von Probenahmegeräten und mögliche Probleme	44

ABSTRACTS

This manual is concerned with sampling techniques and the physical preparation of samples for use in the analysis of soil pollutants. It begins with a discussion of the basic problems connected with sampling, and considers certain aspects of quality assurance. Following a presentation of the principles underlying the sampling plan, choice of location and long-term and reference studies, detailed instructions on the performance of surveys and the preparation of samples are given. Finally, practical survey forms are presented and discussed.

Key words: sampling, preparation of samples, soils, pollutants

Das Handbuch befasst sich mit der Probenahme und physikalischen Probenvorbereitung für Schadstoffuntersuchungen in Böden. Vorangestellt sind Grundprobleme der Probenahme und Aspekte der Qualitätssicherung. Nach der Darstellung allgemeiner Grundlagen zu Probenahmeplan, räumlicher Abgrenzung sowie Langzeit- und Referenzuntersuchungen folgt eine konkrete Anleitung zur Durchführung der Probennahme und Probenvorbereitung. Für die Praxis hilfreich sind die erläuterten Protokollformulare.

Stichwörter: Probenahme, Probenvorbereitung, Böden, Schadstoffe

Ce manuel traite du prélèvement et de la préparation d'échantillons de sols en vue de l'analyse de substances polluantes dans les sols. Dans un premier temps sont abordés les problèmes de base de l'échantillonnage et certains aspects de la garantie de qualité. La présentation des principes du plan d'échantillonnage, de la délimitation spatiale ainsi que des études à long terme et de référence est suivie par des instructions concrètes concernant l'exécution des prélèvements et la préparation des échantillons. Le manuel est complété par des fiches commentées utiles pour la pratique.

Mots-clefs: prélèvement d'échantillons, préparation des échantillons, sols, substances polluantes

Il presente manuale illustra il procedimento per il prelievo ed il pretrattamento di campioni di terreno ai fini dell'analisi delle sostanze nocive presenti nei suoli. Vengono innanzitutto spiegati i problemi di fondo legati al prelievo e gli aspetti relativi alla garanzia della qualità. La presentazione dei principi generali per il piano di campionamento, la delimitazione spaziale e le analisi a lungo termine e di riferimento è seguita da istruzioni concrete sull'esecuzione del prelievo e sulla preparazione dei campioni. Utili dal punto di vista pratico sono infine gli schemi per la redazione dei verbali di campionamento, completi delle necessarie spiegazioni.

Parole chiave: prelievo di campioni, pretrattamento dei campioni, suoli, inquinanti

VORWORT

Die Kenntnis der Schadstoffgehalt in Böden ist eine zentrale Voraussetzung für einen verhältnismässigen und dennoch wirksamen Bodenschutz im Sinne des Umweltschutzgesetzes. Da aber Messdaten oft kostspielige und einschränkende Massnahmen zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und zum Schutz von Menschen, Tieren und Pflanzen auslösen, kommt ihrer Erarbeitung grosse Bedeutung zu. Sie müssen gesamtschweizerisch und zur Feststellung von Veränderungen auch über die Zeit vergleichbar sein. Gefragt ist eine robuste Methodik, welche die Zahl der Fehlerquellen so klein wie möglich hält.

Dieses Handbuch befasst sich mit zwei für Bodenuntersuchungen besonders wichtigen Bereichen, nämlich mit der Entnahme und der Vorbereitung von Bodenproben. Die Extraktion und die Analyse der Schadstoffe sind zum Teil in der *Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo)* selbst und in andern Fachpublikationen beschrieben.

Mit dieser Vollzugshilfe ist ohne Zweifel ein weiterer Stein im schweizerischen Bodenschutzmosaik gelegt und ein wichtiger Schritt hin zu einer einheitlichen und zweckmässigen Umsetzung der rechtlichen Vorgaben getan worden.

Wir danken allen, die zum Gelingen dieses Handbuchs beigetragen haben, und auch all jenen, die es zur Erhaltung der Böden anwenden werden.

Eidg. Forschungsanstalt für
Agrarökologie und Landbau
Produkt Öko-Controlling

Der Verantwortliche

Michael Winzeler

Bundesamt für Umwelt, Wald
und Landschaft

Abteilung Stoffe, Boden,
Biotechnologie

Der Chef

Georg Karlaganis

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

Das vorliegende Handbuch befasst sich nur mit der Entnahme und physikalischen Vorbereitung von Bodenproben zur Untersuchung von Schadstoffgehalten. Es ersetzt in diesem Bereich die *Wegleitung für die Probenahme und Analyse von Schadstoffen im Boden (BUWAL, FAC 1987)* sowie die entsprechenden Ergänzungsschreiben (*BUWAL, FAC 1989, Desaulles 1995*).

Die chemischen Extraktions- und Analysenmethoden sind neu in andern Publikationen enthalten (vgl. *Tab. 1*). Anlass für die Überarbeitung war die Revision des *Umweltschutzgesetzes (USG 1983)* vom Dezember 1995, nach welcher die *Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo 1986)* durch die *Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo 1998)* ersetzt worden ist.

Tabelle 1: Verweise auf Extraktions- und Analysenmethoden.

Schadstoff	Methode
Anorganische Schadstoffe nach VBBo	- Anhang 1 VBBo (1998) - Referenzmethoden der landwirtschaftlichen Forschungsanstalten (<i>FAL et al. 1995</i> , laufend aktualisiert) - Methodenbuch für Boden-, Pflanzen- und Lysimeterwasser-Untersuchungen (<i>FAL 1998</i>)
Organische Schadstoffe nach VBBo	- Anhang 2 VBBo (1998) - Methodenempfehlungen für PAK, PCB und PCDD/F (<i>BUWAL 2000a, 2001c–d, 2003</i>)
Andere Schadstoffe	- anerkannte und für Fragestellung geeignete Methode

1.2 Ziele

Das Handbuch richtet sich primär an die Vollzugsbehörden, aber auch an Fachleute in Ingenieur- und Umweltbüros. Die Grundlagen der Probenahme und Probenvorbereitung werden erläutert. Die Planung und Durchführung erfolgt mittels begründeter Handlungsempfehlungen und Entscheidungshilfen. Das Handbuch soll:

- den Ausführenden alle Aspekte und Probleme erläutern, die bei Probenahme und Probenvorbereitung eine Rolle spielen können,
- ein einheitliches Vorgehen bei Untersuchungen erreichen helfen und
- die Qualität der Untersuchungen sichern.

1.3 Geltungsbereich

Das Handbuch befasst sich mit der Probenahme und Probenvorbereitung bei der Untersuchung chemischer Bodenbelastungen gemäss Artikel 7 Absatz 4^{bis} USG. Als Boden gilt dabei nur die oberste, unversiegelte Erdschicht, in der Pflanzen wachsen können (*Abb. 1*).

Nach der *Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo)* handelt es sich um folgende Untersuchungssituationen:

- Beobachtung und Überwachung von Bodenbelastungen (Art. 3 und 4 VBBo). Darunter fallen Untersuchungen im Rahmen der nationalen und kantonalen Boden-Beobachtungsnetze (NABO, KABO).
- Untersuchungen und Beurteilung bei Überschreitung eines Richt-, Prüf- oder Sanierungswerts (Art. 5, 8, 9 und 10 VBBo). In diesen Fällen geht es um Bodenbelastungen, welche die Bodenfruchtbarkeit nach Artikel 2 VBBo, also die Bodenlebewelt, Wild- und Kulturpflanzen, weidende Tiere, spielende Kinder und Konsumierende von Ernteprodukten gefährden.
- Beurteilung von Bodenaushub zur Verwertung (Art. 7 VBBo; vgl. *"Wegleitung Bodenaushub"*, BUWAL 2001a).

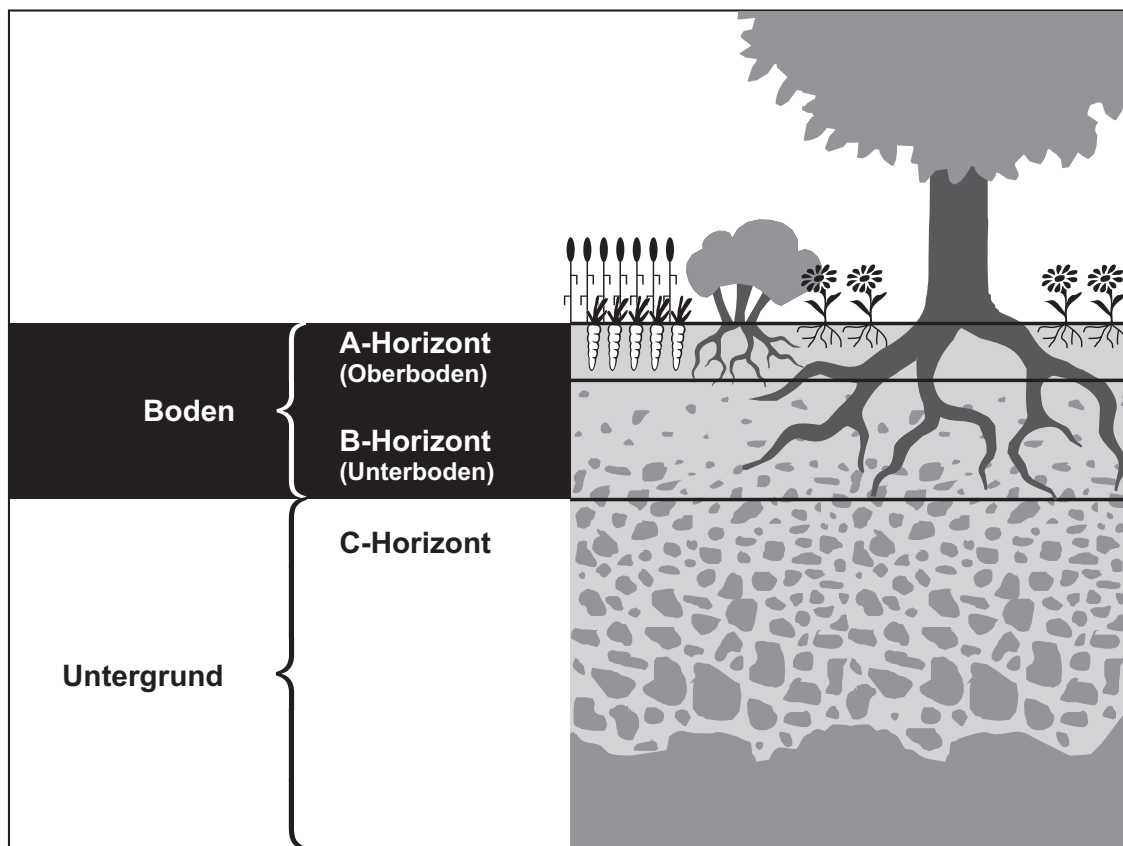


Abbildung 1: Gegenstand dieses Handbuchs (**schwarzer Bereich**).

Für belastete Standorte im Sinne der Altlastenverordnung (AltIV) ist dieses Handbuch lediglich dann anzuwenden, wenn es sich um:

- Einwirkungen von belasteten Standorten auf Böden bzw. um
- Einwirkungen von Böden, die belastete Standorte sind, auf Menschen, Tiere und Pflanzen handelt.

Das Handbuch gilt nicht für die Untersuchung anderer Arten von Einwirkungen, die von belasteten Standorten im Sinne der AltIV ausgehen (z.B. Einwirkungen auf unter- und

oberirdische Gewässer, auf Raum- oder Umgebungsluft). In diesen Fällen richtet sich die Probenahme nach der BUWAL-Vollzugshilfe *"Probenahme von Feststoffen auf belasteten Standorten"*. Entscheidend für diese Differenzierung ist demnach nicht, wo ein Boden liegt, sondern wozu er untersucht wird.

1.4 Inhalt, Aufbau und Gliederung

Die bisher gültige Probenahme-Wegleitung (*BUWAL, FAC 1987*) wurde auf der Grundlage des veränderten Bodenschutzrechtes überarbeitet. Dabei wurde Bewährtes beibehalten und mit den Erfahrungen ergänzt, welche im Rahmen der Nationalen Bodenbeobachtung (NABO) sowie verschiedener kantonaler Bodenbeobachtungen (KABO) gewonnen werden konnten. Auch die einschlägigen ISO-Normen (*ISO 1995a–b; 1996a–b; 2002a–c*), Wegleitungen aus dem Ausland und Fachliteratur sind berücksichtigt worden. Ein spezielles Augenmerk galt der Qualitätssicherung der Probenahme und Probenvorbereitung. Das Handbuch ist wie folgt aufgebaut:

- Das **Kapitel 2** erläutert die Gliederung und die Grundfragen der Probenahme sowie die notwendigen Massnahmen zur Qualitätssicherung.
- Das **Kapitel 3** zeigt, wie eine Probenahme geplant wird.
- In den **Kapiteln 4** und **5** wird die Planung der Probenahme typischer, in der Praxis oft vorkommender Untersuchungssituationen konkretisiert, nämlich und für Langzeit- und Referenzuntersuchungen (vgl. *Kap. 4*; v.a. Dauerbeobachtung, z.B. NABO, und Dauerüberwachung, z.B. KABO) für die räumliche Abgrenzung schadstoffbelasteter Böden (vgl. *Kap. 5*; v.a. im Zusammenhang mit Bodenaushub und Gefährdungsabschätzungen).
- Das **Kapitel 6** befasst sich mit der praktischen Durchführung der Probenahme im Feld und **Kapitel 7** mit der Probenvorbereitung und -archivierung.
- **Anhang 5** enthält die Protokolle zur Probenahme und Probenvorbereitung, welche im **Kapitel 8** erläutert werden.

Abbildung 2 zeigt schematisch die Gliederung des Handbuchs. Die einzelnen Arbeitsschritte werden in den aufgeführten Kapiteln erläutert. Die Art und Weise der Auswertung und Interpretation von Ergebnissen werden bei der Planung der Probenahme festgelegt.

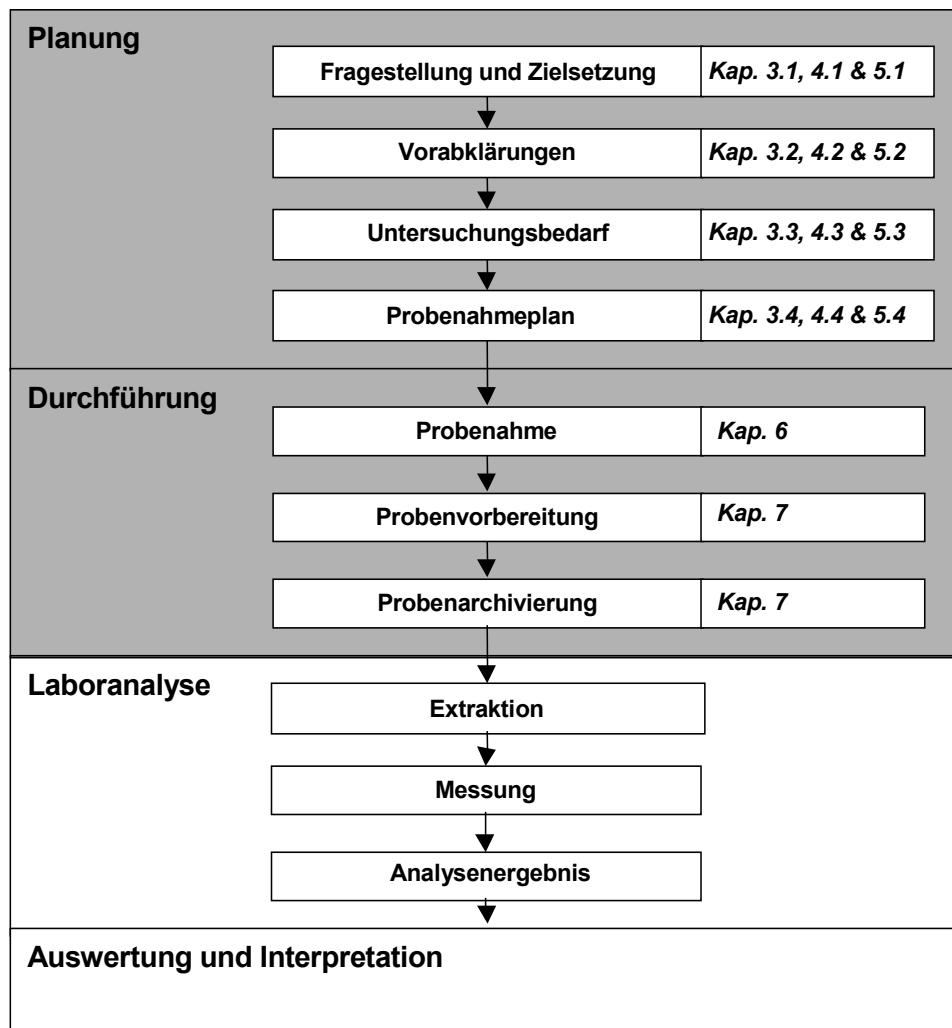


Abbildung 2: Gliederung von Probenahme und Probenvorbereitung. Der Geltungsbereich des Handbuchs ist grau hinterlegt.

2 Grundprobleme und Qualitätssicherung

2.1 Die räumliche Variabilität und Heterogenität als Grundprobleme der Ergebnisunsicherheit

Ziel der Probenahme ist es, die reale Schadstoffverteilung mit statistischen Kenngrößen (z.B. Mittelwert, Streuungsmasse) im Hinblick auf die Fragestellung und Zielsetzung der Untersuchung möglichst zuverlässig zu erfassen und abzubilden. Dabei spielt die räumliche Variabilität und damit die Heterogenität der untersuchten Kenngrößen im Untersuchungsgebiet, eine zentrale Rolle. Diese bezieht sich dabei je nach Fragestellung und Zielsetzung von Bedeutung auf verschiedene Masstäbe (Heterogenität einer Probe, einer Probenahmefläche oder eines Untersuchungsgebiets).

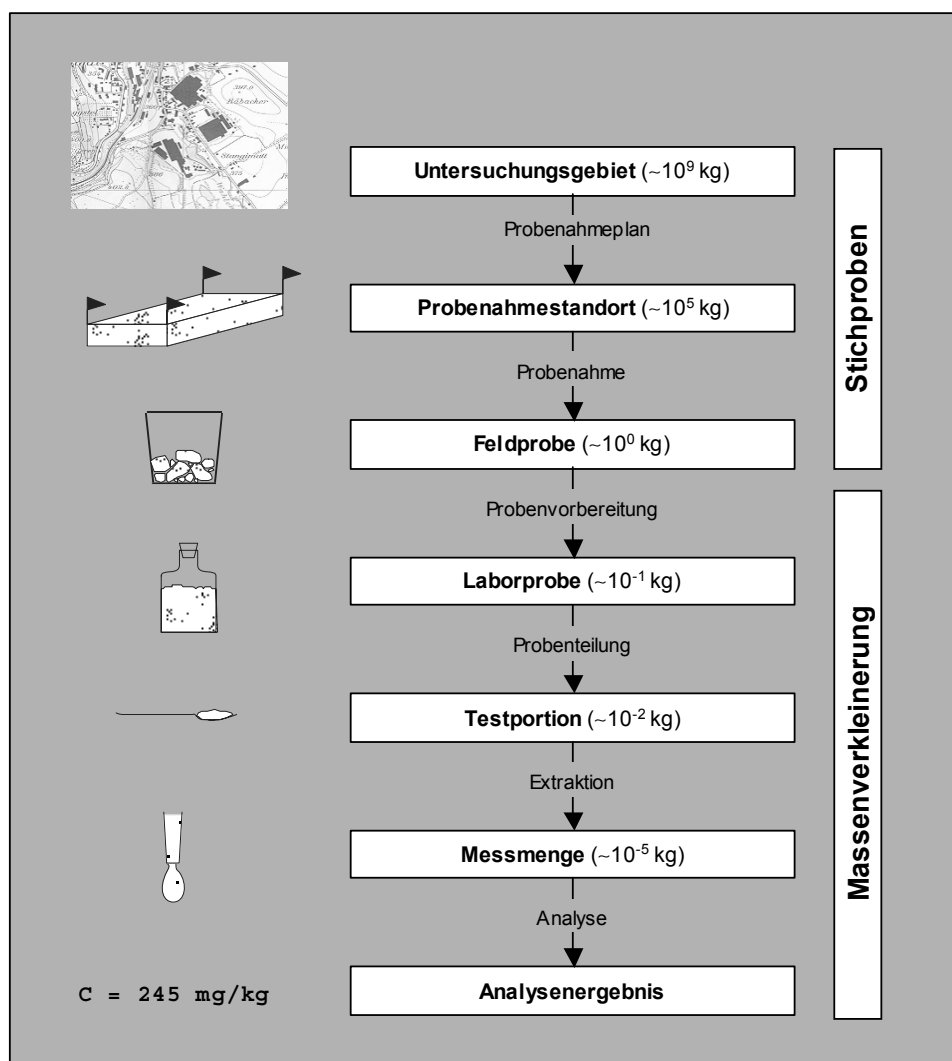


Abbildung 3: Stichproben- und Massenverkleinerungsverfahren.

Für eine realitätsnahe Darstellung der Schadstoffgehalte des Bodens wird ein Stichproben- und Massenverkleinerungsverfahren angewendet, welches die in *Abbildung 3* gezeigten Schritte umfasst. Beim Stichprobenverfahren steht die repräsentative Abbildung der Heterogenität im Untersuchungsgebiet im Zentrum der Betrachtung, beim Massenverkleinerungsverfahren jene der Proben und deren Subproben. Jeder der Schritte in *Abbildung 3* führt zwangsläufig zu Fehlern und damit zu Unsicherheiten. Das Analysenergebnis (gemessener Wert) setzt sich deshalb immer wie folgt zusammen:

$$\boxed{\text{Analysenergebnis}} = \boxed{\text{wahrer Wert}} + \boxed{\text{Summe der Fehler des Stichproben- und Massenverkleinerungsverfahrens}} + \boxed{\text{Messfehler}}$$

Die Fehler im Stichproben- und Massenverkleinerungsverfahren können nur näherungsweise quantifiziert werden, weil die Fehlerquellen mannigfaltig sind. Ein Fehler kann zudem naturgemäss nur bis zum Elementarfehler verringert werden, weil es unmöglich ist, absolut repräsentative Proben zu gewinnen. Dem wahren Wert kann man sich somit nur annähern. Er bleibt letztlich immer unbekannt. Die bestmögliche Annäherung an den wahren Wert wird erreicht, indem die Schritte im Stichproben- und Massenverkleinerungsverfahren so durchgeführt werden, dass die jeweils folgende Subprobe für die vorhergehende Probe so repräsentativ wie möglich ist und der Fehler dadurch möglichst klein wird. Das Stichproben- und Massenverkleinerungsverfahren unterliegt dabei zwei Fehlergruppen (*Guy 1991*). Dies sind:

- Primärprobenfehler, d.h. die Differenz zwischen dem unbekanntem wahren Wert im Untersuchungsgebiet und jenem der Feldproben, und der
- Subprobenfehler, d.h. die Differenzen zwischen dem unbekanntem wahren Wert der Feldprobe und jenem aller weiteren Subproben.

Alle Fehler beruhen darauf, dass Stichproben- und Massenverkleinerungsverfahren die Heterogenität der zu untersuchenden Kenngrösse nicht adäquat berücksichtigen. Die Ursache des Primärprobenfehlers liegt in der Heterogenität der Kenngrössen im Untersuchungsgebiet (Feldheterogenität). Die Ursache des Subprobenfehlers liegt in der Probenheterogenität.

Bei der Laboranalytik werden zunehmend ausgereifte Qualitätssicherungs- und Kontrollkonzepte angewandt. Dies ist bei der Probenahme nur bedingt möglich, weil die Feldheterogenität nicht an einer quasi-homogenen zertifizierten Feldfläche geeicht werden kann, wie das bei der Laboranalytik mit zertifiziertem Referenzmaterial möglich ist. Hier geht die Strategie der Fehlerreduktion dahin, die Fehlermöglichkeiten durch fundierte Planung der Probenahme (*☞ Kap. 3*), fachgerechte Durchführung (*☞ Kap. 6*) und Probenvorbereitung (*☞ Kap. 7*) zu verringern. Die Massnahmen zur Fehlerreduktion sollten aber ein vernünftiges Verhältnis von Nutzen und Aufwand aufweisen.

Die Literatur, welche die Fehler bzw. Unsicherheiten für das gesamte Messverfahren von der Probenahme über die Probenvorbereitung bis zur Laboranalyse zu quantifizieren versucht, ist noch spärlich und lückenhaft (z.B. *Desaules und Dahinden 1994, Huesemann 1994, Thompson und Ramsey 1995, Ramsey 1997, Squire et al. 2000, Wagner et al. 2001*). Bisher kann festgestellt werden, dass die Ergebnisunsicherheiten je nach Schadstoff, Konzentration und Untersuchungsgebiet sehr verschieden sein können. Sinnvolle quantitative Verallgemeinerungen sind beim aktuellen Kenntnisstand deshalb nicht möglich. Mit der Erstellung von Unsicherheitsbudgets (*EURACHEM/CITAC Guide 2000*) steht eine Methode zur Verfügung, welche eine quantitative Abschätzung von Unsicherheitsquellen erlaubt und damit zu deren verhältnismässigen Reduktion beitragen kann.

Weiterführende Literatur

- EURACHEM/CITAC Guide, 2000, Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, Laboratory of the Government Chemist, London. 120 p., second edition.
- Gy P.M., 1991, Sampling: The foundation-block of analysis, *Mikrochimica Acta*, 2, 457–466.
- Huesemann M.H., 1994, Guidelines for the development of effective statistical soil sampling strategies for environmental applications, *in*: Calabrese E.J. und P.T. Kostecki (ed.), *Hydrocarbon Contaminated Soils and Groundwater*, 4, Association for the Environmental Health of Soils, Massachusetts, 47–96.
- Keith L.H (ed.), 1988, *Principles of Environmental Sampling*, American Chem. Society, 458 p., Washington DC.
- Rubio R., Vidal M., 1995, Quality assurance of sampling and sample pretreatment for trace metal determination in soils, *in*: Quevauviller P. (Ed.), *Quality Assurance in Environmental Monitoring: Sampling and Sample Pretreatment*, 7, 157–178, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim.
- Thompson M., Ramsey M.H., 1995, Quality Concepts and Practices Applied to Sampling – An Exploratory Study, *Analyst*, 120, 261–270.

2.2 Qualität der Probenahme

2.2.1 Qualitätskriterien

Ziel dieses Handbuchs ist die fachgerechte Planung und Durchführung von Probenahme und Probenvorbereitung. Dabei muss die Probenahme und die Probenvorbereitung folgenden, manchmal gegensätzlichen Kriterien gerecht werden:

Aussagekraft

- Übereinstimmung des Probenahmeplans mit der Untersuchungsrealität;
- räumlicher Auflösungsgrad und Anzahl der gewonnenen Proben;
- Bedeutung der untersuchten Kenngrösse für Fragestellung und Zielsetzung.

Zuverlässigkeit

- Verlässlichkeit durch Charakterisierung und Quantifizierung von Fehlern;
- Gültigkeit des Probenahmeplans zur Beantwortung der Fragestellung.

Wirtschaftlichkeit

- Abstimmen von Nutzen und Aufwand für eine wirksame Beantwortung der Fragestellung.

Die Bewertung und Gewichtung der einzelnen Kriterien erfolgt auf Grund von Fachwissen, konkreten Erfahrungen und der Anforderungen im Hinblick auf Fragestellung und Zielsetzung.

2.2.2 Qualitätssicherung

Für die Planung und Durchführung einer Probenahme kann im Gegensatz zu den Arbeiten im Labor keine standardisierte Arbeits- und Ablauforganisation formuliert werden, weil die Standortverhältnisse und Fragestellungen zu vielfältig sind. Die ISO (*ISO 2002c*) empfiehlt, die Qualitätssicherung nach den Prinzipien der ISO-Norm 9000 (*SNV 1999*) durchzuführen. Um eine genügende Qualität zu erreichen, müssen Massnahmen zur Qualitätssicherung getroffen werden. Ziel der Qualitätssicherung ist es, die Strategien der Fehlerreduktion bei Probenahme und Probenvorbereitung von der Planung bis zur Durchführung rückverfolgbar und nachvollziehbar zu machen (ISO 9000). Damit kann im Nachhinein überprüft werden, ob das praktische Vorgehen den Anforderungen und Vorgaben dieses Handbuchs entsprochen

hat und damit die erforderliche Qualität aufweist. Damit wird erreicht, dass die Ausführenden den Qualitätskriterien während ihrer Arbeit gerecht werden.

Das wichtigste Mittel der Qualitätssicherung ist die Dokumentation der ausgeführten Arbeiten von der Planung bis zur Auswertung gemäss *Abbildung 2*. Dabei nimmt der Probenahmeplan (*☞ Kap. 3.4*) eine zentrale Stellung ein. Zur Dokumentation der Durchführung stehen Protokolle zur Verfügung (*☞ Anh. 5*). Alle anderen Arbeitsschritte werden formlos dokumentiert. Weitere wichtige Mittel zur Qualitätssicherung sind:

- qualifiziertes Personal,
- eine schriftlich festgelegte Arbeits- und Ablauforganisation,
- die Verwendung geeigneten Materials sowie geeigneter Einrichtungen und Räumlichkeiten und
- die Akkreditierung und Teilnahme an Ringversuchen (Laborarbeiten).

Der Qualitätssicherung dient auch die Checkliste "*Qualität*" (*☞ Anh. 1*). Zu jedem Arbeitsschritt werden Fragen gestellt, die eine Selbstbeurteilung der Qualität ermöglichen.

Weiterführende Literatur

- Nothbaum N. et al, 1994, Probenplanung und Datenanalyse bei kontaminierten Böden, 164 S., Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Smith F., et al, 1988, Evaluating and presenting quality assurance sampling data, *in*: Keith L.H. (Ed.), Principles of Environmental Sampling, 10, American Chem. Society, 157–168.
- SNV, 1999, Entwurf SN EN ISO 9000, 1999, Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe, Zürich.
- VEGAS, 1999a, Einführung in die Probenahme bei Fragen des Bodenschutzes (Lehrgang V für Probennehmer), Analytische Qualitätssicherung Baden-Württemberg, VEGAS Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung, Landesanstalt für Umweltschutz, Stuttgart und Karlsruhe.
- VEGAS, 1999b, Probenahme von Böden bei Altlasten (Lehrgang IV für Probennehmer), Analytische Qualitätssicherung Baden-Württemberg, VEGAS Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung, Landesanstalt für Umweltschutz, Stuttgart und Karlsruhe.

3 Grundlagen der Probenahme

3.1 Fragestellung und Zielsetzung

Zu Beginn müssen Fragestellung und Zielsetzung ausdrücklich und klar festgelegt und dokumentiert werden. Sie bilden die Grundvoraussetzung für eine zielgerichtete, effiziente und fachlich korrekte Planung und Durchführung der Untersuchung. Die Dokumentation der Fragestellung und Zielsetzung ermöglicht überdies zu prüfen, ob sich Ergebnisse einer Untersuchung für andere Zwecke nutzen lassen. Beispiele für konkrete Fragestellungen und Zielsetzungen finden sich in den *Kapiteln 4.1* und *5.1*.

3.2 Vorabklärungen

3.2.1 Ziele und Mittel

Mit Hilfe von Vorabklärungen werden die für Fragestellung und Zielsetzung bedeutenden Informationen gesammelt. Dazu gehören die Ermittlungen zur Abgrenzung des Untersuchungsgebiets, dessen Immissions- und Nutzungsgeschichte (vgl. *Anh. 2*), die Kenntnis der Standortverhältnisse (Ortskenntnisse, Standortfaktoren) sowie Abklärungen zu Sicherheitsvorkehrungen für die Durchführung der Probenahme. Die Vorabklärungen erfolgen in Form von Dokumentenrecherchen, orientierenden Feldbegehungen und Befragungen. Konkrete Hinweise zu Vorabklärungen für typische Untersuchungssituationen finden sich in den *Kapiteln 4.2* und *5.2*.

3.2.2 Belastungshypothesen und Gefährdungen

Auf Grund der Immissions- und Nutzungsgeschichte können eine oder mehrere Belastungshypothesen anhand der Kriterien in *Tabelle 2* formuliert werden. Diese sind für die Erstellung des Probenahmeplans entscheidend. Je nach Ergebnis müssen u.U. die Fragestellung und die Zielsetzung überprüft und angepasst werden (iteratives Vorgehen).

Tabelle 2: Fragen zur Formulierung von Belastungshypothesen.

Kriterien	zu beantwortende Fragen
Schadstoffeintragspfade	<ul style="list-style-type: none"> - Gibt es eine standörtlich relevante geogene Hintergrundbelastung? - Welche anthropogene Schadstoffe sind in den Boden gelangt? - Wie sind diese Schadstoffe in den Boden gelangt? - Wie viele und welche Verursacher kommen in Frage?
Horizontale und vertikale Ausdehnung	<ul style="list-style-type: none"> - Welche horizontale Ausdehnung hat die belastete Fläche? - Wie tief reicht die Belastung?
Horizontale und vertikale Abgrenzung	<ul style="list-style-type: none"> - Hat die Belastung auf Grund der Art des Schadstoffeintrags horizontal bzw. vertikal eine klare Grenze oder ist der Übergang graduell?
Belastungsmuster	<ul style="list-style-type: none"> - Wo sind die Schadstoffe in den Boden gelangt? - Welche Teilflächen oder Tiefenbereiche sind mehr oder weniger belastet? - Ist die Belastung eher heterogen oder homogen?

Mit der Belastungshypothese kann abgeschätzt werden, welche Gefährdungen relevant sein könnten.

Dies sind im Wesentlichen:

- die Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit und
- die Gefährdung von Menschen, Tieren oder Pflanzen.

3.3 Untersuchungsbedarf

Sind die Vorabklärungen getroffen und liegen alle relevanten Informationen vor, so kann der Untersuchungsbedarf im Hinblick auf die Zielsetzung definiert werden (vgl. Tab. 3).

Tabelle 3: Aspekte bei der Ermittlung des Untersuchungsbedarfs.

Untersuchungsgebiet	Abgrenzung des Untersuchungsgebiets
Probenahme	<ul style="list-style-type: none"> - notwendiger Auflösungsgrad (Anzahl Probenahmestandorte) - geeignete Grösse von Teilflächen zur Ermittlung des Schadstoffgehalts (Optimierung von Untersuchung und allfälliger Entsorgung, z.B. für Mischproben) - notwendige Genauigkeit der Ergebnisse (Anzahl Doppelproben) - notwendige Standortgenauigkeit zur Reproduzierbarkeit der Probenahme
Begleitende Untersuchungen	<ul style="list-style-type: none"> - Profilsprache: Art und Anzahl, Kenngrössen - Bohrungen: Art und Anzahl - Bodenkennwerte: Anzahl und Art der Proben (Probenahmetiefen) - Nutzungserhebungen
Analysenprogramm	<ul style="list-style-type: none"> - Schadstoffe mit Angabe der Analysemethoden - Bodenkenngrössen mit Angabe der Analysemethoden
Auswertungs- und Interpretationsmethode	<ul style="list-style-type: none"> - Bewertungsmassstäbe (z.B. Regelungswerte VBBo) - interessierende Grössen (Mittelwerte, Höchst- und Tiefstwerte) - Interpretationshilfen (Bodenkennwerte, Standortdaten) - Verfahren zur Auswertung (z.B. qualitative Auswertung, Geostatistik, Hypothesentest)
Etappierung	<ul style="list-style-type: none"> - schrittweises Vorgehen bei umfangreichen Untersuchungen

3.4 Probenahmeplan

3.4.1 Vorbemerkungen

Das Vorgehen wird auf Grund des Untersuchungsbedarfs im Probenahmeplan festgehalten (vgl. Abb. 4). Ziel ist, die Durchführung der Probenahme im Voraus festzulegen und dadurch die theoretischen Anforderungen an die Probenahme (☞ Kap. 2) möglichst gut mit der praktischen Durchführung (☞ Kap. 6) in Übereinstimmung zu bringen. Der Probenahmeplan ist das Kernstück der Qualitätssicherung. Er muss deshalb schriftlich festgehalten werden.

3.4.2 Probenahmemuster

Als Probenahmemuster gilt die *räumliche Verteilung* eines oder mehrerer Probenahmestandorte im festgelegten Untersuchungsgebiet. Dabei spielen Fragestellung und Zielsetzung, Belastungshypothese(n) und der notwendige Auflösungsgrad eine wichtige Rolle.

Ein geeignetes Probenahmemuster liegt dann vor, wenn die Probenahmestandorte das Untersuchungsgebiet adäquat repräsentieren und die Anzahl Proben so klein wie möglich ist. Ein nicht repräsentatives Probenahmemuster liefert falsche Ergebnisse, verursacht Fehlinterpretationen und ist bei Schadstoffuntersuchungen des Bodens eine der schwerwiegendsten Fehlerquellen.

Um eine planmässige Durchführung der Probenahme zu gewährleisten, müssen die Probenahmestandorte im Voraus in einer Karte mit geeignetem Massstab eingetragen werden. Kann ein vorgesehener Probenahmestandort nicht beprobt werden (z.B. wegen Hindernissen im Gelände), so ist das Vorgehen zur Suche eines Alternativstandorts im Voraus festzulegen. Damit kann einer willkürlichen Wahl und damit verbundenen Fehlern vorgebeugt werden. Das Vorgehen bei der Wahl eines Alternativstandorts richtet sich nach Fragestellung und Zielsetzung, der Belastungshypothese sowie dem ursprünglich vorgesehenen Probenahmemuster. Bei umfangreichen Untersuchungen wird zur Festlegung von Alternativstandorten ein Entscheidungsbaum empfohlen. *Tabelle 4* zeigt die Probenahmemuster, welche bei der Probenahme von Böden eine Bedeutung haben.

Probenahmeplan	
Probenahmemuster	Kap. 3.4.2
Probenarten	Kap. 3.4.3
Gewinnung von Mischproben	Kap. 3.4.4
Probenahmetiefe	Kap. 3.4.5
Probenmengen	Kap. 3.4.6
Standortbeschreibung	Kap. 3.4.7

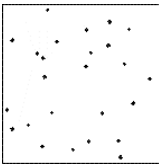
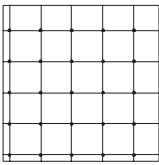
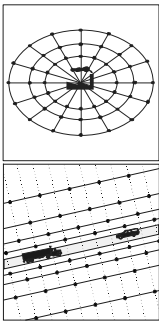
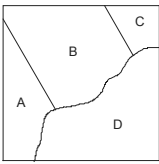
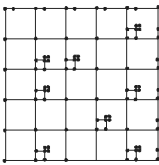
Abbildung 4: Elemente des Probenahmeplans.

Zu den Grundmustern einer Verteilung (vgl. *Tab. 4*):

- *Zufällige Verteilung*

Die zufällige Verteilung ist das einzige objektive Verfahren, setzt aber eine grosse Anzahl Proben voraus. Sie gewährleistet, dass jeder Punkt mit der gleichen Wahrscheinlichkeit beprobt wird. Damit können systematische Fehler praktisch ausgeschlossen werden. Die zufällige Probenahme ohne Plan liefert keine reine Zufallsverteilung, denn bei Zufallsverfahren muss jede Beeinflussung (z.B. Einbringen von Fachwissen) ausgeschlossen sein. Auch Faktoren wie das Relief, die Vegetation oder andere Hindernisse sollten die Verteilung nicht beeinflussen, was praktisch nicht zu vermeiden ist. In diesem Fall muss auf Alternativstandorte ausgewichen werden. Die Durchführung ist in der Praxis sehr aufwändig (Einmessen, Zugänglichkeit, Reproduzierbarkeit). Ein weiterer Nachteil ist die nicht proportionale Verteilung der Proben auf der Fläche.

Tabelle 4: Probenahmemuster für Schadstoffuntersuchungen des Bodens.

Verteilung	Durchführung	Vorteile	Nachteile
<p>zufällig</p> 	<p>Verteilen der Probenahmestandorte mit Hilfe von Zufallszahlen unter Ausschluss jeglichen Fachwissens.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - einziges objektives Verfahren - jeder Punkt wird mit derselben Wahrscheinlichkeit beprobt - geringer systematischer Fehler 	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Anzahl Proben notwendig - aufwändige Durchführung - nicht flächenproportional
<p>systematisch</p> 	<p>Verteilen der Probenahmestandorte auf einem geometrischen Raster:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quadratraster - Rechteckraster - Dreieckraster. 	<ul style="list-style-type: none"> - wenig aufwändig - geringere Anzahl Proben - beste Abdeckung durch Dreieckraster - gleichmässige Verteilung der Probenahmestandorte - flächenproportional 	<ul style="list-style-type: none"> - ungeeignete Rastergrösse kann systematischem Fehler verursachen - Dreieckraster ist aufwändig
<p>gezielt</p> 	<p>Verteilung der Probenahmestandorte auf Grund von Fachwissen und Plausibilitätsüberlegungen (Belastungshypothese):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Punktquellen: Polarmuster - Linienquellen: Linienmuster - andere Quellen je nach Belastungshypothese - Verdichtung der Probenahmestellen in Quellennähe. 	<ul style="list-style-type: none"> - geringste Anzahl von Proben - Berücksichtigung der Belastungshypothese 	<ul style="list-style-type: none"> - grösste Anfälligkeit auf systematische Fehler bei falscher Belastungshypothese - bedingt aufwändige Vorabklärungen
<p>stratifiziertes Muster</p> 	<p>Gezielte Aufteilung in homogenere Teilflächen, flächenproportionale Verteilung der Probenahmestandorte innerhalb der Teilflächen (zufällig, systematisch oder gezielt).</p>	<p>Berücksichtigung der Belastungshypothese</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Anfälligkeit auf systematische Fehler bei falscher Belastungshypothese - bedingt Vorwissen
<p>Geschichtetes Muster</p> 	<p>Systematische Verteilung der Probenahmestandorte mit lokaler Verdichtung nach einem vorgegebenen Schema (zufällig oder systematisch).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Heterogenität wird auf unterschiedlichen räumlichen Stufen erfasst - geeignet für geostatistische Auswertungen (bei grosser Probenzahl) 	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Anzahl Proben notwendig - aufwändige Durchführung

Quellen: Borgman u. Quimby (1988), Dalton et al. (1975), Harvey (1973), ISO (1995a), Keith (1990), Lepretre u. Martin (1994), Nothbaum et al. (1994), Rubio u. Vidal (1995), Woede (1999).

- *Systematische Verteilung*

Die systematische Verteilung stellt auf einen geometrischen Rasterplan ab. Der Quadratraster wird am häufigsten verwendet. Beim Dreiecksraster sind die nicht beprobten Teilflächen bei der gleichen Anzahl von Rasterpunkten zwar kleiner, doch ist das Einmessen aufwändiger. Systematische Fehler sind nicht ausgeschlossen, weil die Wahl des geeigneten Rasters auf Fachwissen beruht. Die Anzahl benötigter Proben ist bei gleichem Auflösungsgrad geringer als bei der zufälligen Verteilung. Ein Vorteil ist die Flächenproportionalität.

- *Gezielte Verteilung*

Bei der gezielten Verteilung bestimmt die Belastungshypothese das Probenahmemuster. Die Verteilung der Probenahmestandorte erfolgt auf Grund von Fachwissen und mittels Plausibilitätsüberlegungen. Gezielte Probenahmen sind am anfälligsten auf systematische Fehler, weil auch andere, unbekannte Belastungsursachen in Frage kommen können. Die gezielte Verteilung benötigt im Vergleich die kleinste Anzahl Proben. Das Fehlerpotenzial auf Grund einer falschen oder unvollständigen Belastungshypothese ist sehr gross. Sorgfältige und fundierte Vorabklärungen sind deshalb äusserst wichtig (☞ Kap. 3.2).

Zwischen den drei Grundtypen *zufällig*, *systematisch* und *gezielt* besteht in Bezug auf die benötigte Anzahl Proben und das Fehlerpotenzial eine allgemeine Beziehung: Die Zufallsverteilung benötigt im Vergleich die grösste Anzahl Proben und ergibt den kleinsten Fehler. Die gezielte Verteilung benötigt vergleichsweise wenig Proben, doch ist das Fehlerpotenzial auf Grund einer falschen Belastungshypothese am grössten. Die systematische Verteilung nimmt eine Mittelstellung ein (Keith 1990).

Zur Anwendung von Verteilungsmustern in Teilflächen (vgl. Tab. 4):

- *Stratifiziertes Verteilungsmuster*

Das Untersuchungsgebiet wird gezielt in homogenere Teilflächen (Straten) aufgeteilt bzw. stratifiziert, welche flächenproportionale Probenzahlen aufweisen. Auf den Teilflächen wird jeweils ein zufälliges, systematisches oder gezieltes Probenahmemuster gewählt.

- *Geschachteltes Verteilungsmuster*

Bei dieser Methode werden die Probenahmeflächen ineinander verschachtelt, d.h. über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt und stellenweise verdichtet. Dadurch können Aussagen zur Heterogenität verschiedener Massstäbe gemacht werden (☞ Kap. 2.2). Die geschachtelte Verteilung eignet sich am besten zur Schätzung von Messgrössen (Interpolation) an nicht beprobten Orten mittels geostatistischer Methoden (BUWAL 1994).

Weiterführende Literatur

- BUWAL, 1994, Regional soil contamination surveying – A: technical note, B: case study, Environmental Documentation Nr. 25 – Soil, 70 p., Bern.
- Dalton R. et al, 1975, Sampling techniques in geography, 95 S., Georg Philip and Son Ltd, London.
- Isaaks E.H., Srivastava R.M., 1989, An introduction to applied geostatistics, 561 p., Oxford University Press.
- ISO, 1995a, Soil quality – Sampling, Part 1: Guidance on the design of sampling programmes (ISO/DIS 10381-1), 44 S., Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- Keith L.H., 1990, Environmental sampling: a summary, *Envir.Sci.Tech.* 24, 610–617.
- Webster R., Oliver M., 2001, *Geostatistics for Environmental Scientists*, 271 p., John Wiley & Sons, New York.
- Woede G., 1999, Probenahmeraster für Bodenuntersuchungen, *Bodenschutz*, 4, 147–151.

3.4.3 Probenarten

Einzelproben

Einzelproben bestehen aus einem einzigen Einstich. Dabei wird unterschieden zwischen ungestörten und gestörten Proben. Bei ungestörten Proben bleibt die natürliche Bodenstruktur weitgehend erhalten. Sie dienen der Ermittlung bestimmter bodenphysikalischer Kenngrößen wie Lagerungsdichte, hydraulische Leitfähigkeit und Porenvolumen.

Bei gestörten Proben wird das Bodengefüge zerstört. Sie dienen der Untersuchung chemischer Eigenschaften wie pH-Wert, Nähr- und Schadstoffgehalt. Einzelproben repräsentieren nur die Einstichstelle. Wegen der Heterogenität des Bodens sind sie in der Regel nicht repräsentativ (*☞ Kap. 2.2*).

Mischproben

Um von einer räumlichen Einheit eine repräsentative Probe zu erhalten, werden mehrere Einzelproben zu einer (gestörten) Mischprobe vereinigt. Es wird davon ausgegangen, dass der Schadstoffgehalt einer Mischprobe etwa dem Mittelwert des Schadstoffgehalts der beprobten räumlichen Einheit entspricht. Damit wird die Heterogenität bereits bei der Probenahme weitgehend ausgeglichen (*Aichberger et al. 1985, Federer et al. 1989*). Entscheidend sind dabei die Größe und die Heterogenität des untersuchten Parameters der räumlichen Einheit sowie die Anzahl und die Verteilung der Einzelproben (*☞ Kap. 3.4.3*).

In der Praxis wird zwischen Beprobung von Ober- und Unterboden unterschieden. Im Sinn dieses Handbuchs ist Oberboden die oberste, humose Schicht (i.d.R. 0–20 cm; bodenkundlich A-Horizont). Als Unterboden versteht man den Wurzelraum unterhalb des Oberbodens (bodenkundlich B-Horizont).

Folgende Probenarten werden für dieses Handbuch definiert:

- **Flächenproben und Linienproben**

Flächenproben sind Mischproben des Oberbodens, welche durch eine bestimmte Verteilung einer Anzahl von Einzelproben auf einer Probenahmefläche gewonnen werden (*☞ Kap. 3.4.2*). Linienproben sind Mischproben des Oberbodens, welche auf einer Probenahmelinie gewonnen werden.

- **Bohrproben und Profilproben**

Bohrproben sind Mischproben des Unterbodens, welche von der Oberfläche mittels Bohrungen (Einzelproben) gewonnen werden. Sie können in Abhängigkeit der Belastungshypothese von einer Probenahmefläche oder entlang einer Probenahmelinie gewonnen werden. Profilproben sind Mischproben des Unterbodens, welche an einer Profilwand gewonnen werden.

- **Volumenproben**

Volumenproben sind Einzel- oder Mischproben mit bekanntem Volumen. Sie dienen der Bestimmung der Lagerungsdichte (Raumgewicht). Sie können gestört oder ungestört sein und werden mit entsprechenden Probenahmegeräten entnommen (*☞ Kap. 6.7 und 6.8*).

Volumenproben sind notwendig, wenn ein Boden mehr als 15 % Humus aufweist, weil in diesem Fall die Richt-, Prüf- und Sanierungswerte der VBBo in Bezug auf das Volumen gelten (mg/dm^3 , vgl. Anh. 1 und 2 VBBo). Volumenproben werden in der Regel zusätzlich zu Flächenproben, Bohrungen und Profilproben gewonnen und dienen zur Umrechnung der Analysenergebnisse von Gewichts- auf Volumenbezug (*☞ Kap. 7.1*). Für ein repräsentatives Ergebnis müssen mindestens drei Volumenproben entnommen werden.

3.4.4 Gewinnung von Mischproben

Die geeignete Flächengrösse für Mischproben wird bei der Festlegung des Untersuchungsbedarfs definiert (☞ Kap. 3.3). Zur Gewinnung der Mischprobe müssen Anzahl und Verteilung der Einzelproben innerhalb dieser Fläche festgelegt werden. Entscheidend ist die Heterogenität der zu untersuchenden Kenngrösse in Bezug auf die Grösse der räumlichen Einheit. Im Grundsatz gilt:

- Je grösser die Probenanzahl, desto robuster sind die Ergebnisse, d.h. desto besser ist die Reproduzierbarkeit.
- Je grösser die Heterogenität der zu untersuchenden Kenngrösse, desto flächenproportionaler müssen die Einzelproben verteilt sein.
- Die Heterogenität einer Kenngrösse im Boden kann durch die Erhöhung der Anzahl Einzelproben nur bis zu einem bestimmten Grad erfasst werden (*Aichberger et al. 1985*). Deshalb sollte die räumliche Einheit, von der eine Mischprobe gewonnen wird, bezüglich der zu messenden Kenngrösse so homogen wie möglich sein.

Das Vorgehen zur Gewinnung einer Mischprobe kann nicht für jeden Einzelfall vorgegeben werden, sondern muss auf Grund von Plausibilitätsüberlegungen in Bezug auf die Belastungshypothese (☞ Kap. 3.2.2) festgelegt werden.

Gewinnung von Flächenproben

Flächenproben werden dort gewonnen, wo auf Grund der Belastungshypothese kein bedeutender horizontaler Gradient der Schadstoffgehalte erwartet wird (z.B. landwirtschaftlich genutzte Fläche). *Tabelle 5* zeigt drei typische Verteilungen zur Gewinnung einer Flächenprobe. Bei einer Probenahmefläche von 100 m² haben sich 16–25 Einzelproben für eine Mischprobe als ausreichend erwiesen (*Federer et al. 1989*). Sind grosse Flächen zu beproben, so drängt sich eine Stratifizierung auf, wenn unterschiedliche Belastungen möglich sind (☞ Kap. 3.4.2).

Gewinnung von Linienproben

Linienproben werden dort gewonnen, wo auf Grund der Belastungshypothese (☞ Kap. 3.2.2) ein bedeutender Gradient der Schadstoffgehalte erwartet wird (z.B. entlang eines Strassenrands). Es wird eine Probenahmelinie senkrecht zum erwarteten Gradienten gelegt. Auf dieser werden die Einzelproben über die ganze Linienlänge in systematischen Abständen verteilt. Länge und Form der Linie hängen von der Belastungshypothese ab.

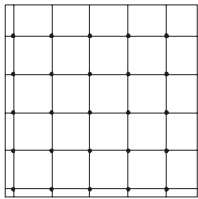
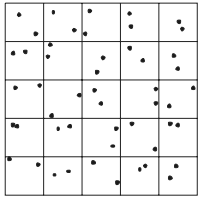
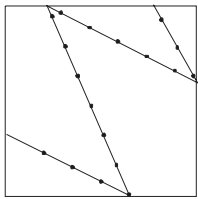
Gewinnung von Profilproben

Profilproben werden aus mehreren Einzelproben gewonnen, welche über die gesamte Breite der Profilwand und über die gesamte interessierende Tiefenstufe verteilt sind. Die Profilwand sollte möglichst 1 m breit sein, um eine allfällige Heterogenität der zu untersuchenden Kenngrösse mindestens teilweise auszugleichen.

Gewinnung von Bohrproben

Aus mehreren Bohrungen werden aus der gewünschten Tiefenstufe die Kerne (Einzelproben) entnommen und zu einer Mischprobe vereinigt. Die Verteilung der Bohrungen erfolgt auf einer Probenahmefläche oder -linie, wobei dieselben Kriterien wie bei der Gewinnung von Flächen- und Linienproben gelten. Bohrungen werden von Hand oder maschinell ausgeführt (z.B. Rammkernbohrung).

Tabelle 5: Verteilungsmuster von Einzelproben bei Flächenproben.

Verteilung	Durchführung	Vorteile	Nachteile
systematisch 	systematische Verteilung einer festen Anzahl Einzelproben auf der Probenahmefläche (i.d.R. Quadratraster)	- gleichmässige Beprobung der Fläche	- relativ grosser Aufwand - Einzelprobe an den Rasterpunkten nicht immer möglich
stratifiziert ad hoc 	Stratifizierung der Probenahmefläche (i.d.R. 10 m x 10 m) in Teilflächen (i.d.R. 16–25), ad-hoc-Verteilung einer festen Anzahl Einzelproben in jeder Teilfläche (i.d.R. 1–2)	- gleichmässige Beprobung der gesamten Fläche - geringer Aufwand	- subjektive Wahl der ad-hoc-Einstiche kann systematische Fehler verursachen
diagonal 	systematische Verteilung der Einstiche auf einer oder mehreren gezielt gewählten Diagonalen über die Probenahmefläche (I-, X-, W-Muster)	- Berücksichtigung einer streifenförmigen Belastung - sehr geringer Aufwand	- ungleichmässige Beprobung der Fläche - kann bei sehr heterogener Belastung systematische Fehler verursachen - I- und X-Muster sind richtungsempfindlich

Bei der Anwendung von Bohrungen besteht eine erhebliche Stauchungs- und Verschleppungsgefahr, wodurch die Tiefenordnung im Bohrkern erschwert und die Probe durch andere Bodenschichten kontaminiert werden kann (*Schulz et al. 1996*). Allerdings kann im Vergleich zur Profilprobe der Unterboden einer grösseren Fläche beprobt und damit je nach Belastungshypothese die räumliche Variabilität besser ausgeglichen werden (Aufwand und Eingriff sind geringer).

Weiterführende Literatur

- Garner F.C. et al 1988, Composite sampling for environmental monitoring, *in*: Keith L.H. (Ed.), Principles of Environmental Sampling, 25, American Chem. Society, 363–374.
 Rohlf F.J. et al, 1996, Optimizing composite sampling protocols, *Envir.Sci.Techn.*, 30, 2899–2905.

3.4.5 Probenahmetiefe

Definition der Probenahmetiefe

Die Definition der Probenahmetiefe hängt von der Fragestellung ab. Untersuchungen nach VBBo sind immissionsbezogen und dienen der Gefährdungsabschätzung. Als Nullpunkt der Tiefenmessung gilt daher die Terrainoberfläche einschliesslich Humusaufgabe. Bei bodenkundlichen Fragestellungen sollte dagegen die Oberfläche des Mineralbodens als Nullpunkt der Tiefenmessung gewählt werden.

Beprobung des Oberbodens

Bei Schadstoffuntersuchungen für den Vollzug der VBBo sind die Probenahmetiefen durch die Verordnung vorgeschrieben (vgl. *Tab. 12*). Die VBBo erlaubt in begründeten Fällen Abweichungen. Dies ist dann der Fall, wenn mit der vorgeschriebenen Probenahmetiefe keine zutreffende Aussage möglich ist (*☞ Kap. 5.4.4*).

Der Einbezug der Humusaufgabe bei der Probenahme kann Einfluss auf das Analyseergebnis haben, weil – v.a. bei Waldböden – der Schadstoffgradient im Übergangsbereich von Humusaufgabe zu mineralischem Horizont sehr hoch ist (*Angehrn-Bettinazzi 1989*). Die Humusaufgabe kann jedoch oft nicht reproduzierbar vom mineralischen Boden getrennt werden (*Federer 1982*). Deshalb erfolgt die Probenahme bei Routineuntersuchungen nach VBBo ohne Trennung von Humusaufgabe und mineralischem Boden. Grobes organisches Material geht beim Einstich mit einem Halbrohrbohrer und bei der Probenvorbereitung verloren (Sieben, *☞ Kap. 7.1*). Die Analyseergebnisse sind im selben Labor erfahrungsgemäss gut reproduzierbar (*BUWAL 1993, Desaulles und Dahinden 1994*) und auch für Langzeit- und Referenzuntersuchungen geeignet (*☞ Kap. 4*).

Für bodenkundliche Untersuchungen, bei denen der Schadstoffgehalt der Humusaufgabe von Bedeutung ist (v.a. Waldstandorte), kann die Humusaufgabe ohne Streu als Ganzes oder getrennt nach organischen Horizonten am Bodenprofil beprobt werden. Die Ergebnisse sind weniger gut reproduzierbar, aber bodenkundlich ist dieses Vorgehen sinnvoll.

Die Art der Beprobung muss protokolliert werden (Rückverfolgbarkeit).

Beprobung des Unterbodens

Die Beprobung des Unterbodens erfolgt am Bodenprofil oder durch Bohrungen entweder nach bodenkundlichen Horizonten oder nach fixen Tiefenstufen. Es ist darauf zu achten, dass die Mächtigkeit der beprobten Bodenschicht nicht geringer als 5 cm (Reproduzierbarkeit) und nicht mächtiger als 40 cm (Repräsentativität) ist. Die Beprobung in Horizonten oder Tiefenstufen und die maximale Probenahmetiefe werden auf Grund der Fragestellung und Zielsetzung (*☞ Kap. 3.1*) sowie der Belastungshypothese (*☞ Kap. 3.2.2*) im Einzelfall festgelegt.

Bei bodenkundlichen Fragestellungen (z.B. Tiefenverlagerung von Schadstoffen) ist in der Regel eine horizontweise Beprobung von Vorteil. Bei der Ermittlung der Tiefe, in der ein Regelungswert überschritten wird, ist je nach Belastungshypothese eine Beprobung in festen Tiefenstufen (z.B. bei Direkteintrag) oder in Horizonten (z.B. bei geochemischer Verlagerung) vorzuziehen. Sind die festen Tiefenstufen nicht zu geringmächtig, so kann kombiniert nach Horizonten und nach festen Tiefenstufen beprobt werden.

3.4.6 Probenmengen

Die Probenmenge muss für jede Probe im Voraus festgelegt werden, um die Probenahme vorzubereiten (*☞ Kap. 6*). Die Probenmenge muss gross genug sein, um eine repräsentative Aussage über den Stoffgehalt eines Bereichs machen zu können. Daneben hängt sie von der notwendigen Einwägemenge für die Laboranalysen, von der vorgesehenen Anzahl Wiederholungen sowie von der Anzahl Rückstell- und Archivproben ab. Zudem ist zu beachten, dass bei der Probenvorbereitung (*☞ Kap. 7.1*) ein Teil der Probe verloren geht. Namentlich muss berücksichtigt werden, dass das Grobmaterial (Anteil >2 mm) bei der Probenvorbereitung abgesiebt wird und nicht zur Analyse beiträgt. Theoretische Grundlagen zur minimal erforderlichen Probenmenge bietet die *Wegleitung Probenahme von Feststoffen auf belasteten Standorten (BUWAL)*.

Rückstellproben

Rückstellproben sind kurzfristig (Tage bis Monate) gelagerte Proben, die in Abhängigkeit der ermittelten Ergebnisse zur Plausibilitätsprüfung als Wiederholung analysiert werden müssen. Sie werden so lange aufbewahrt, bis das Analysenergebnis sicher ermittelt ist.

Archivproben

Archivproben sind langfristig (Jahrzehnte) gelagerte Proben, welche für spätere Auswertungen und Vergleiche oder zur Beweissicherung analysiert werden können.

Weiterführende Literatur

Bunge R., Bunge K., 1999, Probenahme auf Altlasten: Minimal notwendige Probenmasse, 3/99, Altlasten Spektrum, 174–179.

3.4.7 Standortbeschreibung

Die Standortbeschreibung dient dazu, Informationen zu erfassen, die für die Auswertung und Interpretation notwendig sind. Ein Teil fällt bereits im Rahmen der Vorabklärungen an (*☞ Kap. 3.2*), die restlichen Informationen werden während der Probenahme erhoben. Diese müssen im Probenahmeplan ergänzt werden.

Folgende Informationen sind u.a. von Bedeutung:

- Besitzverhältnisse;
- Lageskizze;
- Klima und Luftimmissionen;
- Relief;
- Nutzung und Vegetation;
- Geologie und Hydrologie;
- Bodenansprache (bodenkundliche Profilbeschreibung, Kriterien vgl. *Anh. 5-3: Zusatzprotokoll "Bodenprofil"*).

Die Protokolle (*☞ Anh. 5*) enthalten neben den Angaben zur Probenahme auch Elemente der Standortbeschreibung. Die Erläuterungen zu den Protokollen (*☞ Kap. 8*) bieten eine Hilfestellung bei der Festlegung von Umfang und Detailgrad der Standortbeschreibung. Dabei muss der jeweils gekennzeichnete Mindestdatensatz erfasst werden, der für alle Untersuchungen von Bedeutung ist.

4 Langzeit- und Referenzuntersuchungen – NABO

4.1 Fragestellung und Zielsetzung

4.1.1 Langzeituntersuchungen

Bei Langzeituntersuchungen – wie beispielsweise im Dauerbeobachtungsnetz NABO – steht die Beobachtung und Beurteilung der zeitlichen Veränderung der Schadstoffgehalte im Vordergrund. Sie besteht aus einer Erstbeprobung und Folgebeprobungen. Nach VBBo wird zwischen Dauerbeobachtung (NABO; Art. 3 Abs. 1 VBBo) und Dauerüberwachung (KABO; Art. 4 Abs. 1 VBBo) unterschieden.

4.1.2 Referenzuntersuchungen

Referenzuntersuchungen dienen Standortvergleichen und sind meist einmalig. Sie müssen sehr gut dokumentiert werden und haben deshalb den Anforderungen einer Langzeituntersuchung zu genügen.

4.2 Vorabklärungen

Bei Langzeituntersuchungen kann ein Probenahmestandort nach der Erstbeprobung nicht mehr verlegt werden. Deshalb muss dieser auf Grund fundierter Vorabklärungen festgelegt werden (*☞ Kap. 3.2*). Das Schwergewicht liegt auf dem Sammeln von Informationen für die Verteilung der Probenahmestandorte im Untersuchungsgebiet. Die Verteilung erfolgt in zwei Schritten:

- a. *Regionale Verteilung*: Die Probenahmestandorte werden im Untersuchungsgebiet entsprechend der Fragestellung und Zielsetzung verteilt, ohne die genaue Lage festzulegen. Dazu dienen die Kriterien in *Tabelle 6*.
- b. *Lokale Standortwahl*: Jeder Probenahmestandort wird mit Hilfe der Kriterien in *Tabelle 7* und auf Grund von Feldbegehungen genau festgelegt.

4.3 Untersuchungsbedarf

Bei Langzeituntersuchungen wird unterschieden zwischen

- Untersuchungsbedarf der Erstbeprobung und
- Untersuchungsbedarf der Folgebeprobungen.

Der Untersuchungsbedarf wird auf Grund der konkreten Fragestellung und Zielsetzung festgelegt (*☞ Kap. 3.3, Tab. 3*). Ein spezielles Augenmerk gilt der notwendigen Standortgenauigkeit zur Reproduzierbarkeit der Probenahme (*☞ Kap. 6.10*) und der Probenmenge (*☞ Kap. 3.4.6*). Bei Langzeituntersuchungen dienen Archivproben der

- Analyse von nicht untersuchten Kenngrößen zu einem späteren Zeitpunkt und der
- vergleichenden Untersuchung zur Quantifizierung des Einflusses der Analytik (einschliesslich Probenvorbereitung).

Tabelle 6: Kriterien für die Verteilung von Probenahmestandorten bei Langzeit- und Referenzuntersuchungen.

Kriterium	Begründung	Quellen
Geografische Verteilung	repräsentative, d.h. im Hinblick auf die Fragestellung relevante Verteilung im Untersuchungsgebiet	Topografische Landeskarten 1:25 000, 1:50 000
Nutzungen	Berücksichtigung unterschiedlicher Nutzungen und Nutzungsintensitäten: - Landwirtschaft - Wald - naturnahe Freiflächen - Siedlungsgebiete	- Landeskarten - Luftbilder - Bodeneignungskarten - ökologischer Leistungsnachweis nach Direktzahlungsverordnung
Boden, Geologie, Hydrologie	- Berücksichtigung regional-charakteristischer Bodentypen und Bodeneigenschaften - Ausgangsgesteine - hydrologische Verhältnisse	- Bodeneignungskarten - Bodenkarten - Bodendatenbanken - Geologischer Atlas 1:25 000 - Geotechnische Karte 1:200 000 - Nationale Dauerüberwachung von Fließgewässern (NADUF) - Nationales Netz zur Qualitätsbeobachtung des Grundwassers (NAQUA)
Klima und Lufthygiene	Berücksichtigung verschiedener klimatischer und lufthygienischer Bedingungen	- lufthygienische Untersuchungen und Messnetze - Biomonitoring (Moos, Flechten usw.) - Klimadaten
Schadstoffgehalte	- Identifikation von Schadstoff-eintragspfaden - Formulieren von Belastungshypothesen - Berücksichtigung unterschiedlicher Belastungsgrade	- Untersuchungen (Kantone, Hochschulen, Forschungsanstalten, Nichtregierungsorganisationen) - geogene Richtwertüberschreitungen (<i>☞ Anh. 3</i>) - Kataster der belasteten Standorte, Emissionsquellen - potenzielle Schadstoffe (<i>☞ Anh. 2</i>)
Koordination	Koordination mit Standorten anderer Messnetze	- Nationales Beobachtungsnetz Luft (NABEL) - Messnetz der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (ANETZ) - kantonale lufthygienische Messnetze

In diesem Zusammenhang müssen auch die Zeitintervalle zwischen Erst- und Folgebeprobungen, die Probenarchivierung (*☞ Kap. 7.2*) und das Datenmanagement geplant und festgelegt werden. Sind Stoffflussuntersuchungen vorgesehen, so muss der Untersuchungsbedarf, d.h. die zu erhebenden Daten, ebenfalls festgelegt werden (für Landwirtschaftsflächen: *☞ Anh. 4*).

Tabelle 7: Kriterien für die lokale Standortwahl bei Langzeit- und Referenzuntersuchungen.

Kriterium	Begründung	Quellen
Boden	- repräsentativer, möglichst homogener Bodenaufbau - natürlicher Bodenaufbau (v.a. bei Langzeituntersuchungen)	Bodenkarten
Relief	Einfluss der Erosion (Akkumulations- und Verlustlagen)	- topografische Karten - Bodenkarten (Einteilung gemäss Bodenklassifikation der Böden der Schweiz)
Langfristigkeit	Gewährleistung zukünftiger Probenahmen	Befragungen
Wiederauffindbarkeit	Folgebeprobung auf derselben Fläche	- Grundbuch - Befragungen - Fixpunkte (Einmessung)
Eigentümer/in Bewirtschafter/in	- Kontaktaufnahme - Information - Abklärung Zugänglichkeit und Bereitschaft zur Duldung von Untersuchungen	- Grundbuch - Befragungen
Bewirtschaftung	Einfluss auf die Stoffflüsse der Beprobungsfläche	Befragungen

4.4 Probenahmeplan

4.4.1 Probenahmeplan Erstbeprobung und Referenzuntersuchung

Für die Formulierung des Probenahmeplans (*☞ Kap. 3.4*) dienen die *Tabellen 8* und *9* als Entscheidungshilfe zur Beprobung des Ober- bzw. Unterbodens. Bei Langzeituntersuchungen ist zu beachten, dass die Standardisierung des Vorgehens zur besseren Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit keine systematischen Fehler enthält.

4.4.2 Probenahmeplan Folgebeprobungen

Der Probenahmeplan für Folgeuntersuchungen wird auf Grund des Untersuchungsbedarfs festgelegt. Die Beprobung wird wegen der Vergleichbarkeit gleich ausgeführt wie bei der Erstuntersuchung. Eine Bodenansprache wird meistens nicht mehr vorgenommen, ausser z.B. bei der Beobachtung der Tiefenverlagerung von Schadstoffen. In diesem Fall muss das Bodenprofil an anderer Stelle ausgehoben werden, oder es können sowohl für die Erst- wie für die Folgeuntersuchungen Bohrproben entnommen werden.

Tabelle 8: Entscheidungshilfe für Probenahmeplan Oberboden.

Element des Probenahmeplans (☞ Kap. 3.4)	Dauerbeobachtung, Referenzuntersuchungen	Dauerüberwachung
Probenahmemuster	Verteilung der Probenahmestandorte im Rahmen der Vorabklärungen (☞ Kap 4.2): 1. Regionale Verteilung (v.a. für Dauerbeobachtung) 2. Lokale Standortwahl	
Probenarten	3–4 Flächenproben	3–4 Flächen- oder Linienproben je nach Belastungshypothese
Gewinnung der Mischprobe	Flächenproben: stratifizierte ad-hoc-Verteilung der Einzelproben (☞ Kap. 4.4.3, Abb. 5)	- Flächenproben: stratifizierte ad-hoc-Verteilung der Einzelproben - Linienprobe: systematische Verteilung auf der Linie (regelmässige Abstände; ☞ Kap. 3.4.4)
Probenahmetiefen	- bearbeitete Böden: 0–20 cm - nichtbearbeitete Böden: 0–20, nach Bedarf auch 0–5 cm oder 0–10 cm - Wald: Humusauflage (ohne Streu) und 0–20 cm, nach Bedarf auch 0–5 oder 0–10 cm	je nach Fragestellung und Zielsetzung, mindestens 0–5 cm (Reproduzierbarkeit)
Probenmengen	Festlegen auf Grund des Untersuchungsbedarfs (☞ Kap. 3.3 und 4.3)	
Standortbeschreibung	Festlegen auf Grund des Untersuchungsbedarfs (☞ Kap. 3.3 und 4.3). Hilfsmittel: Protokolle und Erläuterungen (☞ Kap. 8 und Anh. 5)	wie Dauerbeobachtung, überdies Erhebungen zur Überwachung der Nutzung

Bei einer Folgebeprobung müssen zusätzlich berücksichtigt werden:

- Überprüfung des Probenahmeplans auf Grund der Ergebnisse der Erstuntersuchung;
- Kontrolle der Lagebezeichnung: Überprüfung der Orientierungs- und Fixpunkte, eventuell Ersatz (☞ Kap. 6.10);
- die Beobachtung von Veränderungen: Nutzung, Bewirtschaftung, Terrain, andere relevante Veränderungen;
- Erhebungen von Daten für Stoffflusserfassung.

Als weiteres Hilfsmittel für den Probenahmeplan dient das Zusatzprotokoll "Folgebeprobung" und die entsprechenden Erläuterungen (☞ Kap. 8 und Anh. 5).

Tabelle 9: Entscheidungshilfe für Probenahmeplan Unterboden.

Element des Probenahmeplans (☞ Kap. 3.4)	Dauerbeobachtung, Referenzuntersuchung	Dauerüberwachung
Probenahmemuster	Die Untersuchung des Unterbodens erfolgt in der Regel am Bodenprofil, das 1–2 m von den Probenahmestellen entfernt sein sollte.	
Probenarten	<ul style="list-style-type: none"> - mind. 1 Profilprobe pro untersuchtem Bodenhorizont - 3–5 Volumenproben pro Horizont zur Bestimmung des Raumgewichts (☞ Kap. 3.4.3) - zusätzliche Probenarten gemäss Untersuchungsbedarf (z.B. für bodenphysikalische Untersuchungen) 	<ul style="list-style-type: none"> - mind. 1 Profilprobe pro untersuchtem Bodenhorizont/Tiefenstufe - zusätzliche Probenarten gemäss Untersuchungsbedarf (z.B. für bodenphysikalische Untersuchungen)
Gewinnung der Mischprobe	☞ Kapitel 3.4.4	
Probenahmetiefen	Beprobung von Bodenhorizonten (biogeochemische Einheiten)	Beprobung von Bodenhorizonten oder systematische Beprobung in festen Tiefenstufen (z.B. bei Überwachung der Tiefenverlagerung) je nach Fragestellung und Zielsetzung
Probenmengen	Festlegen auf Grund des Untersuchungsbedarfs (☞ Kap. 3.4.6 und 4.3)	
Standortbeschreibung	Durchführen einer Bodenansprache, Festlegen der zu erhebenden Daten auf Grund des Untersuchungsbedarfs (☞ Kap. 3.3 und 4.3) und Erläuterungen (☞ Kap. 8 und Anh. 5)	

4.4.3 Gewinnung der Mischprobe bei Flächenproben

Bei Langzeituntersuchungen werden auf einer eingemessenen Beprobungsfläche mehrere Mischproben entnommen, um die Standortreproduzierbarkeit (Gesamtstreuung von Probenahme und Analytik für die Beprobungsfläche) zu erfassen. In *Abbildung 5* ist das Probenahmemuster dargestellt, wie es sich im Rahmen der Nationalen Bodenbeobachtung (NABO) bewährt hat (*BUWAL 2000e*). Eine quadratische Beprobungsfläche wird so in gleich grosse Teilflächen unterteilt, dass vier Mischproben entstehen, deren Einzelproben aus den entsprechenden Teilflächen stammen, die über die ganze Beprobungsfläche verteilt sind (☞ Kap. 3.4.4). Pro Teilfläche wird eine oder mehrere Einzelprobe in zufälliger ad-hoc-Verteilung gewonnen (☞ Kap. 3.4.2). Vier parallele Mischproben pro Zeitpunkt erlauben im besten Fall – d.h. keine Überlappung von Messwerten – den Nachweis von zeitlichen Konzentrationsveränderungen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 2.9\%$ (*BUWAL 2000e*). Als Flächengrösse werden 10x10 m empfohlen (NABO-Methode). Bei Beprobungen im Wald kann es sinnvoll sein, eine grössere Fläche (20x20 m) zu wählen.

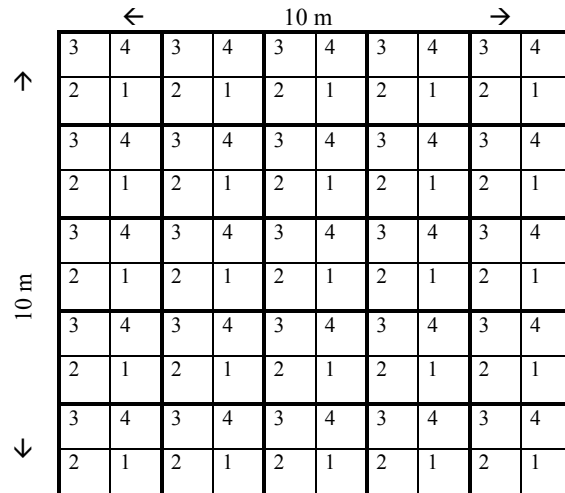


Abbildung 5: Probenahmemuster bei Langzeituntersuchungen.

Weiterführende Literatur

- Barth N. et al, 2000, Boden-Dauerbeobachtung: Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen, *in*: Rosenkranz D., Bachmann G., König W., Einsele G., Bodenschutz, Kennzahl 9152, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Bayerische Staatsministerien für Landesentwicklung und Umweltfragen und für Ernährung Landwirtschaft und Forsten, 1990, Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Bayern: Standortauswahl, Einrichtung, Probenahme, Analytik, 44 S., München.
- Blum W.E.H. et al, 1996, Bodendauerbeobachtung, Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft, Umweltbundesamt und Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, 101 S., Wien.
- BUWAL, 1993, NABO – Nationales Bodenbeobachtungsnetz: Messresultate 1985–1991, Schriftenreihe Umwelt Nr. 200 – Boden, 134 S., Bern.
- BUWAL, 2000e, NABO – Nationales Bodenbeobachtungsnetz: Veränderungen von Schadstoffgehalten nach 5 und 10 Jahren. Schriftenreihe Umwelt Nr. 320, 129 S., Bern.

5 Räumliche Abgrenzung von schadstoffbelasteten Böden

5.1 Fragestellung und Zielsetzung

Folgende Fragestellungen sind im Rahmen räumlicher Abgrenzungen typisch:

- Auf welcher Fläche ist ein Regelungswert nach VBBo überschritten (horizontale Abgrenzung)?
- Bis in welche Tiefe ist ein Regelungswert nach VBBo überschritten (vertikale Abgrenzung)?

Die räumliche Abgrenzung erfolgt im Rahmen des Bodenschutzes für nachgenannte typische Zielsetzungen:

- Beurteilung von Bodenaushub zur Verwertung (Art. 7 VBBo, Wegleitung Bodenaushub, *BUWAL 2001a*);
- Ermittlung der Belastungsursachen bei Überschreitung eines Richtwerts (Art. 8 VBBo);
- Abgrenzung und Untersuchung von Flächen mit Überschreitung eines Prüf- oder Sanierungswerts (Art. 9 und 10 VBBo; *"Wegleitung Gefährdungsabschätzung"*).

5.2 Vorabklärungen

5.2.1 Vorgehensweise

Für die Vorabklärungen (*☞ Kap. 3.2*) wird wie folgt vorgegangen (*ASTM 1996, 1997*):

Dokumentenrecherche

- Auswertung von Luftbildern, Grundbucheinträgen, historischem und aktuellem Kartenmaterial, öffentlichen und privaten Archiven;
- Konsultation des Katasters der belasteten Standorte (Art. 5 AltIV);
- Auswertung von betrieblichen Unterlagen (Grundrisse, Betriebspläne, Ablaufpläne, Lieferscheine, Lagerdokumente, usw.);
- Auswertung von behördlichen Unterlagen (Bewilligungen und Verfügungen);
- Auswertung von Berichten ähnlicher Untersuchungen.

Orientierende Feldbegehung

- Überprüfung der Ergebnisse der Dokumentenrecherche;
- Dokumentation weiterer Beobachtungen;
- Erwerben von Ortskenntnissen zwecks Ausarbeitung des Probenahmeplans.

Befragungen

Befragungen dienen der Überprüfung und Ergänzung der Dokumentenrecherche. Die Fragen richten sich an Eigentümer/innen, Bewirtschafter/innen, Zeitzeugen (heutige und frühere Anwohnende und Arbeitnehmende) und Behörden (Bauverwaltung, Umweltschutz). Die Antworten der Befragten werden dokumentiert und müssen kritisch auf ihre Qualität überprüft werden (Aussagekraft, Zuverlässigkeit, Vertrauenswürdigkeit).

5.2.2 Belastungshypothese und Gefährdungen

Die Belastungshypothese wird – getrennt nach Belastung des Oberbodens und des Unterbodens – mit Hilfe der Kriterien in *Tabelle 2* formuliert (☞ *Kap. 3.2.2*). In *Tabelle 11* sind typische Belastungshypothesen anhand dieser Kriterien zusammengefasst. Erfolgt der Schadstoffeintrag über verschiedene Pfade, so werden die entsprechenden Belastungshypothesen getrennt formuliert, da sie bei der Erstellung des Probenahmeplans möglicherweise ein unterschiedliches Vorgehen erfordern.

Für eine zielgerichtete Probenahme müssen auch mögliche Gefährdungen (☞ *Kap. 3.2*) erfasst werden. Diese haben u.a. Einfluss auf die Probenahmetiefe (☞ *Kap. 5.4.4*).

5.3 Untersuchungsbedarf

Auf Grund der konkreten Fragestellung und Zielsetzung sowie der Belastungshypothese wird der Untersuchungsbedarf festgelegt (☞ *Kap. 3.3*). Bei Untersuchungen zur räumlichen Abgrenzung muss Folgendes beachtet werden:

Auflösungsgrad und Genauigkeit

Generell gilt: Je höher die Belastung, desto gravierender sind die Folgen der Belastung (Sanierung, Entsorgung, usw.), was einen hohen Auflösungsgrad (Anzahl Probenahmestandorte) und präzise Ergebnisse (Anzahl Doppelproben) bedingt. So lohnt sich bei der Entsorgung von stark belastetem Bodenaushub ein Mehraufwand bei der Untersuchung, um dadurch die zu entsorgende Menge und damit die Entsorgungskosten zu senken.

Analysenmethoden

Die Methoden für Probenvorbereitung, Extraktion und Analyse müssen entsprechend der Fragestellung und Zielsetzung gewählt werden (vgl. *Tab. 10*).

Tabelle 10: Analysenmethoden.

Fragestellung und Zielsetzung	Methode	Quelle
Beurteilung von Bodenbelastungen nach VBBo		
- Beurteilung von Überschreitungen eines Richt-, Prüf- und Sanierungswerts nach VBBo - Gefährdungsabschätzung bei überschrittenen Prüfwerten - Verwertung von ausgehobenem Boden	Totalgehalt und löslicher Gehalt nach VBBo	Probenvorbereitung: <i>Kapitel 7.1</i> Analyse: <i>Tabelle 1</i>
Entsorgung von Bodenaushub		
TVA-konforme Entsorgung von stark belastetem Bodenaushub	Eluattest, Totalgehalt nach TVA	Analysenmethoden für Feststoff- und Wasserproben von belasteten Standorten und Aushubmaterial (<i>BUWAL 2000b</i>)
Beurteilung der Überwachungs- und Sanierungsbedürftigkeit von belasteten Standorten (Art. 8 AltIV)		
Schutzgut Boden (Art. 12 AltIV, Beurteilung nach VBBo)	Totalgehalt und löslicher Gehalt nach VBBo	Probenvorbereitung: <i>Kapitel 7.1</i> Analyse: <i>Tabelle 1</i>

5.4 Probenahmeplan

5.4.1 Probenahmemuster

Bei typischen Belastungshypothesen dient *Tabelle 11* als Entscheidungshilfe für die Festlegung des Probenahmemusters (§ 3.4.2). Bestehen mehrere Belastungshypothesen, werden die Vorschläge im Hinblick auf Fragestellung und Zielsetzung und unter Berücksichtigung der Repräsentativität der Probenahme so weit wie möglich in Übereinstimmung gebracht.

Räumliche Abgrenzung mit der Zwei-Werte-Regel

Erfolgt die räumliche Abgrenzung in Etappen, so ist die Anwendung der Zwei-Werte-Regel nützlich (*Lamé u. Bosman 1994*). Dazu werden die Probenahmestandorte systematisch in Form eines Quadratrasters verteilt (§ Kap. 3.4.2), dessen Maschenweite kleiner ist als der notwendige Auflösungsgrad (§ Kap. 5.3). Es werden vom Zentrum der Belastung nach außen schrittweise so viele Proben untersucht, bis das Belastungsgebiet nach allen Richtungen von mindestens zwei benachbarten Proben ohne Grenzwertüberschreitung umgeben ist (vgl. *Abb. 6*). Dieses Verfahren kann analog auch zur vertikalen Abgrenzung angewandt werden. Die Probenahme erfolgt in der Regel für das gesamte Raster auf einmal, die Analyse der Proben dagegen etappenweise.

5.4.2 Probenarten

Tabelle 11 enthält für die typischen Belastungshypothesen eine Entscheidungshilfe für die Festlegung der notwendigen Probenarten (§ Kap. 3.4.3).

5.4.3 Gewinnung von Mischproben

Tabelle 11 enthält für die typischen Belastungshypothesen eine Entscheidungshilfe für die Gewinnung von Mischproben (§ Kap. 3.4.4).

5.4.4 Probenahmetiefe

Die Festlegung der Probenahmetiefe (§ Kap. 3.4.5) richtet sich nach Fragestellung und Zielsetzung (§ Kap. 5.1):

- **Probenahmetiefen zur Feststellung von Überschreitungen der Richt-, Prüf- und Sanierungswerte**

Zur Beurteilung von Richt-, Prüf- und Sanierungswert-Überschreitungen gelten die Probenahmetiefen in *Tabelle 12*. In begründeten Fällen kann davon abgewichen werden (VBBo: Anh. 1 und 2, jeweils Ziff. 2).

- **Gefährdungsabschätzung bei überschrittenen Prüfwerten**

Ist ein Prüfwert überschritten, muss die Gefährdung für Menschen, Tiere oder Pflanzen durch die betroffenen Nutzungsarten abgeschätzt werden (Art. 9 VBBo). Dies geschieht in der Regel nach der räumlichen Abgrenzung. Ziel ist die Untersuchung der vertikalen Schadstoffverteilung zur Beurteilung der Exposition der betroffenen Schutzgüter (vgl. *Tab. 12*). Die Beprobung erfolgt in festen Tiefenstufen, welche wegen der Reproduzierbarkeit nicht geringer als 5 cm sein sollten. Die Mächtigkeit der Tiefenstufen und die Maximaltiefe der Beprobung werden in Abhängigkeit von Belastungshypothese, Wirkungspfad und betroffenem Schutzgut festgelegt. Für die Gefährdungsabschätzung bei schadstoffbelasteten Böden wird zudem auf die entsprechende Wegleitung verwiesen (*BUWAL*).

Tabelle 11: Entscheidungshilfe für den Probenahmeplan.

Belastungshypothese Oberboden					
Fall	Beispiele	Horizontale Abgrenzung	Horizontale Ausdehnung	Belastungsmuster	Schadstoffeintragspfade
A	- Landwirtschafts-parzelle - Rebbergsparzelle	abgegrenzt	kleinräumige Fläche: 100–10 000 m ²	- gleichmässig - geringe Heterogenität	Direkteintrag durch vorwiegend eine Quelle bzw. einen Verursacher
B	- Familiengärten - Lagerflächen, Industriearale	abgegrenzt	kleinräumige Fläche: 100–10 000 m ²	- ungleichmässig - grosse Heterogenität	Direkteintrag durch mehrere Quellen/Verursacher
C	- Strassenränder - Hochspannungsmasten - Stahlbrücken	nicht abgegrenzt	kleinräumige Distanzen: 10–100 m	distanzabhängig	Atmosphärischer Eintrag durch vorwiegend eine Quelle
D	- Kehrlichtverbrennungsanlagen - Metallwerke	nicht abgegrenzt	grossräumige Distanzen: 100–10 000 m	distanzabhängig	Atmosphärischer Eintrag durch vorwiegend eine Quelle
E	- Ballungsgebiet	nicht abgegrenzt	grossräumige Distanzen: 100–10 000 m	diffus	Atmosphärischer Eintrag (viele Quellen); zugeführtes belastetes Bodenmaterial

Belastungshypothese Unterboden/Untergrund					
Fall	Beispiele	Vertikale Abgrenzung	Vertikale Ausdehnung	Belastungsmuster	Schadstoffeintragspfade
0	- Landwirtschafts-parzelle - Strassenränder - Ballungsgebiet	abgegrenzt	nur Oberboden	tiefenabhängig	Direkter oder atmosphärischer Eintrag nur an der Oberfläche
1	- Unfallstandort - Verschiebung von belastetem Boden	nicht abgegrenzt	Ober- und Unterboden	tiefenabhängig	Direkter Eintrag auch in den Unterboden
2	- geochemische Tiefenverlagerung von Schadstoffen	nicht abgegrenzt	Ober- und Unterboden	horizontabhängig	Sekundäre Belastung durch Verlagerung der Schadstoffe in den Unterboden

Beprobung Oberboden

Fall	Probenahmemuster: Verteilung der Probenahmestandorte (☞ Kap. 3.4.2)	Probenarten und Gewinnung der Mischproben (☞ Kap. 3.4.3 und 3.4.4)
A	<ul style="list-style-type: none"> - 1 Mischprobe der gesamten Fläche - 1 Mischprobe von Referenzfläche in der Parzelle - Stratifizierung (bei grossen Flächen oder unterschiedlicher Nutzung auf derselben Fläche) 	<ul style="list-style-type: none"> - 1 Flächenprobe der gesamten Fläche: Verteilung systematisch, stratifiziert ad hoc oder diagonal - 1 Flächenprobe der Referenzfläche: Verteilung systematisch, stratifiziert ad hoc oder diagonal
B	<ul style="list-style-type: none"> - systematische Verteilung - geschachtelte Verteilung 	Mehrere Flächenproben: Verteilung systematisch oder stratifiziert ad hoc
C	- gezielte Verteilung in Abhängigkeit von der Belastungshypothese	Mehrere Linienproben: systematische Verteilung auf der Linie (regelmässige Abstände)
D	<ul style="list-style-type: none"> - gezielte Verteilung in Abhängigkeit von der Belastungshypothese - systematische Verteilung - geschachtelte Verteilung 	Mehrere Flächenproben auf extensiv genutzten Flächen (Ausschliessen anderer Belastungen): Verteilung systematisch oder stratifiziert ad hoc
E	<ul style="list-style-type: none"> - systematische Verteilung - geschachtelte Verteilung 	Mehrere Flächenproben: Verteilung systematisch oder stratifiziert ad hoc

Beprobung Unterboden / Untergrund

Fall	Probenahmemuster (☞ Kap. 3.4.2)	Probenarten und Gewinnung der Mischproben (☞ Kap. 3.4.3 und 3.4.4)
0	keine Untersuchung notwendig	
1	Auswahl repräsentativer Probenahmestandorte in Abhängigkeit von der Belastungshypothese und in Verbindung mit der Untersuchung der horizontalen Belastung	Bohrprobe (ungenau): <ul style="list-style-type: none"> - systematische oder stratifizierte ad-hoc-Verteilung der Bohrungen auf einer Fläche in Verbindung mit Flächenprobe - Beprobung in festen Tiefenstufen Profilprobe (genau): <ul style="list-style-type: none"> - Entnahme einer ad-hoc-Mischprobe über die gesamte Profilwand - Beprobung festen Tiefenstufen
2	Auswahl repräsentativer Probenahmestandorte in Abhängigkeit von der Belastungshypothese und in Verbindung mit der Untersuchung der horizontalen Belastung	Profilprobe: <ul style="list-style-type: none"> - Beprobung der Bodenhorizonte - getrennte Beprobung der Humusauflage an Waldstandorten

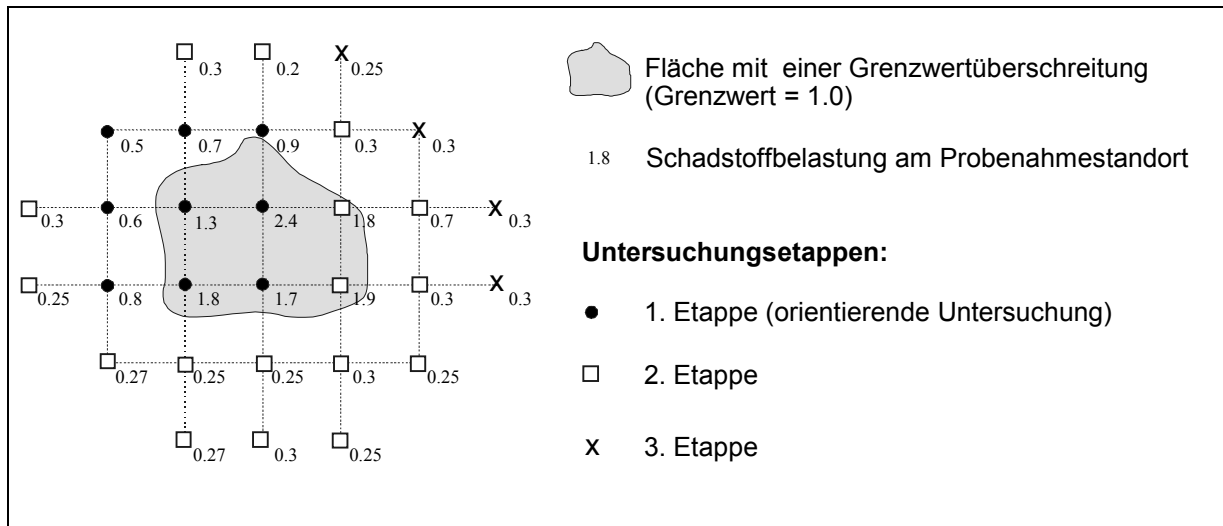


Abbildung 6: Zwei-Werte-Regel zur räumlichen Abgrenzung.

● **Beurteilung von Bodenaushub**

Wird Boden ausgehoben, so erfolgt dies in der Regel getrennt nach Oberboden ("Humus") und Unterboden. Für die Beprobung des Oberbodens kann eine Probenahmetiefe von 0–20 cm angewendet werden, wenn in diesem Tiefenbereich kein relevanter Gradient erwartet wird. Ist dies dagegen der Fall, so ist die Probenahmetiefe entsprechend anzupassen (z.B. 0–5 cm und 5–20 cm). Dabei sind allfällige Entsorgungskosten und die praktischen Möglichkeiten beim Abschälen des Oberbodens zu berücksichtigen. Um das Analyseergebnis nicht zu beeinflussen, muss die Probenahmetiefe so gewählt werden, dass belastete und unbelastete Bodenschichten nicht vermischt werden (Vermischungsverbot, Art. 10 TVA).

5.4.5 Standortbeschreibung

Die Standortbeschreibung erfolgt nach den Grundsätzen in *Kapitel 3.4.7*. Bei der Probenahme für die räumliche Abgrenzung müssen fallweise folgende Angaben gemacht werden (*FAL 1997*):

- Korngrößenverteilung (Fühlprobe);
- Kalkgehalt (HCl-Test);
- pH-Wert (Schnelltest).

Zur Beurteilung der Mobilität und Pflanzenverfügbarkeit anorganischer Schadstoffe und zur Beurteilung der Verwertbarkeit von Bodenaushub sind folgende Angaben nötig:

- Fremdstoffe im Boden (Bauschutt, Draht, Plastik usw.);
- Beurteilung von Farbe und Geruch (Vorsicht bei gesundheitsgefährdenden Stoffen!).

5.4.6 Probenmenge

Die notwendige Probenmenge wird nach den Grundsätzen in *Kapitel 3.4.6* ermittelt.

Tabelle 12: Probenahmetiefen nach VBBo (1998).

Regelungswert	Nutzung	Probe- nahme- tiefe	betroffenes Schutzgut	Relevanz, Wirkungspfad
Richtwert	–	0–20 cm	Boden Pflanzen	Hauptwurzelraum: Boden → Pflanze
Prüfwert	Nahrungspflanzenanbau	0–20 cm	Mensch	Hauptwurzelraum: Boden → Pflanze → Mensch
	Futterpflanzenanbau	0–20 cm	Mensch Tier	Hauptwurzelraum: Boden → Pflanze → Tier Oberste Bodenschicht: Boden → Tier
	Nutzungen mit möglicher direkter Bodenaufnahme	0–5 cm	Mensch Tier	Oberste Bodenschicht: Boden → Mensch Boden → Tier
Sanierungswert	Landwirtschaft und Gartenbau	0–20 cm	Mensch Tier	Hauptwurzelraum: Boden → Pflanze → Tier Boden → Pflanze → Mensch Oberste Bodenschicht: Boden → Tier
	Haus- und Familiengärten	0–20 cm	Mensch	Hauptwurzelraum: Boden → Pflanze → Mensch Oberste Bodenschicht: Boden → Mensch
	Kinderspielplätze	0–5 cm	Mensch	Oberste Bodenschicht: Boden → Mensch

Weiterführende Literatur

- Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, 1997, Probenahme von Böden und Substraten zur Erfassung des Bodenzustandes und Untersuchung kontaminierter Standorte, Umwelt & Entwicklung Materialien, 77 S., Nr. 129.
- BUWAL, 1994, Regional soil contamination surveying, A: technical note, B: case study, Environmental documentation No 25 – Soil, 70 p., Bern.
- ISO, 1995a, Soil quality – Sampling, Part 1: Guidance on the design of sampling programmes (ISO/DIS 10381-1), 44 S., Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- ISO, 2002c, Soil quality – Sampling, Part 5: Guidance on the procedure for investigation of urban and industrial sites with regard to soil contamination (ISO/DIS 10381-5), 24 S., Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 1998, Probenahme bei der Technischen Erkundung von Altlasten, Materialien zur Altlastenbehandlung Nr. 3, 87 S., Dresden.

6 Durchführung der Probenahme

6.1 Informieren der Betroffenen

Grundsätzlich besteht eine Pflicht zur Auskunft und zur Duldung von Untersuchungen (vgl. Art. 46 USG). Es ist jedoch in jedem Fall sinnvoll, Betroffene (Eigentümer/innen, Mieter/innen, Bewirtschafter/innen) über die geplante Untersuchung rechtzeitig zu informieren und deren Bereitschaft zur Duldung dieser Untersuchungen zu gewinnen.

6.2 Sicherheitsvorkehrungen

Um Unfälle zu verhindern, sind Sicherheitsvorkehrungen zu treffen. Deren Notwendigkeit ergibt sich auf Grund der Vorabklärungen (*☞ Kap. 3.2, 4.2, 5.2*) und des Untersuchungsbedarfs (*☞ Kap. 3.3, 4.3, 5.3*). Sie umfassen:

- Schutzmassnahmen bei gefährlichen Schadstoffen (Handschuhe, Schutzmaske, Schutzbrille, Schutzanzug, usw.), Verzicht auf Geruchsbeurteilung der Proben;
- Sicherung von Gruben gegen Einsturz (Spriessen) und Hineinstürzen (Absperrung);
- Tragen eines Helms bei Maschineneinsatz;
- Tragen von Warnwesten im Verkehrsbereich.

Weiterführende Literatur

ISO, 2002b, Soil quality – Sampling, Part 3: Guidance on safety (ISO/DIS 10381-3), 49 S., Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

6.3 Leitungserhebungen und Bewilligungen

Leitungserhebungen

Ist ein Maschineneinsatz vorgesehen, so muss vorgängig abgeklärt werden, ob im Bereich des Probenahmestandorts Werkleitungen vorhanden sind (Gas-, Wasser-, Abwasser-, Elektrizität-, Fernwärme-, Telefonleitungen, Radio-, TV-Kabel usw.). Vor allem Telefonleitungen, Radio- und TV-Kabel sind oberflächennah verlegt. Es wird empfohlen, die Leitungserhebung zu dokumentieren und die Freigabe der Sondierung durch den Auftraggeber schriftlich zu erwirken. Vor Ort kann ein Leitungssuchgerät eingesetzt werden, wobei dieses allerdings nicht alle Materialien erfassen kann (z.B. Glasfaserkabel).

Bewilligungen

Je nach Umfang der Untersuchungen muss eine Bewilligung der Behörde eingeholt werden (z.B. bei Bohrungen, Art. 32 GSchV). Bei Probenahmen, welche Einfluss auf das Grundwasser haben können, ist mit der kantonalen Gewässerschutzfachstelle Kontakt aufzunehmen, sofern der Probenahmestandort im Gewässerschutzbereich A liegt.

6.4 Personal

Für die Probenahme soll nur ausgebildetes Personal eingesetzt werden. Das Personal muss die Fragestellung und Zielsetzung, den Probenahmeplan sowie das Vorgehen bei der Wahl von Alternativstandorten kennen (*☞ Kap. 3.4.2*). Die verantwortliche Person muss über bodenkundliche Kenntnisse verfügen.

6.5 Zeitpunkt und Reihenfolge

Bewirtschaftung

Bei Grasnutzung ist die Zugänglichkeit kurz nach dem Mähen am besten gewährleistet. Beim Ackerbau ist der geeignetste Zeitpunkt nach der Ernte, aber noch vor der Saatbeetvorbereitung. Der Boden ist dann kompakt und gleichmässig dicht gelagert. Eine Probenahme nach dem Pflügen ist zu vermeiden, weil der Boden aufgelockert (unvollständige Proben) und uneben ist (keine Kontrolle über Probenahmetiefe). Der zeitliche Abstand zur letzten Behandlung mit Hilfsstoffen (Dünger, Pflanzenschutzmittel) muss möglichst gross sein.

Jahreszeit

Lösliche Gehalte anorganischer Schadstoffe schwanken saisonal v.a. infolge des schwankenden pH-Werts (Bodenfeuchte, Vegetation). Totalgehalte anorganischer Schadstoffe werden durch den Zeitpunkt der Probenahme in der Regel nicht beeinflusst.

Wetter

Die Probenahme sollte nicht bei schlechtem Wetter (Schnee, Regen, Kälte) vorgenommen werden, da die Verschmutzungsfahrer höher ist und die Probenahme erfahrungsgemäss weniger sorgfältig erfolgt. Bodenproben lassen sich am einfachsten gewinnen, wenn der Boden leicht feucht ist. Das Probenahmegerät dringt dabei besser in den Boden ein und erbringt bei jedem Einstich ungefähr dieselbe Probenmenge (Repräsentativität). Bei zu trockenem Boden ist dies nicht gewährleistet. Bei Langzeituntersuchungen sollten die Wetterbedingungen bei jeder Beprobung ungefähr gleich sein.

Wird der Boden mit schweren Maschinen befahren, müssen Ober- und Unterboden trocken sein (Verdichtungsgefahr).

Reihenfolge

Zuerst sind die mutmasslich weniger schadstoffbelasteten Proben zu gewinnen. So kann die Kontamination der Proben durch Verschleppung weitgehend verhindert werden. Bei Profilproben ist aus demselben Grund von unten nach oben zu beproben.

6.6 Probenmengen

Die notwendigen Probenmengen sind im Probenahmeplan festgehalten. Sie müssen durch genügend Einzelproben und die Wahl des geeigneten Probenahmegeräts erreicht werden. Überschüssiges Material darf nie im Feld verworfen werden, weil sonst die Probenrepräsentativität verloren geht. Das Verwerfen von überschüssigem Material erfolgt unter kontrollierten Bedingungen im Labor. Wird bei der Probenahme unerwartet zu wenig Material gewonnen, so muss die Probenahme wiederholt werden.

6.7 Probenahmegeräte

Die Wahl des Probenahmegeräts wird beeinflusst durch die Probenmenge, die Probenahmetiefe, die Anzahl Einzelproben, den Durchmesser des Probenahmegeräts, den Skelettgehalt des Bodens und die Kontaminationsgefahr. In *Tabelle 13* sind die wichtigsten Probenahmegeräte und deren Eignung für bestimmte Zwecke aufgeführt.

Tabelle 13: Anwendungsbereiche von Probenahmegeräten und mögliche Probleme.

Probenahmegerät	Eignung für Probenarten/Böden (☞ Kap. 3.4.3)
Halbrohrbohrer mit Ausstosspachtel (Hohlmeissel- oder Rillenbohrer)	<ul style="list-style-type: none"> - für Routinezwecke und ein breites Bodenspektrum geeignet - Flächen- und Linienproben von mineralischen Oberböden von 5–30 cm - Bohrungen bis etwa 120 cm (Pürckhauer) - sehr robust und auch für skeletthaltige Böden verwendbar - bei Unterteilung in verschiedene Probentiefen ungenaue Tiefenangaben und erhebliche Verschleppungen und Stauchungen, besonders in tonreichen und skeletthaltigen Böden - trockenes sandiges Bodenmaterial fällt aus dem Bohrer, besonders wenn der Durchmesser zu weit ist - nicht geeignet für organische Böden
Vollrohrbohrer (Humax, Klappbohrer)	<ul style="list-style-type: none"> - gestörte Volumenproben in vorwiegend skelettarmen Oberböden bis 30 cm - Neigung zu Stauchungen in Tonböden - begrenzt geeignet für organische Böden
Handbohrer	<ul style="list-style-type: none"> - qualitative Beschreibungen des Bodens - wenig geeignet für die Probenahme zur Bestimmung von Schadstoffgehalten (ungenaue Tiefenzuordnung, Probenmenge) - Edelman-Bohrer: skeletthaltige, sandige bis tonige Böden, geringster Eindringwiderstand - Riverside-Bohrer: harte, verkrustete Böden und Böden mit Feinkies, geringste Verschleppungsgefahr - Kiesbohrer: kiesreiche Böden
Stechrahmen	<ul style="list-style-type: none"> - Humusauflagen inkl. Streu - ungestörte Volumenproben von geringmächtigen Bodenschichten und Horizonten von <5 cm im Oberboden (nicht sehr genau) - nicht geeignet für Mischproben
Stechzylinder	<ul style="list-style-type: none"> - ungestörte Volumenproben - bei hohem Skelettgehalt wenig geeignet
Spachtel	<ul style="list-style-type: none"> - Profilproben - bei Böden mit hohem Skelettgehalt wenig geeignet

Durchmesser der Probenahmegeräte und Bodeneigenschaften

Mit dem Durchmesser der Probenahmegeräte kann die Eignung in Bezug auf Skelettgehalt, Eindringwiderstand und Probenmenge stark beeinflusst werden. Für die Probenahme sollten die Böden möglichst gleichmässig feucht sein. Trockene tonreiche Böden sind sehr hart, trockenes sandiges Bodenmaterial fällt leicht aus dem Bohrer. Nasse Böden dagegen stauchen und schmieren, wenn sie tonreich sind. Sie fließen, wenn sie sandig sind. Die Probenahme organischer Böden und Humusauflagen (A_0 -Horizont) erfordert Geräte mit guten Schneideigenschaften und grossem Probenvolumen (☞ Kap. 6.8).

Verhinderung von Kontamination

Die Probenahmegeräte müssen robust sein und dürfen die Proben nicht kontaminieren. Metallgeräte aus Eisen oder Einfachstahl erfüllen diese Bedingungen (Desaules 1989). Geräte aus hochwertigen Legierungen sollten jedoch nicht verwendet werden. Sie dürfen nicht verchromt, vernickelt oder lackiert sein. Allfällige Schutzschichten (Öl) und Oxidationsbe-

schläge (Rost) müssen vor Gebrauch vollständig entfernt werden. Vor der Probengewinnung werden zur Reinigung mehrere Einstiche vorgenommen und die Proben verworfen. Beim Gebrauch von Maschinen (Bagger, Rotationskernbohrer) muss darauf geachtet werden, dass Schmiermittel, Treibstoffe und Abgase keine Verunreinigung der Proben verursachen. Zur Abklärung möglicher Kontaminationen dienen Werkstoffanalysen (*Desaules 1989*) und Analysen von Spülrückständen (*Black 1988*).

Weiterführende Literatur

ISO, 2002a, Soil quality – Sampling, Part 2: Guidance on sampling techniques (ISO/DIS 10381-2), 48 S., Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

6.8 Gewinnung von Volumenproben

Volumenproben dienen bei Schadstoffuntersuchungen der Bestimmung der Lagerungsdichte (Raumgewicht, *bulk density*) zur Umrechnung von gewichtsbezogenen (mg/kg) auf volumenbezogene Gehalte (mg/dm³) bei Böden mit über 15 % Humus (VBBö 1998, Anh. 1). Wegen der oft grossen Heterogenität der Lagerungsdichte sind fünf Proben pro Standort und Tiefe bzw. Horizont eine Mindestanforderung.

Volumenproben des Oberbodens

Die Gewinnung von Volumenproben verursacht erhebliche Störungen des Oberbodens, weil die Probenvolumina sehr gross sind. Bei Langzeituntersuchungen (*☞ Kap. 4*) ist dies unerwünscht. Deshalb dürfen Volumenproben nicht direkt auf Flächen gewonnen werden, die der Langzeituntersuchung dienen. Sie müssen unmittelbar angrenzend entnommen werden. Bei einmaliger Probenahme können diese jedoch auf derselben Fläche entnommen werden.

Volumenproben des Unterbodens

Aus dem gleichen Grund werden Volumenproben des Unterbodens an der Profilwand genommen, nachdem alle anderen Proben bereits gewonnen wurden.

6.9 Protokolle

Protokolle dienen sowohl der Erfassung von wichtigen Daten zwecks Auswertung und Interpretation als auch der Qualitätssicherung (*☞ Kap. 2*) und der Vergleichbarkeit mit anderen Untersuchungen. Folgende Protokolle finden sich im *Anhang 5*:

- Protokoll "*Probenahme*";
- Protokoll "*Probenvorbereitung*";
- Zusatzprotokoll "*Bodenprofil*";
- Zusatzprotokoll "*Folgebeprobung*";
- Zusatzprotokoll "*Landwirtschaft*";
- Zusatzprotokoll "*Forstwirtschaft*".

Erläuterungen zu den Protokollen finden sich im *Kapitel 8*. Die Protokolle enthalten jeweils einen **fett** gekennzeichneten Mindestdatensatz, der für ein sachlich korrektes Vorgehen und zu Vergleichszwecken unbedingt notwendig ist. Ein weitergehender Umfang und Detailgrad richtet sich nach dem Untersuchungsbedarf bzw. nach den Vorgaben im Probenahmeplan.

6.10 Einmessen des Probenahmestandorts

Das Einmessen eines Probenahmestandorts (vgl. *Abb. 7*) muss mit der nötigen Genauigkeit gemäss Untersuchungsbedarf vorgenommen werden (*Tab. 3, Kap. 3.3*). Dies erfordert:

- *einen Orientierungspunkt*: Punkt, der mit Hilfe der Landeskarte 1:25 000 auffindbar ist (z.B. Strassenkreuzung, Haus usw.), Angabe der Koordinaten;
- *mind. drei Fixpunkte*: im Feld auffindbare, längerfristig bestehende, wegen Verlustgefahr voneinander unabhängige Punkte (Marksteine, Masten, Hausecken), möglichst näher als 50 m (Länge des Messbands);
- *Einmesspunkt*: Ecke oder Zentrum der Probenahmefläche;
- *Ausrichtung*: Richtung der Probenahmefläche mit Kompass (ungenau) oder Kleintheodolit (genau).

Durch das Einmessen mit Messbändern kann eine Genauigkeit von ± 0.5 m erreicht werden, vorausgesetzt die Winkel zwischen den Fixpunkten und dem Einmesspunkt sind nicht zu spitz oder zu stumpf. Die Einmessungen werden als Lageskizze im Protokoll Probenahme protokolliert.

Ist eine sehr präzise Wiederauffindung notwendig (z.B. bei Langzeituntersuchungen), können zusätzlich Magnete oder Eisenrohre an den Ecken der Probenahmefläche in mindestens 60 cm Tiefe (Bodenbearbeitung, Bodenfrost) vergraben werden. Die Wiederauffindung erfolgt mit elektronischen Detektoren. Der Einmesspunkt selbst darf wegen magnetischen Störungen (Kompass) nicht mit Magneten versehen sein.

Für viele Standorte erreichen auch GPS-Systeme eine genügend grosse Genauigkeit (namentlich das System SWIPOS; aktuelle Informationen dazu beim Bundesamt für Landestopographie).

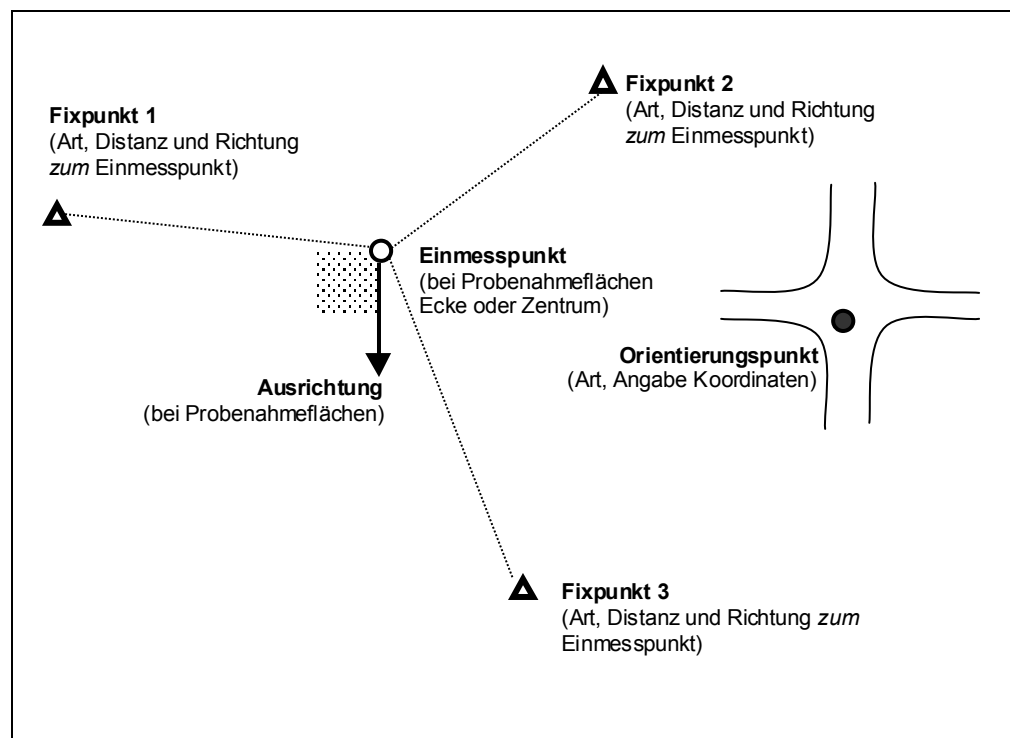


Abbildung 7: Einmessen des Probenahmestandorts.

6.11 Probenverpackung, -beschriftung und -transport

Probenverpackung

Die Behältnisse müssen so gewählt werden, dass keine Sorption von Schadstoffen in und an den Verpackungswänden und keine Kontamination der Proben durch Inhaltsstoffe des Verpackungsmaterials eintritt. Zur Kontaminationskontrolle werden Blindproben verwendet (*Black 1988*). Probenverpackungen dürfen nicht mehrfach gebraucht werden.

Für anorganische Schadstoffe können Kunststoffbehälter oder -säcke verwendet werden. Dies gilt auch für Routineuntersuchungen von PAK und PCB (*Desaules u. Dahinden 2000*). Der Luftraum ist möglichst klein zu halten. Bewährt hat sich bei Kunststoffsäcken eine doppelte Verpackung, weil bei Beschädigung ein zusätzlicher Schutz besteht.

Bei der Untersuchung von Dioxinen und anderen organischen Schadstoffen (ausser Routineuntersuchungen von PAK und PCB) sollten dagegen Glasbehälter mit kunststofffreiem Verschluss eingesetzt werden.

Probenbeschriftung

Unmittelbar nach dem Abfüllen der Probe muss diese deutlich, unmissverständlich und wasserfest direkt auf dem Behälter angeschrieben werden. Die Probenbezeichnung muss so erfolgen, dass sich die Probe eindeutig zuordnen lässt. Dazu gehören folgende Angaben:

- Projekt (Bezeichnung, Identifikationsnummer);
- Probenbezeichnung (Identifikationsnummer);
- Datum.

Diese Angaben sind im Protokoll "*Probenahme*" entsprechend zu wiederholen und zu ergänzen, so dass sich die Herkunft der Probe jederzeit feststellen lässt. Wenn zweiteilige Behältnisse zur Anwendung kommen, sollte auf beiden Teilen mindestens die Probennummer angeschrieben werden. Dies verhindert Kontaminationen wegen Verwechslung der Deckel. Auf einem Lieferschein an das untersuchende Labor sind zudem Angaben über allfällige Rückstell- und Archivproben zu machen.

Probentransport

Die Proben müssen spätestens nach zwei Tagen im Labor eintreffen, wo sie sofort getrocknet werden (*☞ Kap. 7.1*). Der Transport von Proben zur Untersuchung organischer Schadstoffe erfolgt möglichst gekühlt, jedoch stets bei weniger als 30 °C. Ungestörte Proben müssen erschütterungsfrei transportiert werden.

Die Übergabe ans Labor erfolgt mit Lieferschein oder Auftragschreiben mit folgenden Angaben:

- Projekt (Bezeichnung, Identifikationsnummer);
- gelieferte Proben (Probenbezeichnung);
- Analysenprogramm gemäss Untersuchungsbedarf (*☞ Kap. 3.3*);
- kurze Darstellung der Fragestellung und Zielsetzung der Untersuchung;
- Datum und Unterschrift.

Auf diese Weise wird die Rückverfolgbarkeit gewährleistet. Das Laborpersonal kann die Probenaufbereitung und Analyse entsprechend der Fragestellung und Zielsetzung durchführen.

7 Probenvorbereitung und -archivierung

7.1 Probenvorbereitung

Die Gefahr der Kontamination ist bei der Probenvorbereitung gross. Kontaminationen können durch Verschleppung von schadstoffhaltigem Probenmaterial, verschmutzte Geräte, schmutzige Hände, Staubentwicklung und wegen ungeeigneten Materials der Geräte entstehen (mechanische Beanspruchung). Der Nachweis der Kontaminationsfreiheit wird für organische Schadstoffe durch mitlaufende gegläute Quarzsandproben erbracht und bei anorganischen Schadstoffen durch Proben mit bekannten Gehalten (*Black 1988*).

Eintreffen der Proben im Labor

1. Beim Eintreffen im Labor werden die Übereinstimmung der Proben mit dem Lieferschein und die vorgesehenen Analysemethoden kontrolliert.
2. Das Gewicht der feldfeuchten Proben (Bruttogewicht feldfeucht) wird im Hinblick auf die Interpretation der Ergebnisse bestimmt.

Von einer Zwischenlagerung der feldfrischen Proben sollte wenn möglich abgesehen werden. Der Zustand der Proben kann das zu ermittelnde Analyseergebnis beeinflussen (z.B. durch mikrobiologische Prozesse). Ist eine Zwischenlagerung trotzdem nötig, sind folgende Bedingungen zu beachten:

- gut verschlossene Gefässe;
- maximale Lagerungsdauer: 10 Tage;
- maximale Lagerungstemperatur: +4 °C.

Trocknen

3. Die gesamte Probe ist nach Eintreffen im Labor als Ganzes in einem Umluftofen bei 40 °C bis zur Gewichtskonstanz zu trocknen. Das Trocknen soll rasch verlaufen, wenn möglich innerhalb von zwei Tagen. Die Proben sind deshalb in möglichst dünnen Schichten auszulegen.

Bei tonreichen Proben empfiehlt sich während des Trocknens das Zerkleinern von Hand, wobei die Verschleppung von Probenmaterial zwischen verschiedenen Proben verhindert werden muss. Beim relativ flüchtigen Quecksilber (Hg) ist von einer besonderen Empfindlichkeit in Bezug auf die Trocknungsdauer auszugehen (*Schwab et al. 2002*).

4. Die getrockneten Proben werden für die spätere Umrechnung von Analyseergebnissen gewogen (Bruttogewicht trocken, Wassergehalt, ☞ *Schritt 12*).

Zwischenlagerung nach dem Trocknen

5. Erfolgt die weitere Probenvorbereitung zu einem späteren Zeitpunkt, können die Proben unter folgenden Bedingungen zwischengelagert werden:
 - Gefässe zudecken und eindeutig beschriften (Verhinderung von Kontamination durch Staub und wegen Verwechslungsgefahr);
 - maximale Lagerungstemperatur +20 °C (Hemmung mikrobiologischer Prozesse).

Zerkleinern

6. Aus den vollständig getrockneten Proben werden so weit wie möglich Steine, organische Teile (Pflanzenreste) und Fremdmaterial (z.B. Bauschutt) von Hand entfernt und für das nachfolgende Wägen beiseite gelegt (*☞ Schritt 9*). Fällt Fremdmaterial an, so ist dies im Protokoll Probenvorbereitung zu vermerken.
7. Die Proben werden weiter zerkleinert und in der Regel nicht gemahlen, weil dies besonders lösliche Schadstoffgehalte erheblich beeinflussen kann (*Houba et al. 1993*). Dazu können Mörser, Roller, Backenbrecher oder andere Instrumente eingesetzt werden.

Dieser Arbeitsschritt birgt wegen der grossen mechanischen Beanspruchung die grösste Kontaminationsgefahr. Diese kann mit Blick auf die zu analysierenden Kenngrössen durch geeignete Materialwahl vermindert werden. Die verwendeten Geräte sind nach jedem Zerkleinerungsvorgang zu reinigen, um Verschleppungen von Bodenmaterial auszuschliessen.

Sieben

8. Die Probe wird nach dem Zerkleinern in einem Sieb mit 2 mm Maschenweite gesiebt.
9. Nach dem Sieben ist die gewonnene Feinerde und zur Kontrolle allfälliger Probeverluste der Siebrückstand inklusive Handauslese zu wägen (*☞ Schritt 6*).

Bei Routineuntersuchungen ist das Material des Siebs nicht entscheidend, da die Probenahme selbst und das Zerkleinern deutlich grössere Kontaminationsgefahren bergen. Bei Spezialuntersuchungen (z.B. Analysen im Spurenbereich, stark sorbierende Stoffe) ist jedoch eine entsprechende Materialwahl notwendig.

Es ist zu beachten, dass die weiteren Schritte einschliesslich der Analysen an der Feinerde (<2 mm) durchgeführt werden. Daher beziehen sich auch die Resultate nur auf diese Fraktion.

Mahlen

Bodenproben werden nur dann fein gemahlen, wenn sie partikuläre Belastungen (z.B. Geschossteile) enthalten und Totalgehalte gemessen werden. Totalgehalte werden durch den Mahlvorgang kaum beeinflusst (*Houba et al. 1993*).

Teilen

10. Nach dem Sieben werden die Proben repräsentativ geteilt, sodass Laborproben einschliesslich Rückstellproben und – je nach Zielsetzung – Archivproben vorliegen (*☞ Kap. 3.4.6*).

Die Probenteilung muss so vorgenommen werden, dass die jeweilige Subprobe denselben Schadstoffgehalt repräsentiert wie die zu teilende Probe (*☞ Kap. 2.2*). Aus diesem Grund ist eine repräsentative Teilung erst möglich, wenn die Probe rieselfähig, d.h. getrocknet, zerkleinert und gesiebt ist. Bei der Siebfraction <2 mm sind Analysenproben von 5 g in der Regel repräsentativ (*Houba et al. 1993*); davon ausgenommen sind Proben mit partikulären Belastungen (z.B. Geschossteile). Bei besonders tonreichen Proben muss Staubentwicklung wegen Verlust- und Kontaminationsgefahr vermieden werden. Zur Teilung können Riffelteiler, Drehprobenteiler, Laborprobenteiler oder das Kegeln und Vierteln verwendet werden. Um eine repräsentative Subprobe zu erhalten, muss das Teilungsverfahren konsequent bis zum Vorliegen der notwendigen Analysenmenge angewendet werden.

Bestimmung der Trockensubstanz

11. Zur Bestimmung der Trockensubstanz (TS) ist eine repräsentative Teilprobe zu wägen (Gewicht bei 40 °C), bei einer Temperatur von 105 °C bis zur Gewichtskonstanz zu trocknen und wieder zu wägen (Gewicht bei 105 °C).
12. Das Analysenergebnis bei 40 °C wird mit folgender Formel auf den Schadstoffgehalt bei 105 °C umgerechnet:

$$\text{Schadstoffgehalt}_{T=105^{\circ}\text{C}} [\text{mg} / \text{kg TS}] = \frac{\text{Gewicht}_{T=40^{\circ}\text{C}} [\text{g}] \cdot \text{Analyseresultat}_{T=40^{\circ}\text{C}} [\text{mg} / \text{kg}]}{\text{Gewicht}_{T=105^{\circ}\text{C}} [\text{g}]}$$

13. Bei Böden mit mehr als 15 % Humus muss der Schadstoffgehalt auf den Volumenbezug umgerechnet werden, wobei das Trockenraumgewicht ebenfalls bei einer Temperatur von T = 105 °C zu bestimmen ist:

$$\text{Schadstoffgehalt}_{\text{Volumen}} [\text{mg} / \text{dm}^3] = \text{Schadstoffgehalt}_{T=105^{\circ}\text{C}} [\text{mg} / \text{kg TS}] \cdot \text{Trockenraumgewicht}_{T=105^{\circ}\text{C}} [\text{kg} / \text{dm}^3]$$

7.2 Probenarchivierung

7.2.1 Archivproben

Die Archivproben müssen trocken sein. Die Gefässe müssen sauber, gut verschlossen sowie eindeutig und dauerhaft beschriftet sein.

7.2.2 Lagerungsbedingungen

Der Raum zur langfristigen Lagerung von Proben für anorganische Schadstoffe muss dunkel und trocken sein, Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen dürfen nur gering sein. Die Lagerungstemperatur darf +20 °C nicht übersteigen. Archivproben zur Untersuchung persistenter organischer Schadstoffe für Langzeituntersuchungen (Dauerbeobachtung und -überwachung) dürfen bei höchstens –20 °C gelagert werden, da eine Verflüchtigung nicht auszuschliessen ist.

Weiterführende Literatur

- Berndt G.F., 1988, Effect of drying and storage conditions upon extractable soil manganese, J.Sci.Food Agric., 45, 119–130.
- Black S.C., 1988, Defining Control Sites and Blank Sample Needs, in: Keith L.H. (ed.), Principles of Environmental Sampling, American Chemical Society, Washington, p. 110–117.
- Desaules A., 1989, Die Erfassung und Beurteilung der Schwermetallkontamination bei der Verwendung von Stahlgeräten für die Entnahme und Aufbereitung von Bodenproben, Bull.Bodenkundl.Ges.Schweiz, 13, 93–96.
- Desaules A., Dahinden R., 2000, Zum Einfluss von Trocknungstemperatur und Kunststoff-Kontakt auf PAK- und PCB-Analysen in Bodenproben bei Routineuntersuchungen, 34 S., NABO/FAL-Reckenholz.
- Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich, 1999, Anleitung zur Probenvorbereitung und Archivierung (Standard-Arbeitsanweisung Labor), 8 S., Zürich.
- Houba V.J.G. et al, 1993, Influence of grinding of soil on apparent chemical composition, Commun.SoilSci. PlantAnal., 24, 1591–1602.
- Houba V.J.G. et al, 1994, Aspects of pre-treatment of soils for inorganic chemical analysis, Quimica Analitica, 13, 94–99.
- Jansky H.-J., Fischer H., 1997, Die Probenvorbereitung als eine Quelle der Ergebnisunsicherheit von Schadstoffbestimmungen in Bodenproben, TerraTech, 6, 35–39.
- ISO, 1996b, Soil quality – Pretreatment of samples for physico-chemical analyses (ISO 11464), 9 p., International Organization for Standardization, Geneva.

8 Erläuterungen zu den Protokollen

Folgende Protokolle sind im *Anhang 5* enthalten:

- **Protokoll "Probenahme"** (vgl. *Anh. 5-1*) als Stammprotokoll für jede Probenahme;
- **Protokoll "Probenvorbereitung"** (vgl. *Anh. 5-2*) zur Dokumentation der Probenvorbereitung;
- **Zusatzprotokoll "Bodenprofil"** (vgl. *Anh. 5-3*) für bodenkundliche Beschreibung und zur Dokumentation von Profilproben;
- **Zusatzprotokoll "Folgebeprobung"** (vgl. *Anh. 5-4*) zur Dokumentation der Probenahme bei Langzeituntersuchungen;
- **Zusatzprotokoll "Landwirtschaft"** (vgl. *Anh. 5-5*) zur Erfassung der Betriebscharakteristik an landwirtschaftlich genutzten Standorten;
- **Zusatzprotokoll "Forstwirtschaft"** (vgl. *Anh. 5-6*) zur Erfassung der Betriebscharakteristik an forstwirtschaftlich genutzten Standorten.

Für jedes Protokoll wird erläutert, was, wie und warum etwas zu erheben ist. Dazu wird auf die entsprechenden Ausführungen in diesem Handbuch hingewiesen.

Die einzelnen Positionen in den Protokollen sind mit Nummern versehen, welche sich auf die Erläuterungen beziehen. In den Protokollen ist in jedem Fall der **fett** gekennzeichnete Mindestdatensatz zu erheben, weil er die grundlegenden Angaben enthält und für Vergleichszwecke unerlässlich ist. Die Protokolle sind leserlich und kopierfähig auszufüllen. Die Zusatzprotokolle werden fallweise benutzt, gehören aber immer zum entsprechenden Protokoll "Probenahme".

Protokoll "Probenahme" (Anh. 5-1)

1 Identifikation

Was?	Wie?	Warum?
11 Projekt	Bezeichnung bzw. Nr. von Projekt und Standort/Parzelle, Datum, Probenehmer/in (Firma, Name, Adresse, Telefon)	-Dokumentation, (☞ Kap. 2.2) -Rückverfolgbarkeit (☞ Kap. 2.2)
12 Ort	Gemeinde, Ort, Kanton, Flurname, Koordinaten (X,Y, Genauigkeit), Höhe (m ü.M.), LK-Nummer, Grundbuch-Nummer	-Wiederauffinden des Standorts
13 Kontakte	Grundeigentümer/in, Bewirtschafter/in, (Firma, Kontaktperson, Adresse, Telefon), Interessierte	-Rückfragen -Rückverfolgbarkeit (verantwortliche/r Probenehmer/in)
14 Belastungshypothese	Schadstoffeintragspfade, räumliche Ausdehnung, räumliche Abgrenzung, Belastungsmuster	-Einfluss der Belastungshypothese (☞ Kap. 3.2) auf den Probenahmeplan
15 Zusatzprotokolle	Angabe der zugehörigen Zusatzprotokolle	-Hinweis auf weitergehende Untersuchungen -Herstellen des Bezugs zum Protokoll "Probenahme" (Rückverfolgbarkeit)
16 Folgeuntersuchungen	vorgesehen / nicht vorgesehen	-Erfassung bereits durchgeführter, weitergehender oder vorgesehener Untersuchungen (☞ Zusatzprotokoll "Folgebeprobung")

fett: Mindestdatensatz

2 Lage des Probenahmestandorts

Was?	Wie?	Warum?
21 Lageskizze	Probenahmestelle (Probenahme-fläche, Bohrungen, Bodenprofile), Orientierungspunkt, Fixpunkte, Fotos	-Wiederauffinden der Probenahmestelle mit hinreichender Genauigkeit (☞ Kap. 6.10)
22 Legende	Signaturen, Orientierungspunkt, Fixpunkte	
23 Zusatzinformationen	Beschreibung	-Erfassen weiterer Informationen zur Wiederauffindung (z.B. Magnete)

fett: Mindestdatensatz

3 Probennahme und Probentransport

Was?	Wie?	Warum?
31 Probenahmemuster	Skizze	-Rückverfolgbarkeit
32 Legende	Signaturen	-Gewinnung von Mischproben (☞ Kap. 3.4.4)
33 Wetter während der Probenahme	trocken, Regen, Schnee, Dauer (seit Anzahl Tagen)	-Beurteilung der Probenahmequalität (☞ Kap. 6.5)
34 Bodenzustand	trocken, feucht, nass, gefroren	-Beurteilung der Probenahmequalität (☞ Kap. 6.5)
35 Sicherheitsvorkehrungen	ja, nein, wenn ja: welche?	-Dokumentation der getroffenen Sicherheitsvorkehrungen, falls solche notwendig sind (☞ Kap. 6.2)
36 Zusatzinformationen	Beschreibung	-Erfassen weitergehender Informationen zur Probenahme (z.B. "Probenahmemuster konnte auf Grund des hohen Eindringwiderstands nicht konsequent angewendet werden")
37 Probentransport	gekühlt/ungekühlt, Transportdauer (Tage)	-Probenstabilität

fett: Mindestdatensatz

4 Nutzung und Vegetation

Was?	Wie?	Warum?
41 Aktuelle Nutzung	<p>Landwirtschaft: Dauerwiese, Weide, Alpweide, Ackerbau, Rebbau, Gemüsebau, Obstanlage, andere (welche?) Fahrdistanz vom Hof</p> <p>Wald: Nadelwald, Laubwald, Mischwald, andere (welche?)</p> <p>Siedlungsgebiet: Hausgarten, Familiengarten, Kinderspielplatz, andere (z.B. Parkanlage)</p> <p>Andere (z.B. Industriebranche)</p>	-Nutzung ist ein wesentliches Kriterium zur Beurteilung von Schadstoffeinträgen und möglicher Gefährdung von Menschen, Tieren oder Pflanzen -Bewirtschaftungsintensität (z.b. Hofparzelle) -Land- und Forstwirtschaft: Für weitergehende Erhebungen (z.B. Beurteilung des Einflusses der Bewirtschaftung auf den Schadstoffgehalt) dient das ☞ Zusatzprotokoll "Landwirtschaft" ☞ Zusatzprotokoll "Forstwirtschaft" -Wald, Waldrand: Hinweis auf Schadstoffeinträge durch Auskämmeffekt -Siedlungsgebiet: Die Klassierung erfolgt im Hinblick auf die Relevanz von Prüf- und Sanierungswerten. Andere als diese Nutzungen müssen trotzdem erwähnt werden (z.B. Industriebranche, Strassendamm, Bahndamm) -Abschätzung Bodenbelastungsgrad
Nutzungsdauer	Seit (Jahr), Dauer (Jahre)	
42 Frühere Nutzungen	Angabe Nutzung/en; von ... bis (Jahr); Dauer acht Jahre	-Einflüsse von früheren Nutzungen auf die Bodenbelastung
43 Bodenbedeckung	Vegetation und Bedeckungsgrad (%), Humusaufgaben (cm)	-Beurteilung der aktuellen Nutzung -Hinweis auf mögliche Schädigungen durch Schadstoffe (Pflanzenwachstum, beeinträchtiger Humusabbau)

44 Zusatzinformationen	Beschreibung	-Erfassen weitergehender Informationen zur Nutzung und Vegetation (z.B. "Vornutzung im Bericht vom 23. Juni 2001 über Historische Untersuchung Areal Muster AG")
------------------------	--------------	--

fett: Mindestdatensatz

5 Klima und Luftimmissionen

Was?	Wie?	Warum?
51 Standorttyp	ländlich, Agglomeration, Stadt, Strassennähe, Industrienähe, alpin	-Beurteilung atmosphärischer Einträge (qualitative Aussage zur Hintergrundbelastung)
52 Emittenten	Aufzählung der Emissionsquellen für atmosphärische Einträge (Anh. 2) im Einflussbereich der Probenahmestelle (Richtung, Distanz <u>zum</u> Standort, Höhenunterschied, Hindernisse)	-Beurteilung lokaler und regionaler atmosphärischer Einträge
53 Klima und Exposition	Jahresniederschlag (mm/Jahr), Hauptwindrichtungen, exponiert/-geschützt	-Beurteilung atmosphärischer Einträge -hydrologische Standortbeurteilung (Einfluss auf Boden und Bodenbildung)
54 Zusatzinformationen	Beschreibung	-Erfassen weitergehender Informationen zu Klima und Luftimmissionen (z.B. "Ständige Lufthygienemesstation des Kantons 100 m südwestlich, Koordinaten 635.420/289.150")

fett: Mindestdatensatz

6 Relief

Was?	Wie?	Warum?
61 Geländeform	Plateau/Terrasse/Ebene, Talsohle/Talmulde, Kuppe/-Rücken/Rippe/Wall, Hang, Hangfuss, Rinne, Schwemmfächer/Schuttkegel	-Beurteilung von Ein-/Austrägen durch Erosion
62 Lage und Exposition	Verlustlage, Gewinnlage, ausgeglichen, Neigung (%), Exposition (Richtung)	-Beurteilung von Ein-/Austrägen durch Erosion -Beurteilung des Windeinflusses bei atmosphärischen Einträgen
63 Zusatzinformationen	Beschreibung	-Erfassen weitergehender Information zum Relief (z.B. "künstlich geschütteter Bahndamm, Koordinaten 635.420/-289.150")

fett: Mindestdatensatz

7 Geologie und Hydrologie

Was?	Wie?	Warum?
71 Geologie	Ausgangsgestein: Gesteinstyp und Klassifizierung (mit Hilfe von geologischen Karten, Bestimmung durch eine Fachperson), kalkhaltig?	-Beurteilung des geogenen Grundgehalts (☞ Anh. 3)
72 Hydrologie	Grundwasserstand, Überschwemmungsgebiet, Karstgebiet (mit Hilfe von Grundwasserkarten)	-Beurteilung möglicher Grundwassergefährdung
73 Zusatzinformationen	Beschreibung	-Erfassen weitergehender Informationen zur Geologie und Hydrologie (z.B. "Gebiet bekannt für geogene Cadmiumbelastung")

fett: Mindestdatensatz

8 Probandaten

Was?	Wie?	Warum?
81 Probenbezeichnung	Identifikationsbezeichnung bzw. -nummer	-Rückverfolgbarkeit, -Ausschliessen von Verwechslungen
82 Bodenhorizont	Klassifikation nach <i>FAL (2002)</i> / <i>BGS (2002)</i>	-Rückverfolgbarkeit -für bodenkundliche Untersuchungen von Bedeutung (Vergleich Bodenhorizont und Probenahmetiefe)
83 Probenahmetiefe	Tiefenangabe von ... bis ... (cm), mit/ohne Humusauflage (cm)	-Rückverfolgbarkeit, Durchführung gemäss Probenahmeplan -Hinweise zur Definition von 0 cm (☞ Kap. 3.4.5) -Beurteilung und Interpretation
84 Probenart	Flächenprobe, Linienprobe, Profilprobe, Bohrung, Volumenprobe	-Rückverfolgbarkeit, Durchführung gemäss Probenahmeplan (☞ Kap. 3.4) -Beurteilung und Interpretation
85 Anzahl Einzelproben	Zahl	-Rückverfolgbarkeit, Gewinnung der Mischprobe (☞ Kap. 3.4.4) -Beurteilung der Repräsentativität
86 Probenahmegerät	Hohlmeissel, Edelmann, Riverside, Humax, andere (Durchmesser)	-Rückverfolgbarkeit -Qualitätssicherung: Benutzung des geeigneten Probenahmegeräts (☞ Kap. 6.7)
87 Verpackung	Kunststoff, Alufolie, Glas, andere	-Beurteilung Kontaminationsgefahr (☞ Kap. 6.11)
88 Bodenkenngrossen	Humus (-form, -gehalt), Kalk, Korngrössenverteilung, Skelett	-Beurteilung der Probe vor Ort im Hinblick auf die spätere Auswertung und Interpretation von Analyseergebnissen (z.B. statistische Ausreisser)

Was?	Wie?	Warum?
89 Zustand der Probe	Feuchte, Vollständigkeit	-Einfluss der Feuchte auf die Vollständigkeit der Probe (z.B. im Pürckhauer) -Einfluss des Probenahmegeräts (☞ Kap. 6.7) -Beurteilung der Probenqualität im Hinblick auf die spätere Auswertung und Interpretation von Analyseergebnissen (z.B. statistische Ausreisser)
810 Zusatzinformationen		-Erfassen weitergehender Informationen zu den Proben (z.B. Fremdstoffe)
811 Legende		-Informationen zum Ausfüllen

fett: Mindestdatensatz

9 Datum und Unterschrift

Was?	Wie?	Warum?
91 Datum und Unterschrift	durch Verantwortliche/n	-Qualitätssicherung (☞ Kap. 2.2)

fett: Mindestdatensatz

Protokoll "Probenvorbereitung" (Anh. 5-2)

Gehört zu jedem Protokoll "Probenahme" (Anh. 5-1) oder Zusatzprotokoll "Folgebeprobung" (Anh. 5-4).

1 Identifikation

Was?	Wie?	Warum?
11 Projekt	Bezeichnung bzw. Nr. von Projekt und Standort/Parzelle, Datum der Probenahme, Probennehmer/in	-Dokumentation, (Qualitätssicherung ☞ Kap. 2.2) -Rückverfolgbarkeit (Qualitätssicherung ☞ Kap. 2.2)
12 Sachbearbeiter/in	Name, Daten (Eintreffen der Proben, Beginn und Ende der Probenvorbereitung)	

fett: Mindestdatensatz

2 Probenvorbereitung

Was?	Wie?	Warum?
21 Probenbezeichnung	Nummer analog zu Lieferschein und Protokoll "Probenahme"	-Qualitätssicherung (☞ Kap. 2.2)
22 Bruttogewicht feucht	Gewicht der feldfeuchten Proben	-Interpretation der Ergebnisse
23 Bruttogewicht trocken	Gewicht der getrockneten Proben	-Interpretation der Ergebnisse
24 Tara	Gewicht des Trocknungsbehälters	-Interpretation der Ergebnisse
25 Wassergehalt (g)	Differenz des Bruttogewichts feucht und trocken	-Interpretation der Ergebnisse
26 Wassergehalt (%)	prozentualer Gewichtsanteil des Wassers	-Interpretation der Ergebnisse
27 Trocknungstemperatur	Angabe der Temperatur im Ofen	-Beachtung der Vorschriften zur Probenvorbereitung (☞ Kap. 7)
28 Trocknungsdauer	Dauer des Trocknungsvorgangs	-Qualitätssicherung (☞ Kap. 2.2 u. 7)
29 Dauer Zwischenlagerung	Dauer einer allfälligen Zwischenlagerung vor der Probenvorbereitung	-Qualitätssicherung (☞ Kap. 2.2 u. 7)
210 Zerkleinerung	Zerkleinerungsgerät (Material)	-Beurteilung der Kontaminationsgefahr
211 Siebdurchmesser	Angabe des Durchmessers des Siebs	-Beachtung der Vorschriften zur Probenvorbereitung (☞ Kap. 7)
212 Siebmaterial	Angabe des Materials	-Beurteilung der Kontaminationsgefahr
213 Gewicht Siebrückstand	Angabe des Gewichts des Siebrückstands inklusive Handauslese	-Interpretation der Ergebnisse (z.B. bezüglich Skelettgehalt)
214 Gewicht Feinerde	Angabe des Gewichts des gesiebten Materials	-Interpretation des gemessenen Gehalts (Anteil Feinerde)
215 Anzahl Portionen	Anzahl der Portionen durch Probenteilung	-Qualitätssicherung (☞ Kap. 2.2)

Was?	Wie?	Warum?
216 Teilungsart	Riffelteiler offen, geschlossen, Kegelteilung, Drehprobenteiler, usw.	-Beurteilung der Repräsentativität (Fehlerquelle) und Kontaminationsgefahr
217 Gebinde	Gebindeart	-Beurteilung der Kontaminationsgefahr
218 Bemerkungen	weitere Angaben	Legende

fett: Mindestdatensatz

3 Datum und Unterschrift

Was?	Wie?	Warum?
31 Datum und Unterschrift	durch Verantwortliche/n	-Qualitätssicherung (☞ Kap. 2.2)

fett: Mindestdatensatz

Zusatzprotokoll "Bodenprofil" (Anh. 5-3)

Für die Erfassung von bodenkundlichen Zusatzdaten zum Protokoll "**Probenahme**" (Anh. 5-1).

Die Untersuchung am Bodenprofil erfolgt für Landwirtschaftsböden nach *FAL (1997)*, für Waldböden nach *BUWAL (1996b)*, die Klassifikation der Böden nach *FAL (2002)* und *BGS (2002)*.

1 Identifikation

Die Hauptdaten zur Identifikation und zur Lokalisierung des Standorts (Lageskizze) sind im Protokoll "**Probenahme**" einzutragen.

Was?	Wie?	Warum?
11 Projekt	Bezeichnung bzw. Nr. von Projekt und Standort/Parzelle; Datum, Probenehmer/In (Firma, Name, Adresse)	-Qualitätssicherung (Kap. 2.2)
12 Ort	Verweis auf Protokoll "Probenahme"	-Rückverfolgbarkeit: Diese Daten werden im Protokoll "Probenahme" erfasst.
13 Situation / Lage-skizze	Verweis auf Protokoll "Probenahme"	-Rückverfolgbarkeit: Diese Daten werden im Protokoll "Probenahme" erfasst.

fett: Mindestdatensatz

2 Topografie und Geologie des Profils

Was?	Wie?	Warum?
21 Transsekt	Skizze der Topografie, Geologie (Vertikalschnitt)	-Beurteilung des geogenen Grundgehalts und der Pedogenese (Anh. 3)

3 Bodenklassifikation

Was?	Wie?	Warum?
31 Bodenklassifikation	Bodentyp, Untertyp, Klassifikation nach <i>FAL (2002)</i> / <i>BGS (2002)</i>	-Beurteilung Pedogenese, vertikale Schadstoffverteilung, biogeochemische Prozesse, Gefährdungsabschätzung (Potenzial zur Verlagerung von Schadstoffen) -einheitliche Klassifikation in der Schweiz

fett: Mindestdatensatz

4 Profil

Eine Anleitung für die Erstellung der Profilskizze findet sich in Kartierung und Beurteilen von Landwirtschaftsböden (FAL 1997; Legende vgl. Rückseite Zusatzprotokoll "*Bodenprofil*").

Was?	Wie?	Warum?
41 Profilskizze	<ul style="list-style-type: none"> - Horizonte, Tiefe in cm (Horizontgrenzen), Bezeichnung (gemäss Legende) - Profilskizze mit Signaturen - Profilbeschreibung: Struktur, Hohlräume, Dichte, Bodenart, Humus, Skelett, Kalktest, pH (Hellige), Hydromorphie, Farbe nach Munsell (vgl. Legende) - Bemerkung/Probennummern 	<ul style="list-style-type: none"> - Bodenklassifikation, Beurteilung natürlicher Schadstoffgehalt und -verteilung - Hinweise zur Bodenklassifikation, Beurteilung natürlicher Schadstoffgehalt und -verteilung, Anomalien (z.B. Fremdmaterial)
42 Legende	Standardsignaturen	<ul style="list-style-type: none"> - Dokumentation, Rückverfolgbarkeit - Proben werden zudem auf dem Protokoll "<i>Probenahme</i>", Nr. 8, erfasst.

fett: Mindestdatensatz

5 Datum und Unterschrift

Was?	Wie?	Warum?
51 Datum und Unterschrift	durch Verantwortliche/n	- Qualitätssicherung (Dokumentation und Verantwortlichkeit)

fett: Mindestdatensatz

Protokoll "Folgebeprobung" (Anh. 5-4)

Für die Erfassung von Folgebeprobungen bei Langzeituntersuchungen. Die Erstbeprobung wird auf dem Protokoll "*Probenahme*" (Anh. 5-1) erfasst.

1 Identifikation

Was?	Wie?	Warum?
11 Projekt	Bezeichnung von Projekt und Standort/Parzelle, Datum, Probennehmer/in	-Qualitätssicherung (☞ Kap. 2.2)
12 Ort	Gemeinde, Ort, Kanton, Flurname, Koordinaten, Höhe, LK-Nummer, Grundbuch-Nr.	-Wiederauffinden des Probenahme-standorts
13 Kontakte	Grundeigentümer/in, Bewirtschafter/in, Interessierte, Probennehmer/in (Adresse, Telefon)	-Qualitätssicherung (☞ Kap. 2.2)

fett: Mindestdatensatz

2 Veränderungen

Was?	Wie?	Warum?
21 Lageskizze mit Veränderungen	Dokumentation von Veränderungen zu Protokoll "<i>Probenahme</i>", Nr. 21	-Wiederauffinden bei Folgeuntersuchung im Rahmen von Langzeituntersuchungen (☞ Kap. 4) -hohe Verlustgefahr von Fixpunkten (☞ Kap. 6.10) -Veränderungen in der Lagebezeichnung: z.B. nachträgliche Markierung mit Magneten (☞ Kap. 6.10), zusätzliche Fixpunkte usw.
22 Legende	Signaturen, Fixpunkte, Orientierungspunkte	
23 Veränderung der Nutzung	Dokumentation von Veränderungen zu Protokoll "<i>Probenahme</i>", Nr. 41	-Dokumentation -Beurteilung und Interpretation der Ergebnisse
24 Veränderung der Bodenbedeckung	Dokumentation von Veränderungen zu Protokoll "<i>Probenahme</i>", Nr. 43	-Hinweis auf mögliche Schädigungen durch Schadstoffe (Pflanzenwachstum, beeinträchtigter Humusabbau) -Beobachtung von Veränderungen
25 Zusatzinformationen	Bemerkungen, Beschreibungen	-Dokumentation anderer relevanter Veränderungen (z.B. Ausebnen des Bodens durch Bewirtschafter, Zuführung von ortsfremdem Bodenmaterial mit Angabe der Herkunft)

fett: Mindestdatensatz

3 Probenahme

Was?	Wie?	Warum?
31 Probenahmemuster	Skizze	-Qualitätssicherung (☞ Kap. 2.2)
32 Wetter während der Probenahme	trocken, Regen, Schnee (seit Anzahl Tagen)	-Beurteilung der Qualität der Probenahme (☞ Kap. 6.5)
33 Zusatzinformationen	Beschreibung	-Erfassen weitergehender Informationen zur Probenahme (z.B. "Boden sehr trocken, Proben konnten teilweise nicht vollständig gezogen werden")
34 Bodenzustand	trocken, feucht, nass, gefroren	-Beurteilung der Probenahmequalität (☞ Kap. 6.5)
35 Sicherheitsvorkehrungen	ja, nein, wenn ja: welche?	-Dokumentation der getroffenen Sicherheitsvorkehrungen, falls solche notwendig sind (☞ Kap. 6.2)
36 Zusatzinformationen	Beschreibung	-Erfassen weitergehender Informationen zur Probenahme (z.B. "Probenahmemuster konnte auf Grund des hohen Eindringwiderstands nicht konsequent angewendet werden")
37 Probentransport	gekühlt/ungekühlt, Dauer (Tage)	-Probenstabilität

fett: Mindestdatensatz

4 Probedaten

Was?	Wie?	Warum?
41 Probenbezeichnung	Identifikationsnummer	- Rückverfolgbarkeit, - Ausschliessen von Verwechslungen
42 Bodenhorizont	Klassifikation nach <i>FAL (2002)</i> / <i>BGS (2002)</i>	-Rückverfolgbarkeit -für bodenkundliche Untersuchungen von Bedeutung (Vergleich Bodenhorizont und Probenahmetiefe)
43 Probenahmetiefe	Tiefenangabe von ... bis ... (cm), mit/ohne Humusaufgabe (cm)	-Rückverfolgbarkeit, Durchführung gemäss Probenahmeplan -Hinweise zur Definition von 0 cm (☞ Kap. 3.4.5) -Beurteilung und Interpretation
44 Probenart	Flächenprobe, Linienprobe, Profilprobe, Bohrung, Volumenprobe	-Rückverfolgbarkeit, Durchführung gemäss Probenahmeplan (☞ Kap. 3.4) -Beurteilung und Interpretation
45 Anzahl Einzelproben	Zahl	-Rückverfolgbarkeit, Gewinnung der Mischprobe (☞ Kap. 3.4.4) -Beurteilung der Repräsentativität
46 Probenahmegerät	Hohlmeissel, Edelman, Riverside, Humax, andere (Durchmesser)	-Rückverfolgbarkeit -Qualitätssicherung: Benutzung des geeigneten Probenahmegeräts (☞ Kap. 6.7)
47 Verpackung	Kunststoff, Alufolie, Glas, andere	-Beurteilung Kontaminationsgefahr (☞ Kap. 6.11)

Was?	Wie?	Warum?
48 Bodenkenngrößen	Humus (Form, Gehalt), Kalk, Bodenart, Skelett	- Beurteilung der Probe vor Ort im Hinblick auf die spätere Auswertung und Interpretation von Analyseergebnissen (z.B. statistische Ausreisser)
49 Zustand der Probe	Feuchte, Vollständigkeit	- Einfluss der Feuchte auf die Vollständigkeit der Probe (z.B. im Pürckhauer) - Einfluss des Probenahmeegeräts (☞ Kap. 6.7) - Beurteilung der Probenqualität im Hinblick auf die spätere Auswertung und Interpretation von Analyseergebnissen (z.B. statistische Ausreisser)
410 Zusatzinformationen		- Erfassen weitergehender Informationen zu den Proben (z.B. Fremdstoffe)
411 Legende		- Informationen zum Ausfüllen

fett: Mindestdatensatz

5 Datum und Unterschrift

Was?	Wie?	Warum?
51 Datum und Unterschrift	durch Verantwortliche/n	- Qualitätssicherung (☞ Kap. 2.2)

fett: Mindestdatensatz

Zusatzprotokoll "Landwirtschaft" (Anh. 5-5)

Für die Erfassung von Zusatzdaten zum Protokoll "*Probenahme*" (Anh. 5-1) für die landwirtschaftliche Nutzung.

1 Identifikation

Was?	Wie?	Warum?
11 Projekt	Bezeichnung bzw. Nr. von Projekt und Standort/Parzelle, Datum, Erhebung durch ... (Angaben zur Person)	-Qualitätssicherung (☞ Kap. 2.2)
12 Ort	vgl. Nr. 12 Protokoll "Probenahme"	-Qualitätssicherung (☞ Kap. 2.2): Diese Daten werden im Protokoll "Probenahme" erfasst.
13 Kontakte	vgl. Nr. 13 Protokoll "Probenahme"	-Qualitätssicherung (☞ Kap. 2.2): Diese Daten werden im Protokoll "Probenahme" erfasst.

fett: Mindestdatensatz

2 Allgemeine Betriebsdaten

Was?	Wie?	Warum?
21 Produktionsform	Biologisch, ökologischer Leistungsnachweis, konventionell	-Beurteilung Datenlage (Art der Betriebsbuchhaltung), Interpretation Belastung Oberboden in Abhängigkeit von der Produktionsform
22 Zoneneinteilung	Ackerbauzone, erweiterte Übergangszone, Übergangszone, Hügelzone, Bergzonen 1–4	-Interpretation Belastung Oberboden in Abhängigkeit von der Zoneneinteilung
23 Bewirtschaftete Flächen	Landwirtschaftliche Nutzfläche, düngbare Fläche, Ackerfläche (in ha)	-Interpretation Belastung Oberboden in Abhängigkeit vom Betriebstyp -Diese Daten sind in der gesamtbetrieblichen Nährstoffbilanz enthalten.
24 Bewirtschafter	Zeitraum der Bewirtschaftung durch gleiche/n Bewirtschafter/in	-Beurteilung Kontinuität, Einfluss früherer Bewirtschaftung

3 Landnutzung

Was?	Wie?	Warum?
31 Dauerwiese/Weide	Mähwiese, Weide, Mähweide (Anzahl Nutzungen durch Weide/ Schnitt)	- Interpretation Belastung Oberboden auf Grund von Dünger- und Pestizideinsatz in Abhängigkeit von der Landnutzung - Diese Daten sind teilweise in der gesamtbetrieblichen Nährstoffbilanz enthalten.
32 Ackerbau	Angabe der Fruchtfolge (Kultur/en, Jahr)	
33 Obstbau	Äpfel, Birnen, Zwetschgen, Kirschen, andere	
34 Gemüsebau	Frischgemüse, Konservengemüse	
35 Rebbau	Dauer der Rebnutzung, Alter der Rebstöcke	

4 Nutztierbestand

Was?	Wie?	Warum?
41 Dünger-Grossvieh-einheiten (DGVE)	Total- und Schweine-DGVE	- Interpretation Belastung Oberboden in Abhängigkeit von den Schadstoffgehalten und der Intensität der Nutzung (DGVE pro Fläche, Nutztiere pro Fläche) - Diese Daten sind in der gesamtbetrieblichen Nährstoffbilanz enthalten. - Typisierung der Hofdünger gemäss Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau (FAL 2001), vgl. auch Nr. 5 "Betriebsfremde Dünger"
42 Nutztierbestand	Schwein, Rindvieh, Pferde, kleine Wiederkäuer, Geflügel, andere (Anzahl)	
43 Hofdünger	Typ, Menge (Abgabe/Übernahme)	

5 Betriebsfremde Dünger

Was?	Wie?	Warum?
51 Phosphorhaltige Mineraldünger	Produktname, Hersteller	Schadstoffspektrum
52 Recyclingdünger	Kompost, Klärschlamm, übrige (Menge/Jahr, Herkunft)	- Interpretation Belastung Oberboden in Abhängigkeit vom betriebsfremden Dünger (externe Schadstoffquelle) - Typisierung der Hofdünger gemäss Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau (FAL 2001) - Diese Daten sind teilweise in der gesamtbetrieblichen Nährstoffbilanz enthalten.
53 Zusatzinformationen	Bemerkungen, Beschreibungen	z.B.: - Intensität der Düngegaben - Verteilung der Düngegaben

6 Pflanzenschutzmittel

Was?	Wie?	Warum?
61 Pflanzenschutzmittel	Produktname, Hersteller, Menge, Abgabe/Annahme	-Schadstoffspektrum -Interpretation Belastung Oberboden in Abhängigkeit von der Substanz (externe Schadstoffquelle)
62 Zusatzinformationen	Bemerkungen, Beschreibungen	z.B.: -Intensität des Einsatzes -Verteilung der Pflanzenschutzmittel

7 Datum und Unterschrift

Was?	Wie?	Warum?
71 Datum und Unterschrift	durch Verantwortliche/n	-Qualitätssicherung (☞ Kap. 2.2)

fett: Mindestdatensatz

Zusatzprotokoll "Forstwirtschaft" (Anh. 5-6)

Für die Erfassung von Zusatzdaten zum Protokoll "Probenahme" (Anh. 5-1) zur Forstwirtschaft.

1 Identifikation

Was?	Wie?	Warum?
11 Projekt	Bezeichnung bzw. Nr. von Projekt und Standort/Parzelle, Datum, Erhebung durch ... (Angaben zur Person)	-Qualitätssicherung (☞ Kap. 2.2)
12 Ort	vgl. Nr. 12 Protokoll "Probenahme"	-Qualitätssicherung (☞ Kap. 2.2): Diese Daten werden im Protokoll "Probenahme" erfasst.
13 Kontakte	vgl. Nr. 13 Protokoll "Probenahme", zusätzlich Förster/in	

fett: Mindestdatensatz

2 Betriebsdaten

Was?	Wie?	Warum?
21 Betriebsart	Hochwald, Mittelwald, Niederwald	-Interpretation Belastung durch Schadstoffe in Abhängigkeit von der Betriebsart
22 Betriebsform	Femelschlag, Saumschlag, Kahlschlag, Plenterung	

3 Bestandesdaten

Was?	Wie?	Warum?
31 Mischungsart	Nadelwald, Nadelmischwald, Laubmischwald, Laubwald	-Interpretation Belastung durch Schadstoffe in Abhängigkeit vom Bestand
32 Deckungsgrad	Verhältnis Kronenprojektionsfläche zu Gesamfläche (in %)	
33 Entwicklungsstufe	Jungwuchs, Stangenholz, schwaches, mittleres, starkes Baumholz, gemischt	
34 Bestandesstruktur	einschichtig, stufig, mehrschichtig (Angabe der Höhe der Schichten)	
35 Oberhöhe	mittlere Höhe der 100 stärksten Bäume pro ha	
36 Bestandesalter	Durchschnittsalter (Jahre)	
37 Zusatzinformationen	Bemerkungen, Beschreibungen	

4 Datum und Unterschrift

Was?	Wie?	Warum?
41 Datum und Unterschrift	durch Verantwortliche/n	Qualitätssicherung (☞ Kap. 2.2)

fett: Mindestdatensatz

9 Literatur

- Aichberger K. et al, 1985, Soil sampling for trace element analysis and its statistical evaluation, *in*: Gomez A., R.Leschber, P.L'Hermite (ed.), Sampling problems for the chemical analysis of sludge, soils and plants, Elsevier Applied Science Publishers, 38–44, London.
- AltIV, 1998, Verordnung vom 26. August 1998 über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung; AltIV), SR 814.680.
- Angehrn-Bettinazzi C., 1989, Das Verhalten von Schwermetallen in der Streuauflage von Waldstandorten, 157 S., Diss. Universität Zürich.
- ASTM, 1996, Standard practice for environmental site assessments: transaction screen process, E1528-96, Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials.
- ASTM, 1997, Standard practice for environmental site assessments: phase I environmental site assessment process, E1527-97, Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials.
- Barth N. et al, 2000, Boden-Dauerbeobachtung: Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen, *in*: Rosenkranz D., Bachmann G., König W., Einsele G., ergänzbares Handbuch "Bodenschutz", Kennzahl Nr. 9152, ISBN 3-503-02718-1, Erich Schmidt Verlag, Berlin (1988).
- Bayerische Staatsministerien für Landesentwicklung und Umweltfragen und für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 1990, Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Bayern – Standortauswahl, Einrichtung, Probenahme, Analytik, 44 S, München.
- Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, 1997, Probenahme von Böden und Substraten zur Erfassung des Bodenzustandes und Untersuchung kontaminierter Standorte, 77 S., Umwelt & Entwicklung Materialien, Nr. 129, München.
- Benitez Vasquez N., 1999, Cadmium speciation and phyto-availability in soils of the Swiss Jura: hypothesis about its dynamics, These No. 2066, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL-Ecublens).
- Berndt G.F., 1988, Effect of drying and storage conditions upon extractable soil manganese, *J.Sci.Food Agric.*, 45, 119–130.
- BGS, 2002, Schlüssel zur Klassifikation der Bodentypen der Schweiz (2. Auflage), 11 S., Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz, Arbeitsgruppe Bodenklassifikation und Nomenklatur.
- Black S.C., 1988, Defining control sites and blank sample needs, *in*: Keith L.H. (ed.), Principles of Environmental Sampling, Amer.Chem.Soc., Washington, p. 110–117.
- Blum W.E.H., Brandstetter A., Riedler Ch., Wenzel W.W., 1996, Bodendauerbeobachtung, Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft, Umweltbundesamt und Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, 101 S., Wien.
- Borgman L.E., Quimby W.F., 1988, Sampling for tests of hypothesis when data are correlated in space and time, *in*: Keith L.H. (ed.), Principles of environmental sampling, 2, Americ.Chem. Soc., 25–43.
- BLW, BUWAL, 1994, Wegleitung für den Gewässerschutz in der Landwirtschaft – Bereich Hofdünger, 125 S, Bern.
- Bunge R., Bunge K., 1999, Probenahme auf Altlasten: Minimal notwendige Probenmasse, 3/99, Altlasten Spektrum, 174–179.
- BUWAL, 2003, Wegleitung Bestimmung von PCB im Boden – Methodenempfehlung, Vollzug Umwelt, 27 S., Bern.
- BUWAL, 2001a, Verwertung von ausgehobenem Boden – Wegleitung Bodenaushub, Vollzug Umwelt, 20 S., Bern.
- BUWAL, 2001b, Erläuterungen zur Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens (VBBö), 31 S., Bern.
- BUWAL, 2001c, Wegleitung Bestimmung von PAK im Boden, Methodenempfehlung, Vollzug Umwelt, 27 S., Bern.
- BUWAL, 2001d, Wegleitung Bestimmung von Dioxinen und Furanen im Boden, Methodenempfehlung, Vollzug Umwelt, 44 S., Bern.
- BUWAL, 2000a, Wegleitung Qualitätssicherungskonzept – Analytik von PAK, PCB und Dioxinen im Boden, Vollzug Umwelt, 27 S., Bern.
- BUWAL, 2000b, Analysemethoden für Feststoff- und Wasserproben aus belasteten Standorten und Aushubmaterial, Vollzug Umwelt – Altlasten und Abfall, 53 S., Bern.
- BUWAL, 2000c, Pflichtenheft für die technische Untersuchung von belasteten Standorten, Vollzug Umwelt – Altlasten / Gefährdungsabschätzung, 24 S., Bern.

- BUWAL, 2000d, Richtlinie für die Durchführung von Eluat-Tests gemäss Altlastenverordnung, Vollzug Umwelt, 27 S., Bern.
- BUWAL, 2000e, Nationales Boden-Beobachtungsnetz – Veränderungen von Schadstoffgehalten nach 5 und 10 Jahren, Schriftenreihe Umwelt, Nr. 320, 129 S., Bern.
- BUWAL, 2000f, NABEL – Luftbelastung 1999, Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL), Schriftenreihe Umwelt – Luft, Nr. 316, 195 S., Bern.
- BUWAL, 1998, Arbeitshilfe Probenahme und Analyse von Porenluft, Altlasten-Gefährdungsabschätzung, 21 S., Bern.
- BUWAL, 1996a, Mögliche Quellen und Pfade für Schadstoffeinträge in Böden, Vollzug Umwelt, 13 S., Bern.
- BUWAL, 1996b, Handbuch Waldbodenkartierung, Vollzug Umwelt, 125 S., Bern.
- BUWAL, 1994, Regional soil contamination surveying, A: technical note, B: case study, Environmental Documentation No 25 – Soil, 70 p., Bern.
- BUWAL, 1993, NABO – Nationales Bodenbeobachtungsnetz: Messresultate 1985–1991, Schriftenreihe Umwelt Nr. 200 – Boden, 175 S., Bern.
- BUWAL, FAC, 1989, Mitteilungen Nr. 3 zum qualitativen Bodenschutz und zur Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo), Korrekturen und Änderungsvorschläge zur Wegleitung, 8 S., Bern.
- BUWAL, FAC, 1987, Wegleitung für die Probenahme und Analyse von Schadstoffen im Boden, 23 S., Bern.
- BUWAL, Wegleitung Probenahme von Feststoffen auf belasteten Standorten, Bern.
- BUWAL, Wegleitung zur Gefährdungsabschätzung bei schadstoffbelasteten Böden, Bern.
- Dalton R. et al 1975, Sampling techniques in geography, 95 p., George Philip and Son Ltd, London.
- Desaules A., Dahinden R., 2000, Zum Einfluss von Trocknungstemperatur und Kunststoff-Kontakt auf PAK- und PCB-Analysen in Bodenproben bei Routineuntersuchungen, 34 S., NABO/FAL-Reckenholz.
- Desaules A., Dahinden R., 1996, Schlüssel zur Identifikation gesteinsbedingter Richtwertüberschreitungen, Vollzug Umwelt, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 26 S., Bern.
- Desaules A., 1995, Ergänzung zur Wegleitung für die Probenahme und Analyse von Schadstoffen im Boden, Rundschreiben vom 26. Oktober 1995, 2 S., FAC-Liebefeld.
- Desaules A., Dahinden R., 1994, Die Vergleichbarkeit von Schwermetallanalysen in Bodenproben von Dauerbeobachtungsflächen – Ergebnisse eines Probenahmeringversuches, 26 S., FAC-Liebefeld.
- Desaules A., 1989, Die Erfassung und Beurteilung der Schwermetallkontamination bei der Verwendung von Stahlgeräten für die Entnahme und Aufbereitung von Bodenproben, Bull.Bodenkundl.Ges.Schweiz, 13, 93–96.
- EURACHEM/CITAC Guide, 2000, Quantifying uncertainty in analytical measurement, Laboratory of the Government Chemist, London, 120 p. (second edition).
- Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich, 1999, Anleitung zur Probenvorbereitung und Archivierung (Standard-Arbeitsanweisung Labor), 8 S.
- FAL, 2002, Klassifikation der Böden der Schweiz, Zürich-Reckenholz, 87 S. (2. Auflage).
- FAL, 2001, Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau, 80 S., *AGRAR*Forschung (Juni 2001).
- FAL, 1998, Methodenbuch für Boden-, Pflanzen- und Lysimeterwasser-Untersuchungen, Schriftenreihe FAL, Nr. 27, Zürich.
- FAL, 1997, Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden, Schriftenreihe FAL, Nr. 24, Zürich.
- FAL, FAW, RAC, 1995, Referenzmethoden der Eidg. landwirtschaftlichen Forschungsanstalten, Bd. 3, Bodenuntersuchung zur Beurteilung der Schadstoffe, Zürich-Reckenholz.
- FAW, 2002, Pflanzenschutzmittel – Verzeichnis 2002, BBL, Vertrieb Publikation, 3003 Bern (Best.-Nr. 730.556d; *wird jährlich aktualisiert*).
- Federer C.A., 1982, Subjectivity in the separation of organic horizons of the forest floor, Soil Sci.Soc.Am.J., 46, 1090–1093.
- Federer P. et al, 1989, Wie repräsentativ sind Bodenanalysen?, Landwirt.Schweiz, 6, 363–367.
- Garner F.C. et al, 1988, Composite sampling for environmental monitoring, *in*: Keith L.H. (ed.), Principles of Environmental Sampling, 25, 363–374, American Chemical Society.
- Gy P.M., 1991, Sampling: the foundation-block of analysis, Mikrochimica Acta, 2, 457–466.
- Harvey D., 1973, Explanation in Geography, 503 p., Edward Arnold Ltd, London.
- Houba V.J.G. et al, 1994, Aspects of pre-treatment of soils for inorganic chemical analysis, Quimica Analitica, 13, 94–99.
- Houba V.J.G. et al, 1993, Influence of grinding of soil on apparent chemical composition, Commun.Soil Sci.Plant Anal., 24, 1591–1602.

- Huesemann M.H., 1994, Guidelines for the development of effective statistical soil sampling strategies for environmental applications, *in*: Calabrese E.J. und P.T.Kostecki (ed.), *Hydrocarbon Contaminated Soils and Groundwater*, 4, 47–96, Association for the Environmental Health of Soils, Massachusetts.
- Isaaks E.H., Srivastava R.M., 1989, *An introduction to applied geostatistics*, 561 S., Oxford University Press.
- ISO, 2002a, *Soil quality – Sampling, part 2: Guidance on sampling techniques (ISO/DIS 10381-2)*, Deutsches Institut für Normung e.V., 48 S., Beuth Verlag, Berlin.
- ISO, 2002b, *Soil quality – Sampling, part 3: Guidance on safety (ISO/DIS 10381-3)*, Deutsches Institut für Normung e.V., 49 S., Beuth Verlag, Berlin.
- ISO, 2002c, *Soil quality – Sampling, part 5: Guidance on the procedure for investigation of urban and industrial sites with regard to soil contamination (ISO/DIS 10381-5)*, Deutsches Institut für Normung e.V., 24 S., Beuth Verlag, Berlin.
- ISO, 1996a, *Soil quality – Pretreatment of samples for the determination of organic contaminants (ISO/DIS 14507)*, Deutsches Institut für Normung e.V., 17 S., Beuth Verlag, Berlin.
- ISO, 1996b, *Soil quality – Pretreatment of samples for physico-chemical analyses (ISO/DIS 11464)*, International Organization for Standardization, 9 S., Beuth Verlag, Berlin.
- ISO, 1995a, *Soil quality – Sampling, part 1: Guidance on the design of sampling programmes (ISO/DIS 10381-1)*, Deutsches Institut für Normung e.V., 44 S., Beuth Verlag, Berlin.
- ISO, 1995b, *Soil quality – Sampling, part 4: Guidance on the procedure for investigation of natural, near natural and cultivated sites (ISO/DIS 10381-4)*, Deutsches Institut für Normung e.V., 24 S., Beuth Verlag, Berlin.
- Jansky H.-J., Fischer H., 1997, *Die Probenvorbereitung als eine Quelle der Ergebnisunsicherheit von Schadstoffbestimmungen in Bodenproben*, TerraTech, 6, 35–39.
- Keith L.H. (ed.), 1988, *Principles of environmental sampling*, American chem. society, 458 p., Washington DC.
- Keith L.H., 1990, *Environmental sampling: a summary*, *Envir.Sci.Tech.*, 24, 610–617.
- Keller A., 2000, *Assessment of uncertainty in modelling heavy metal balances of regional agroecosystems*, dissertation no. 13944, Institut für Terrestrische Ökologie, ETH Zürich.
- Keller Th., Desaulles A., 2001, *Kartiergrundlagen zur Bestimmung der Bodenempfindlichkeit gegenüber anorganischen Schadstoffeinträgen in der Schweiz*, 81 S., FAL Zürich-Reckenholz.
- Lamé F.P.J., Bosman R., 1994, *Protokoll für die nähere Untersuchung*, Ministerium für Wohnungswesen, Raumordnung und Umweltschutz der Niederlande.
- LBP, 1997, *Boden-Dauerbeobachtungsflächen – Bericht nach 10-jähriger Laufzeit 1985–1995*, Schriftenreihe LBP, 5, Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP), München.
- Lepretre A., Martin S., 1994, *Sampling strategy of soil quality*, *Analysis Magazine*, 22, 40–43.
- Meiler H. et al, *Überprüfung von Methoden des Anhangs 1 der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BbodSchV) zur Beurteilung der Bodenqualität*, Forschungsbericht Nr. 201 74 240 Umweltbundesamt Berlin, 235 S. (Juni 2003).
- Menzi H., Kessler J., 1998, *Heavy metal content of manure in Switzerland*, *in*: Martinez J. (ed.), "Proc. of the FAO-Network on Recycling Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture (RAMIRAN 98)", Rennes, France.
- Moolenaar S.W., 1998, *Sustainable management of heavy metals in agro-ecosystems*, PhD-Thesis, Agricultural University of Wageningen, The Netherlands.
- Moolenaar S.W., Lexmond T.M., 1998, *Heavy-metal balances of agro-ecosystems in the Netherlands*, *Netherlands J.Agric.Sci.*, 46, 171–192.
- Nothbaum N. et al, 1994, *Probenplanung und Datenanalyse bei kontaminierten Böden*, 164 S., Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Ramsey M.H., 1997, *Measurement uncertainty arising from sampling: implication for the objectives of geoanalysis*, *Analyst*, 122, 1255–1260.
- Reiner I. et al, 1996, *Stoffbilanzen landwirtschaftlicher Böden von ausgewählten Betriebstypen bei Verwendung von Klärschlamm und Kompost*, BKK2 – Endbericht, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft (AWS), TU Wien.
- Rohlf F.J. et al, 1996, *Optimizing composite sampling protocols*, *Envir.Sci.Tech.*, 30, 2899–2905.
- Rubio R., Vidal M., 1995, *Quality assurance of sampling and sample pretreatment for trace metal determination in soils*, *in*: Quevauviller P. (Ed.), *Quality Assurance in Environmental Monitoring: Sampling and Sample Pretreatment*, 7, 157–178, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 1998, *Probenahme bei der Technischen Erkundung von Altlasten*, 87 S., Materialien zur Altlastenbehandlung, Nr. 3, Dresden.

- Schulz R. et al, 1996, Einfluss der Probenahmetechnik auf die Ergebnisse von Bodenuntersuchungen zur Tiefenverlagerung von Schwermetallen nach langjähriger Klärschlammdüngung, *Agribiol.Res.*, 49, 113–119.
- Schütze, G., Nagel H.D., 1998, Kriterien für die Erarbeitung von Immissionsminderungszielen zum Schutz der Böden und Abschätzung der langfristigen räumlichen Auswirkungen anthropogener Stoffeinträge, Umweltbundesamts-Texte, Nr. 19, Forschungsbericht Nr. 204 02 825, Berlin.
- Schwab P. et al, 2002, Einflüsse der Probentrocknung auf Quecksilberkonzentrationen in Bodenproben, Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz, Bulletin Nr. 26, (*eingereicht*).
- Smith F. et al, 1988, Evaluating and presenting quality assurance sampling data, *in*: Keith L.H. (Ed.), Principles of Environmental Sampling, 10, 157–168, American Chemical Society.
- SNV, 2000, Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe, SN EN ISO 9000, Ausgabe 2000-12, Schweizerische Normenvereinigung Zürich.
- Squire S. et al, 2000, Sampling proficiency test for the estimation of uncertainty in the spatial delineation of contamination, *Analyst*, 125, 2026–2031.
- Thompson M., Ramsey M.H., 1995, Quality Concepts and Practices Applied to Sampling – An Exploratory Study, *Analyst*, 120, 261–270.
- Tiktak A. et al, 1998, Modelling cadmium accumulation on a regional scale in the Netherlands, *Nutrient Cycling Agroecosyst*, 50, 209–222.
- Tuchschmid M.P., 1995, Quantifizierung und Regionalisierung von Schwermetall- und Fluorgehalten bodenbildender Gesteine der Schweiz, BUWAL Umweltmaterialien Nr. 32 – Boden, 111 S., Bern
- TVA, 1990, Technische Verordnung vom 10. Dezember 1990 über Abfälle, SR 814.600.
- USG, 1983, Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz), SR 814.01.
- Van der Zee S.E.A.T.M., de Haan F.A.M., 1998, Monitoring, control and remediation of soil degradation by agrochemicals, sewage sludge and composed municipal wastes, *Adv.GeoEcology*, 31, 607–614.
- VBBö, 1998, Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens, SR 814.12.
- VEGAS, Landesanstalt für Umweltschutz, 1999a, Einführung in die Probenahme bei Fragen des Bodenschutzes (Lehrgang V für Probennehmer), Analytische Qualitätssicherung Baden-Württemberg, VEGAS Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung und Landesanstalt für Umweltschutz, Stuttgart und Karlsruhe.
- VEGAS, Landesanstalt für Umweltschutz, 1999b, Probenahme von Böden bei Altlasten (Lehrgang IV für Probennehmer), Analytische Qualitätssicherung Baden-Württemberg, VEGAS Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung und Landesanstalt für Umweltschutz, Stuttgart und Karlsruhe.
- Von Steiger B., Baccini P., 1990, Regionale Stoffbilanzierung von landwirtschaftlichen Böden mit messbarem Ein- und Austrag, Nationales Forschungsprogramm 22 – Boden, Bericht Nr. 38.
- Von Steiger B., Obrist J., 1993, Available databases for regional mass balances in agricultural land, 35–46, *in*: R. Schulin, A. Desaulles, R. Webster and B. v. Steiger (ed.) Soil Monitoring – Early Detection and Surveying of Soil Contamination and Degradation, Birkhäuser Verlag Basel.
- VSBö, 1986, Verordnung vom 9. Juni 1986 über Schadstoffe im Boden, SR 814.12 (*aufgehoben*).
- Wagner G., Quevauviller Ph., Desaulles A., Muntau H., Theocharopoulos S. (ed.), 2001, Comparative Evaluation of European Methods for Sampling and Sample Preparation of Soils, *Sci.Total Environ.*, 264, no. 1–2, 204 p.
- Webster R. Oliver M., 2001, *Geostatistics for Environmental Scientists*, 271 p., John Wiley & Sons, New York.
- Woede G., 1999, Probenahmeraster für Bodenuntersuchungen, *Bodenschutz*, 4, 147–151.

Anhänge

- Anhang 1:** Checkliste "*Qualität*"
- Anhang 2:** Identifizierung möglicher Bodenbelastungen
- Anhang 3:** Gesteinsbedingte Richtwertüberschreitungen
- Anhang 4:** Datenerhebung für Stoffbilanzierung von Landwirtschaftsflächen
- Anhang 5:** Protokolle

Anhang 1 Checkliste "Qualität"

Projekt
Projektbezeichnung.....
Projekt-Nr.

Fragestellung und Zielsetzung ☞ Kap 3.1	JA	NEIN
Ist die Fragestellung explizit festgelegt? Dokumentation:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....		
Ist diese mit dem Auftraggeber abgesprochen? Datum der Absprache:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....		
Sind Fragestellung und Zielsetzung explizit festgelegt? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....		

Vorabklärungen ☞ Kap 3.2	JA	NEIN
Untersuchungsgebiet		
Sind die Grösse und die Grenzen des Untersuchungsgebiets genügend genau definiert? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....		
Nutzungsgeschichte		
Ist die Nutzungsgeschichte des Untersuchungsgebiets genügend genau ermittelt worden? Begründung, Dokumentation:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....		
Belastungshypothese		
Ist die Dokumentenrecherche im Hinblick auf die Fragestellung vollständig? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....		
Sind die Dokumente zuverlässig? Begründung (bei teilweiser Unzuverlässigkeit):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....		
Sind alle notwendigen und möglichen Befragungen durchgeführt worden? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....		
Sind die Antworten der Befragten zuverlässig? Begründung (bei teilweiser Unzuverlässigkeit):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....		
Ist die Belastungshypothese genügend genau, um den Probenahmeplan zu erstellen? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....		
Sind andere Belastungshypothesen auszuschliessen? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....		

Ortskenntnisse		
Wurde eine orientierende Feldbegehung durchgeführt? Datum:..... Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wurden alle zur Probenahmeplanung notwendigen Standortfaktoren ermittelt? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind genügend Ortskenntnisse vorhanden, um die Probenahme zu planen und durchzuführen? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist abgeklärt worden, welche Sicherheitsvorkehrungen bei der Probenahme getroffen werden müssen? Dokumentation:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Untersuchungsbedarf ☞ Kap. 3.3	JA	NEIN
Ist der notwendige Auflösungsgrad festgelegt? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist das Analysenprogramm festgelegt? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind begleitende Untersuchungen notwendig? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bedingt der Aufwand ein Vorgehen in Etappen? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Probenahmeplan ☞ Kap. 3.4	JA	NEIN
Probenahmemuster		
Entspricht das Probenahmemuster (Verteilung und Anzahl Proben) dem notwendigen Auflösungsgrad? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kann mit dem gewählten Probenahmemuster ein repräsentatives Abbild der wahren Schadstoffbelastung gewonnen werden? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind andere Probenahmemuster geprüft worden? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kann eine eventuell falsche Belastungshypothese Einfluss auf das Ergebnis haben? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist das Vorgehen zur Festlegung von Alternativstandorten festgelegt worden? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Probenarten		
Sind die notwendigen Probenarten festgelegt? Begründung:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mischprobe Ist die Gewinnung der Mischprobe (Anzahl und Verteilung der Einzelproben) festgelegt? Begründung: Kann mit diesem Vorgehen eine repräsentative Probe gewonnen werden? Begründung:	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Probenahmetiefen Sind die Probenahmetiefen festgelegt? Begründung:	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Beprobung des Oberbodens Wurden die Vorgaben der VBBo berücksichtigt? Begründung: Kann mit den gewählten Probenahmetiefen die Fragestellung beantwortet werden? Begründung:	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Beprobung des Unterbodens Wurde festgelegt, in welchen Tiefen der Unterboden beprobt wird? Begründung: Ist die Beprobung von festen Tiefenstufen oder von Horizonten geeignet? Begründung:	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Probenmengen Sind die notwendigen Probenmengen hinsichtlich der vorgesehenen Analysen festgelegt worden? Begründung: Sind Rückstellproben und Archivproben berücksichtigt? Begründung:	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Standortbeschreibung Ist die notwendige Genauigkeit der Lagebezeichnung festgelegt? Begründung: Sind alle zu erhebenden Standortfaktoren festgelegt worden? Begründung:	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Probenahme <small>☞ Kap. 6</small>	JA	NEIN
Sind betroffene Grundeigentümer/in, Pächter/in über die bevorstehenden Untersuchungen informiert? Begründung:	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Sind Sicherheitsvorkehrungen getroffen (Schutzmassnahmen, Sicherung, usw.)? Begründung:	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Wurden Leitungserhebungen durchgeführt und Bewilligungen eingeholt? Begründung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist das Personal qualifiziert und genügend genau instruiert? Begründung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist der geplante Zeitpunkt geeignet? Begründung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist die Kontaminationsgefahr bei der vorgesehenen Reihenfolge der Beprobung berücksichtigt? Begründung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kann die notwendige Probenmenge mit der gewählten Anzahl Einzelproben und Probenahmegeräte erreicht werden? Begründung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind die Protokolle mit dem notwendigen Detailgrad ausgefüllt? Begründung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Entspricht die Probenverpackung und der Transport den Anforderungen (Grösse, Kontaminationsgefahr, Erschütterungen)? Begründung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Probenvorbereitung ☞ <i>Kap. 7</i>	JA	NEIN
Entspricht die Zwischenlagerung den Vorgaben (Gefässe, Temperatur, Dauer)? Begründung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Werden die Proben als Ganzes möglichst rasch getrocknet? Begründung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Besteht beim Zerkleinern und beim Sieben eine Kontaminationsgefahr? Begründung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erfolgt die Probenteilung zur Herstellung der Subprobenahme repräsentativ? Begründung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Probenarchivierung ☞ <i>Kap 7.2</i>	JA	NEIN
Besteht ein Archivplan? Begründung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind die Bedingungen für eine langfristige Probenarchivierung eingehalten? Begründung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anhang 2 Identifizierung möglicher Bodenbelastungen

Die nachfolgende Tabelle gibt eine grobe Orientierung zur Identifizierung möglicher Bodenbelastungen. Inwieweit an einem Standort tatsächlich eine Untersuchung nötig ist, muss vorabgeklärt werden.

Chemische Bodenbelastungen entstehen durch Emissionen von Anlagen, durch Abfallablagerung oder durch die Bewirtschaftung von Böden. *Anhang 2* vermittelt grobe Hinweise darauf, wo welche Belastungen möglich sind. Beim Entscheid, ob und welche Untersuchungen nötig sind, müssen die örtlichen Verhältnisse in jedem Einzelfall berücksichtigt werden (Vorgeschichte, Alter der Anlage etc.).

Böden mit Schadstoffbelastungen	Wichtige Schadstoffe											
	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn	F	PAK	PCB	Di-oxine	andere
1 Umfeld von Anlagen												
1.1 Verkehrsanlagen												
• Strassen	X	X					X		X			
• Flugplätze	X	X		X			X		X			
• Bahnanlagen				X								
• Tunnelentlüftungen	X	X					X		X			
1.2 Energieanlagen												
• Feuerungsanlagen (ohne Gas und Heizöl extra leicht)	X	X	X				X		X		X	
• Gaswerkareale (inkl. Kohlelager)	X	X					X		X			
1.3 Entsorgungsanlagen												
• Kehrichtverbrennungsanlagen (v.a. ältere)	X	X		X		X	X		X	X	X	
• Abfalldeponien	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
• Versickerungsanlagen	X	X		X			X		X			
• Schrottplätze/Shredder	X	X	X	X	X	X	X			X		
1.4 Schiessplätze und -anlagen	X			X		X	X					Sb
1.5 Industrie- und Gewerbeanlagen												
• Metallwerke	X	X		X			X				X	
• Giessereien	X	X	X	X			X					
• Verzinkereien		X					X					
• Metallverarbeitung	X	X	X	X	X		X					
• Glasproduktion	X	X				X	X	X				
• Keramik-Produktion	X	X				X	X	X				
• Zementwerke	X					X		X			X	
• Textilbetriebe			X	X								
• Kunststoffverarbeitung		X							X	X		
• Druckereien	X	X	X	X			X					
• Holzverarbeitung			X	X					X			
• Gerbereien			X			X		X	X			
• Herstellung von Farben und Lacken	X	X	X	X		X	X		X	X		

(Fortsetzung der Tabelle Anh. 2)

1.6 Korrosionsgeschützte Metallbauten- und -konstruktionen	X	X	X				X		X	X		
2 Böden mit besonderer Bewirtschaftung												
• Böden mit intensiver Klärschlammverwendung	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
• Haus- und Familiengärten	X	X		X		X	X					
• Rebberg-Böden	X	X		X								
• Böden von Intensivkulturen	X			X								
• Böden mit intensiver Schweinegülleendüngung				X								

Quellen: BUWAL (2001a), BUWAL (1996a), BUWAL u. FAC (1987).

Anhang 3 Gesteinsbedingte Richtwertüberschreitungen

Gesteinstypen mit Häufigkeit von Richtwertüberschreitungen nach *Tuchschmid (1995)* sowie *Desaules u. Dahinden (1996)*.

Gesteinstypen		Richtwertüberschreitungen (Richtwert in mg/kg)									
		Pb 50	Cd ¹ 0.8	Zn 150	Hg 0.5	Cu 40	Ni 50	Cr 50	Mo 5	F 700	Co ² 25	Tl^{2} 1
Code											
GF1	Saure Kristallingesteine										
LF1	Granite, Granodiorite usw.	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2
LF3	Orthogneise	-	-	-	-	1	-	-	2	-	3
GF2	(Ultra-)basische Kristallingesteine										
LF2	Diorite, Gabbros, Porphyrite	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2
LF4	Amphibolite, Hornblende-Fels	-	-	-	-	2	3	3	-	2	3
LF5	Peridotite	-	-	-	-	1	3	3	1	-	2
LF15	Grünschiefer	-	-	1	-	3	3	3	-	-	3
LF16	Serpentinite	-	-	-	-	-	3	3	2	-	-
GF3	Tonige Gesteine (Pelite)										
LF6	Paragneise	-	-	1	-	-	-	2	-	3	2
LF9	Tonschiefer bis Phyllite	-	-	1	-	2	1	3	-	1	-
LF11	Flysch / Bündnerschiefer	1	1	1	-	2	2	3	-	3	1
LF17	Mergel, Mergelton, Schiefertone	1	1	2			2	2		1	2
LF21	Molassemergel und -tone	1	-	-	-	-	2	3	-	2	2
LF23	Boluston (Bohnerze)	2	-	2	-	2	3	3	2	1	3
LF24	Glaziale Lehme und Tone	-	-	-	-	1	2	3	-	2	1
LF25	Alluviale Lehme und Tone	1	-	-	1	2	3	3	-	1	2
GF4	Sandige Gesteine (Psammite)										
LF7	Metapsammite, Quarzite	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
LF10	Arkosen, Sandsteine, Feinbrekzien	1	1	1	-	2	1	2	-	2	1
LF13	Flysch	-	-	-	-	-	2	2	-	2	2
LF14	Radiolarite	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LF26	Alluviale Sande	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-
LF32	Molassestandsteine	-	-	-	-	-	1	2	-	-	1
GF5	Karbonat- und Sulfatgesteine										
LF8	Kalkmarmore, Kalksilikatfelse	-	-	-	-	1	2	1	-	-	2
LF12	Bündnerschiefer/Flysch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LF18	Kalksteine, Kieselkalke	-	1	2	-	-	1	1	1	-	1
LF19	Dolomite, Rauhwacken	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
LF20	Gips	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GF6	Kohlen/bituminöses Gestein										
LF27	Kohlen, bituminöse Gesteine	2	-	2	3	2	2	2	3	-	2

- = keine;

1 = selten (Maximum >RW);

2 = gelegentlich (90. Perzentil >RW);

3 = häufig (Median >RW).

¹ Grobkörnige Kalke (Sparite) überschreiten den Cd-Richtwert oft (vgl. *Benitez Vasquez 1999*).

² Die VBBo enthält keinen Richtwert, weshalb der frühere Richtwert nach VSBo (1986) angegeben wird.

In grobkörnigen Mischgesteinen (Moränen, Schotter, Nagelfluh u.a.) sind kaum zuverlässige Messwerte zu bestimmen. Grobe Schätzungen sind auf Grund der Gesteinstypen-Anteile möglich. Ein Schlüssel (*Desaules u. Dahinden 1996*) erlaubt die flächenhafte Verknüpfung der aufgeführten Gesteinstypen (LF) mit den Einheiten der Geotechnischen Karte der Schweiz (1:200 000). In digitalen Übersichtskarten (1:1.5 Mio) sind die Häufigkeiten von gesteinsbedingten Richtwertüberschreitungen flächenhaft dargestellt (*Keller u. Desaules 2001*).

Auch wenn sich Schadstoffgehalte in Ausgangsgesteinen und entsprechenden Böden nur bedingt vergleichen lassen, sind sie als Näherungswerte trotzdem oft praxistauglich (*Desaules u. Dahinden 1996*). Davon ausgenommen sind organische Böden und stark verwitterte mineralische Böden. In Böden über Kalkgesteinen und Gips mit starker Lösungsverwitterung kommt es z.B. zu deutlichen Rückstandsreicherungen von Cd und F.

Anhang 4 Datenerhebung für Stoffbilanzierung von Landwirtschaftsflächen

Methode

Stoffbilanzierungen können Langzeituntersuchungen der Schadstoffgehalte von Böden sinnvoll ergänzen. Die Stoffbilanzierung erlaubt zum einen das frühzeitige Erkennen von Bodenveränderungen, wie z.B. die Akkumulation von Schwermetallen. Zum anderen können geeignete Massnahmen zur Senkung von Einträgen abgeleitet oder kritische Eintragswerte hergeleitet werden (*von Steiger u. Obrist 1993, BUWAL 1993, van der Zee u. de Haan 1998, Keller 2000*). Die Bilanzierung von Schadstoffen in landwirtschaftlichen Böden hängt von der räumlichen Bezugsskala und der entsprechenden Aggregation der Bilanzdaten ab. Je nach Fragestellung kann eine Bilanzierung auf nationaler Ebene (z.B. Übersicht in *Moolenaar 1998, Schütze u. Nagel 1998*), regionaler Ebene (z.B. *Tiktak et al. 1998, Keller 2000*) oder auf der Ebene des landwirtschaftlichen Betriebs durchgeführt werden (z.B. *von Steiger u. Baccini 1990, Reiner et al. 1996, LBP 1997, Moolenaar u. Lexmond 1998*). Auf nationaler Ebene kann lediglich ein Trend der Schadstoffbilanz erfasst werden, deren Bilanzergebnisse nicht auf kleinräumigere Skalen übertragen werden können. Auf Ebene des landwirtschaftlichen Betriebs hingegen werden betriebsspezifische Schadstoff-Bilanzierungen ermittelt, die nicht ohne weiteres auf eine grössere räumliche Skala extrapoliert werden können.

Schadstoffflüsse und Datenquellen

Relevant sind vor allem Schadstoffeinträge durch Hilfsstoffe wie Hofdünger, Mineraldünger, Recyclingdünger, Pflanzenschutzmittel, aber auch Schadstoffausträge über Erntegut und landwirtschaftliche Produkte. Zudem sind die atmosphärische Deposition, Erosion und die Verlagerung von Schadstoffen in tiefere Bodenschichten zu berücksichtigen. Je nach Bezugsskala der Bilanzierung kann zur Berechnung der Ein- und Austräge auf vorhandene Datenquellen zurückgegriffen werden. Im Rahmen des ökologischen Leistungsnachweises führen Landwirte eine gesamtbetriebliche Nährstoffbilanz und notieren die Bewirtschaftungsmassnahmen der Parzellen auf Kulturenformularen. Auf dem Zusatzprotokoll Landwirtschaft (*☞ Kap. 8, Anh. 5*) ist ersichtlich, welche Angaben die Nährstoffbilanz enthält. Regionale landwirtschaftliche Daten sind beispielsweise von den Betriebserhebungen des Bundesamts für Statistik erhältlich. In der folgenden Tabelle sind Beispiele für mögliche existierende Datenquellen aufgelistet, die zur Bilanzierung von Schadstoffeinträgen und -austrägen herangezogen werden können. Die Stoffflüsse auf Landwirtschaftsparzellen können zeitlich variieren. Daher wird für Ackerbaubetriebe eine Berechnungsdauer von mindestens einer Fruchtfolgeperiode empfohlen. Für eine kürzere Dauer können auch alle Parzellen, welche in der gleichen Fruchtfolge wie die Versuchspartzele sind, in die Stoffflussuntersuchung einbezogen werden. Unsicherheiten in Bilanzierungen, welche durch eine räumliche Variation von Kenngrössen sowie durch unzuverlässige oder fehlende Daten entstehen, können mit einem stochastischen Ansatz berücksichtigt und quantifiziert werden (*Keller 2000*).

Schadstoff-einträge	Bezugsskala	mögliche Datenquelle
Hofdünger		
Nutztierzahl	landw. Betrieb/Region	Kulturblätter, Bundesamt für Statistik (BfS)
Betriebe	landw. Betrieb/Region	Kulturblätter, Bundesamt für Statistik (BfS)
Menge je Nutztier	Region/Nation	Düngungsgrundlagen (z.B. <i>BLW 2001</i>)
Konzentration	Betrieb/Region/Nation	Qualitätsuntersuchungen (z.B. <i>Menzi u. Kessler 1998</i>)
Kompost/Klärschlamm		
Mengen	Region/Gemeinde	Kompostwerke, Klärschlammdatenbanken ARA
Konzentration	Region/Gemeinde	Kompostwerke, Klärschlammdatenbanken ARA
Mineraldünger		
Mengen	landw. Betrieb	Düngungsrichtlinien/Landw. Beratungsstellen, Landw. Genossenschaften/Kulturblätter
Konzentration	Nation	Qualitätsuntersuchungen
Pflanzenschutzmittel	Region/Nation	Produktinformationen (z.B. <i>BLW 2002</i>), Kulturblätter
Atmosphärische Deposition	Region	kantonale Umweltschutzämter Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe NABEL; (z.B. <i>BUWAL 2000f</i>)
Schwermetallausträge		
Erntegut		
Kulturflächen	landw. Betrieb/Region	Kulturblätter, Bundesamt für Statistik
Erträge	landw. Betrieb/Region	Kulturblätter, Landw. Genossenschaften
Konzentration	landw. Betrieb/Region	Qualitätsuntersuchungen
Auswaschung		
Bodentypen	Region	Bodenkartierung, kantonale Umweltschutzämter
Gehalte im Boden	landw. Betrieb	Bodenerhebungen, Nationales Bodenbeobachtungsnetz (NABO)
	Region	Kantonale Bodenbeobachtungsnetze (KABO)
Erosion		
Erosionsrisiko	Feld/landw. Betrieb	Bodenkartierung, kantonale Umweltschutzämter

Weiterführende Literatur

- BLW, BUWAL, 1994, Wegleitung für den Gewässerschutz in der Landwirtschaft – Bereich Hofdünger, 125 S., Bern.
- BUWAL, 1993, NABO – Nationales Bodenbeobachtungsnetz: Messresultate 1985–1991, Schriftenreihe Umwelt Nr. 200 – Boden, 175 S., Bern.
- BUWAL, 2000f, NABEL – Luftbelastung 1999, Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL), Schriftenreihe Umwelt – Luft, Nr. 316, 195 S., Bern.
- BLW, 2001, Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau – GRUDAF 2001, *AGRARForschung*, 80 S., Bern.
- BLW, 2002, Pflanzenschutzmittel – Verzeichnis 2002, 381 S., Bern (*wird jährlich aktualisiert*).
- Keller A., 2000, Assessment of uncertainty in modelling heavy metal balances of regional agroecosystems, Institut für Terrestrische Ökologie, Dissertation No. 13944, ETH Zürich.

- LBP, 1997, Boden-Dauerbeobachtungsflächen – Bericht nach 10jähriger Laufzeit 1985–1995, Schriftenreihe der LBP 5/97, Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP), München.
- Menzi H., Kessler J., 1998, Heavy metal content of manure in Switzerland, in: J. Martinez (ed.) *"Proceedings of the FAO-Network on Recycling Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture (RAMIRAN 98)"*, Rennes, France (May 1998).
- Moolenaar S.W., 1998, Sustainable management of heavy metals in agro-ecosystems, PhD-thesis, Agricultural University of Wageningen, The Netherlands.
- Moolenaar S.W., Lexmond T.M., 1998, Heavy metal balances of agro-ecosystems in the Netherlands, Netherlands J. Agric. Sci., 46, 171–192.
- Reiner I. et al, 1996, Stoffbilanzen landwirtschaftlicher Böden von ausgewählten Betriebstypen bei Verwendung von Klärschlamm und Kompost, BKK2 – Endbericht, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft (AWS), TU Wien.
- Schütze G., Nagel H.D., 1998, Kriterien für die Erarbeitung von Immissionsminderungszielen zum Schutz der Böden und Abschätzung der langfristigen räumlichen Auswirkungen anthropogener Stoffeinträge, Umweltbundesamts-Texte, Nr. 19, Forschungsbericht 204 02 825, Berlin.
- Tiktak A. et al, 1998, Modelling cadmium accumulation on a regional scale in the Netherlands, Nutrient Cycling Agroecosyst, 50, 209–222.
- Van der Zee S.E.A.T.M., de Haan F.A.M., 1998, Monitoring, control and remediation of soil degradation by agrochemicals, sewage sludge and composed municipal wastes, Adv. GeoEcology, 31, 607–614.
- Von Steiger B., Baccini P., 1990, Regionale Stoffbilanzierung von landwirtschaftlichen Böden mit messbarem Ein- und Austrag, Nationales Forschungsprogramm "Boden", Report Nr. 38, Liebefeld-Bern.
- Von Steiger B., Obrist J., 1993, Available databases for regional mass balances in agricultural land, 35–46, in: Schulin R., Desaulles A., Webster R. and v. Steiger B. (ed.), Soil Monitoring – Early Detection and Surveying of Soil Contamination and Degradation, Birkhäuser Verlag Basel.

Anhang 5 Protokolle

- ☞ **Anhang 5-1:** Protokoll "*Probenahme*"
- ☞ **Anhang 5-2:** Protokoll "*Probenvorbereitung*"
- ☞ **Anhang 5-3:** Zusatzprotokoll "*Bodenprofil*"
- ☞ **Anhang 5-4:** Zusatzprotokoll "*Folgebeprobung*"
- ☞ **Anhang 5-5:** Zusatzprotokoll "*Landwirtschaft*"
- ☞ **Anhang 5-6:** Zusatzprotokoll "*Forstwirtschaft*"

Die Protokollformulare können als pdf-Datei im Internet unter www.nabo.admin.ch bezogen werden.

1 Identifikation

fett: Mindestdaten

11 Projekt
 Projekt: Standort/Parzelle:
 Probenehmer/in: Datum:

12 Ort
 Ort/Gemeinde: Kanton:
 Flurname: Grundbuch-Nr.:
 Koordinaten:..... Höhe (m.ü.M.): Landeskarten-Nr.:

13 Kontakte
 Grundeigentümer/in:
 Bewirtschafter/in:
 Interessierte:

14 Belastungshypothese
 Schadstoffeintragspfade:
 räumliche Ausdehnung (horizontal/vertikal):
 räumliche Abgrenzung (horizontal/vertikal):
 Belastungsmuster (homogen/heterogen):







15 Zusatzprotokolle
 Bodenprofil Landwirtschaft Forstwirtschaft Probenvorbereitung

16 Folgeuntersuchungen
 vorgesehen nicht vorgesehen

2 Lage des Probenahmestandorts

21 Lageskizze
 Nordrichtung angeben, Distanzangaben in m

22 Legende

	Probenahme­fläche mit Einmesspunkt und Ausrichtung (Grad)		Probenahmelineie mit Einmesspunkt und Ausrichtung (Grad)		Bodenprofil		Hangneigung (%)
	Orientierungspunkt:	Kordinaten:					
	Fixpunkte (Beschreibung):	Distanz zu Einmesspunkt (m):	Richtung (Grad):				
Nr. 1	.....	.....	.....	
Nr. 2	.....	.....	.....	
Nr. 3	.....	.....	.....	
Fotografien:	.....					

23 Zusatzinformationen für das Wiederfinden





3 Probenahme und -transport

fett: Mindestdaten

31 Skizze(n) mit Verteilung der Einzelproben für Gewinnung der Mischproben (Probenmuster)

Nordrichtung angeben, Distanzangaben in m

32 Legende zur Skizze

- Einmesspunkt  Einstich Eckpunkte der Probenahmefläche/-linie
-  Ausrichtung (Grad)  Bohrung  Bodenprofil

33 Wetter während Probenahme

- trockenes Wetter Regen Schneefall Temperatur (°C):

34 Bodenzustand

- trocken feucht nass gefroren

35 Sicherheitsmassnahmen

- nein ja, Massnahmen:

36 Zusatzinformationen für die Probenahme

37 Probentransport

- ungekühlt gekühlt, Dauer: Tag/e:

Bemerkungen:

4 Nutzung und Vegetation

fett: Mindestdaten

41 Nutzung

<input type="checkbox"/> Wald	<input type="checkbox"/> Siedlungsgebiet	<input type="checkbox"/> Landwirtschaft
<input type="checkbox"/> Nadelwald	<input type="checkbox"/> Hausgarten	<input type="checkbox"/> Dauerwiese
<input type="checkbox"/> Laubwald	<input type="checkbox"/> Familiengarten	<input type="checkbox"/> Weide
<input type="checkbox"/> Mischwald	<input type="checkbox"/> Kinderspielfläche	<input type="checkbox"/> Alpweide
<input type="checkbox"/> andere:.....	<input type="checkbox"/> andere:	<input type="checkbox"/> Ackerbau (inkl. Kunstwiese)
.....	<input type="checkbox"/> Gemüsebau
<input type="checkbox"/> andere Nutzungen		<input type="checkbox"/> Obstanlage
.....		<input type="checkbox"/> Rebbau
.....		<input type="checkbox"/> andere:
.....		Fahrdistanz vom Hof (km):

Nutzungsdauer seit (Jahr): Dauer (Jahre):

42 Frühere Nutzungen

Nutzung: von/bis (Jahr): Dauer (Jahre):.....

Nutzung: von/bis (Jahr): Dauer (Jahre):.....

43 Bodenbedeckung

Vegetation/Kultur:

Bedeckungsgrad (%): **Humusauflage (cm):**

44 Zusatzinformationen zu Nutzung und Vegetation

5 Klima und Luftimmissionen

fett: Mindestdaten

51 Standorttyp

alpin ländlich Agglomeration Stadt

52 Emittenten für atmosphärischen Schadstoffeintrag

Strasse(n):

Industrie:

andere:

53 Klima und Exposition des Probenahmestandorts

Niederschlag (mm/Jahr): Hauptwindrichtungen: windexponiert windgeschützt

54 Zusatzinformationen zu Klima und Luftimmissionen

6 Relief

61 Geländeform

<input type="checkbox"/> Plateau/Terrasse/Ebene	<input type="checkbox"/> Talsohle/Mulde	<input type="checkbox"/> Kuppe/Rücken/Rippe/Wall
<input type="checkbox"/> Hang	<input type="checkbox"/> Hangfuss	<input type="checkbox"/> Rinne
		<input type="checkbox"/> Schwemmfächer/Schuttkegel

62 Lage und Exposition des Probenahmestandorts

Verlustlage ∩ Gewinnlage ∪ Flache Lage — Neigung (%):..... Expositon (Richtung):

63 Zusatzinformationen zum Relief

7 Geologie und Hydrologie

71 Geologie

Ausgangsgestein: kalkhaltig: ja nein

72 Hydrologie

Grundwassergebiet Überschwemmungsgebiet Karstgebiet

73 Zusatzinformationen zu Geologie und Hydrogeologie

1 Identifikation

fett: Mindestdaten

11 Projekt

Projekt: Standort/Parzelle:

Probenehmer/in: Datum:

12 Ort

vgl. zugehöriges Protokoll "Probenahme" (11)

Ort/ Gemeinde: Kanton:

Flurname: Grundbuch-Nr.:

Koordinaten: Höhe (m.ü.M.): Landeskarten-Nr.:

13 Situation / Lageskizze

vgl. Protokoll "Probenahme" vgl.:.....

2 Topografie und Geologie

21 Transekt/Bemerkungen

3 Bodenklassifikation

31 Bodenklassifikation nach FAL (2002) / BGS (2002)

Bodentyp: Untertyp:

4 Profil

41 Profilskizze

Horizont			Profilskizze	2/3 Struktur	4/5/6 Hohl- räume	7 Dichte	8 Körnun- g	9/10 Humus	11/12 Skelett	13 Kalk- test	14 pH (Hellige)	Hydro- morfie	Farbe Munsell	Bemerkungen/ Probenbezeichnung
Nr.	Tiefe(cm)	Bezeichnung												
	0													
	10													
	20													
	30													
	40													
	50													
	60													
	70													
	80													
	90													
	100													
	120													
	140													
	160													

42 Legende

1) Horizontbezeichnung

- A Oberbodenhorizont (<30 % OS)
- B Zwischenhorizont
- C Ausgangsmaterial
- D Gesteinswechsel
- E Auswaschungshorizont
- I Einwaschungshorizont
- O organischer Auflagehorizont
- R Fels
- T Torf
- () schwach ausgeprägt
- AB Übergangshorizont
- B/C Komplexhorizont

- a anmoorig
- b begraben
- ch chemisch verwittert
- cn mit Konkretionen
- f teilweise zersetzt (Moder)
- fe Fe-Anreicherung
- fo fossil
- g rostfleckig
- gg bunt (hydromorph)
- h Humusanreicherung
- k kalkflaumig
- l unzersetzt (Rohhumus)
- m massiv, zementiert
- na Na-Anreicherung
- ox Fe-/Al-Oxid-Anreicherung
- p Pflugschicht
- q quarzkörnig
- r reduziert
- sa Salzanreicherung
- st gut strukturiert
- t Tonanreicherung
- vt vertisolisch, schwundriszig
- w verwittert
- x kompakt
- y fremde Auflagerung
- z physikalisch verwittert
- () schwach ausgeprägt

2) Gefügeform

- 1 Einzelkorngefüge
- 2 Kohärentgefüge
- 3 Aggregats-/Segregatsgefüge
- 4 Anthropogen

3) Aggregatsstruktur

- 1 krümelig
- 2 polyedrisch
- 3 subpolyedrisch
- 4 prismatisch
- 5 plattig
- 6 bröckelig
- 7 klumpig
- 8 Häute

4) Makroporen

- 0 keine Poren
- 1 fein/gering
- 2 fein/mittel
- 3 fein/hoch
- 4 mittel/gering
- 5 mittel/mittel
- 6 mittel/hoch
- 7 grob/gering
- 8 grob/mittel
- 9 grob/hoch

5) Risse/Hohlräume

- (zwischen d. Aggregaten)
- 1 fein (<1 mm)
 - 2 mittel (1–2 mm)
 - 3 grob (>2 mm)

6) Wurmgänge

- 0 keine
- 1 wenige (man muss suchen)
- 2 viele (springen sofort ins Auge)

7) Dichte

- 1 sehr locker (<0.8 g/cm³, (org. Material)
- 2 locker (0.8–1.2 g/cm³, (Oberboden)
- 3 mittel (1.2–1.4 g/cm³, (B-Horizont)
- 4 dicht (1.4–1.8 g/cm³, (verdichtet)
- 5 sehr dicht (>1.8 g/cm³)

8) Körnung

	Ton %	Schluff %
1 Sand	0–5	0–15
2 schluffiger Sand uS	0–5	15–50
3 lehmiger Sand lS	5–10	0–50
4 lehmreicher Sand lrS	10–15	0–50
5 sandiger Lehm sL	15–20	0–50
6 Lehm L	20–30	0–50
7 toniger Lehm tL	30–40	0–50
8 lehmiger Ton lT	40–50	0–50
9 Ton T	50–100	0–50
10 sandiger Schluff sU	0–10	50–70
11 Schluff U	0–10	70–100
12 lehmiger Schluff IU	10–30	50–90
13 toniger Schluff tU	30–50	50–70

9) Humusgehalt

		% Humus
		von bis
1 hfr	humusfrei	0.0
2 har	humusarm	0.1–1.9
3 swh	schwach humos	2.0–4.9
4 hos	humos	5.0–9.9
5 hr1	humusreich	10.0–14.9
6 hr2	humusreich	15.0–19.9
7 shr	sehr humusreich	20.0–29.9
8 org	organisch	30.0–100

10) Humusform

- 1 Mull
- 2 Moder
- 3 Rohhumus
- 4 Torf

11) Skelettgehalt

		Vol % Skelett
		von bis
0 skf	skelettfrei	0.0
1 ska	skelettarm	<5.0
3 sws	schwach skeletthaltig	5.0–9.9
4 skh	skeletthaltig	10.0–19.9
5 sts	stark skeletthaltig	20.0–29.9
6 skr	skelettreich	30.0–49.0
7 esk	extrem skelettreich	>50.0

12) Skelettgrösse

- FS** Feinskelett (0.2 cm – 5 cm)
- GS** Grobskelett (5 cm – 20 cm)
- BL** Blöcke (>20 cm)

- 1 >75 % FS
- 2 >50 % FS, >25 % GS
- 3 >50 % FS, >25 % BL
- 4 >75 % GS
- 5 >50 % GS, >25 % FS
- 6 >50 % GS, >25 % BL
- 7 >75 % BL
- 8 >50 % BL, >25 % FS
- 9 >50 % BL, >25 % GS

13) Kalktest

- (mit 10 % HCl-Lösung)
- 0 kein CaCO₃
 - 1 nur im Skelett vorhanden
 - 2 schwaches Aufbrausen
 - 3 mittleres Aufbrausen
 - 4 starkes Aufbrausen

14) Hydromorphie

- 0 keine
- 1 Konkretionen schwarz
- 2 Diffus-Rostflecken
- 3 Kontrast-Rostflecken
- 4 Fahl-Rot-Färbungen (Marmorierungen)
- 5 Reduktionsfarben (grau/blau/grün)
- 6 Buntfärbung
- 7 Nassbleichung

5 Datum und Unterschrift

fett: Mindestdaten

51 Datum und Unterschrift

Datum: **Unterschrift:**

1 Identifikation

fett: Mindestdaten

11 Projekt

Projekt: Standort/Parzelle:

Probenehmer/in..... Datum:

12 Ort

vgl. zugehöriges Protokoll "Probenahme" (11)

13 Kontakte

vgl. zugehöriges Protokoll "Probenahme" (11) bzw.:

Neue/r Grundeigentümer/in:

Neue/r Bewirtschafter/in:

Neue Interessierte:

2 Veränderungen

21 Lageskizze mit Veränderungen

Nordrichtung angeben, Distanzangaben in m

22 Legende



Probenahme-
fläche
mit Einmesspunkt und
Ausrichtung (Grad)



Probenahme-
linie
mit Einmesspunkt und
Ausrichtung (Grad)



Bodenprofil



Hangneigung (%)



Bohrprobe

● Orientierungspunkt :..... Koordinaten:

▲ Fixpunkte (Beschreibung): , Distanz zu Einmesspunkt (m) , Richtung (Grad):

Nr. 1,,

Nr. 2,,

Nr. 3,,

Fotografien:

23 Veränderungen der Nutzung Nutzung unverändert Nutzungsänderung, seit (Jahr):

aktuelle Nutzung (Klassifikation gemäss Protokoll "Probenahme" Nr. 41):

24 Veränderungen der Bodenbedeckung Bodenbedeckung unverändert Veränderungen beobachtbar:




Vegetation/Kultur:.....

Bedeckungsgrad (%):Humusauflage (cm):

25 Zusatzinformationen für das Wiederfinden (Veränderungen)**3 Probenahme und -transport****fett:** Mindestdaten**31 Skizze(n) mit Verteilung der Einzelproben für Gewinnung der Mischproben**

Nordrichtung angeben, Distanzangaben in m

32 Legende zur Skizze

<input checked="" type="radio"/> Einmesspunkt		Einstich	<input checked="" type="radio"/> Eckpunkte der Probenahme-Fläche/-linie
↑ Ausrichtung (Grad)		Bohrung	 Bodenprofil

33 Wetter während Probenahme trocken Regen Schneefall Temperatur: °C**34 Bodenzustand** trocken feucht nass gefroren**35 Sicherheitsmassnahmen** ja nein Getroffene Massnahmen:**36 Zusatzinformationen zur Probenahme****37 Proben-transport** ungekühlt gekühlt Dauer:.....Tag/e:..... Bemerkungen:

Zusatzprotokoll "Folgebeprobung"

Anhang 5-4

4 Proben

fett: Mindestdaten

41 Probenbezeichnung	42 Bodenhorizont	43 Probennahmetiefe Definition 0 cm: <input type="checkbox"/> mit <input type="checkbox"/> ohne Humus- auflage	44 ¹ Probenart	45 Anzahl Einzelproben	46 Probenah- megerät ² Durchmesser Probe (cm)	47 Verpackung ³	48 Bodenkenngrossen					49 Zustand	410 Zusatzinformationen	
							4 org. / min	5 Humusform	6 Humusgehalt	7 Kalk	8 Körnung			9 Skelett	10 Feuchte	11 Vollständigkeit

42 Legende

<p>1 FI = Flächenprobe, Li = Linienprobe, Pr = Profilprobe, Bo = Bohrprobe, Vo = Volumenprobe</p> <p>2 1 = Hohlmeissel, 2 = Edelmann, 3 = Riverside, 4 = Humax, 5 = andere (☞ 810 Zusatzinformationen)</p> <p>3 1 = Kunststoff, 2 = Alufolie, 3 = Glas, 4 = andere (☞ 810 Zusatzinformationen)</p> <p>4 m = mineralisch (<15 % Humus), o = organisch (>15 % Humus)</p> <p>5 1 = Mull, 2 = Moder, 3 = Rohhumus, 4 = Torf</p> <p>6 1 = humusarm (<2 %), 2 = schwach humos (bis 5 %), 3 = humos (bis 10 %) 4 = humusreich (bis 20 %), 5 = sehr humusreich (bis 30 %), 6 = organisch (>30 %)</p>	<p>7 0 = kein CaCO₃, +/- = nur im Skelett vorhanden, + = schwaches Aufbrausen, ++ = mittleres Aufbrausen, +++ = starkes Aufbrausen mit 10% HCl-Lösung</p> <p>8 S = Sand, uS = schluffiger Sand, lS = lehmiger Sand, IrS = lehmreicher Sand, sl = sandiger Lehm, L = Lehm, sU = sandiger Schluff, U = Schluff, IU = lehmiger Schluff, tU = toniger Schluff, tL = toniger Lehm, IT = lehmiger Ton, T = Ton</p> <p>9 skf = skelettfrei, ska = skelettarm (>5 %), sws = schwach skeletthaltig (<10 %), skh = skeletthaltig (<20 %), sts = stark skeletthaltig (<30 %), skr = skelettreich (<50 %), esk = extrem skelettreich (>50 %)</p> <p>10 1 = nass, 2 = sehr feucht, 3 = mässig feucht, 4 = schwach feucht, 5 = trocken</p> <p>11 1 = keine Verluste, 2 = Verlust ca. □, 3 = Verlust ca. □, 4 = Probe fällt heraus</p>
--	--

5 Datum und Unterschrift

fett: Mindestdaten

51 Datum und Unterschrift

Datum: Unterschrift:

1 Identifikation

fett: Mindestdaten

11 Projekt

Projekt: Standort/Parzelle:

Protokollführer/in: Datum:

12 Ort

vgl. zugehöriges Protokoll "Probenahme" (11)

Ort/Gemeinde: Kanton:.....

Flurname:

Koordinaten: Höhe (m.ü.M.): Landeskarten-Nr.:

13 Kontakte

vgl. zugehöriges Protokoll "Probenahme" (11)

Grundeigentümer/in:

Bewirtschafter/in:

2 Allgemeine Betriebsdaten

21 Produktionsform

biologisch

ökologischer Leistungsnachweis

konventionell

22 Zoneneinteilung

Ackerbauzone

erweiterte Übergangszone

Übergangszone

Hügelzone

Bergzone^{1 2 3 4} (Zutreffendes kennzeichnen)

23 bewirtschaftete Flächen (ha)

landwirtschaftliche Nutzfläche: düngbare Fläche: Ackerfläche:

24 Bewirtschafter/in

auf dem Betrieb tätig seit (Jahr): Frühere/r Bewirtschafter/in:

3 Landnutzung

31 Dauerwiesen/Weiden

Mähwiese

Weide

Mähweide

32 Ackerbau/Fruchtfolge

Kultur/en:

Jahr:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

33 Obstbau

Äpfel

Birnen

Zwetschgen

Kirschen

andere:

34 Gemüsebau

Frischgemüse

Konservengemüse

Kulturen:

.....

35 Rebbau

Dauer der Rebnutzung (Jahre):Alter der Rebstöcke (Jahre):

4 Nutztierbestand/betriebseigene Dünger

41 Düngergrossvieheinheiten (Anzahl DGVE)

DGVE Total: Schweine (MSP; ev. DGVE):

42 Nutztierbestand (Anzahl)

Schweine: Rindvieh: Pferde:

Wiederkäuer: Geflügel: andere:

43 Hofdünger-Vertrag

Typ: Menge/Jahr: Abgabe/Übernahme:

5 Betriebsfremde Dünger

51 Phosphorhaltige Mineraldünger

Superphosphat Triplesuperphosphat Rohphosphat Schlackenphosphat

andere (Produkt/Hersteller):

52 Recyclingdünger

Kompost: Menge/Jahr: Herkunft:

Klärschlamm: Menge/Jahr: Herkunft:

Andere: Menge/Jahr: Herkunft:

53 Zusatzinformationen

6 Einsatz von Pflanzenschutzmitteln

61 Art, Menge, Herkunft

Produktname (Menge/Jahr):

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

7 Datum und Unterschrift

fett: Mindestdaten

71 Datum und Unterschrift

Datum: Unterschrift:

.....

1 Identifikation

fett: Mindestdaten

11 Projekt	
Projekt:	Standort/Parzelle:
Protokollführer/in:	Datum:
12 Ort	
<input type="checkbox"/> vgl. zugehöriges Protokoll "Probenahme" (11)	
<input type="checkbox"/> Ort/Gemeinde:	<input type="checkbox"/> Kanton:
Flurname:	
Koordinaten: Höhe (m.ü.M.): Landeskarten-Nr.:	
13 Kontakte	
<input type="checkbox"/> vgl. zugehöriges Protokoll "Probenahme" (11)	
<input type="checkbox"/> Grundeigentümer/in:	
<input type="checkbox"/> Bewirtschafter/in:	
Förster/in:	

2 Betriebsdaten

21 Betriebsart			
<input type="checkbox"/> Hochwald	<input type="checkbox"/> Mittelwald	<input type="checkbox"/> Niederwald	
22 Betriebsform			
<input type="checkbox"/> Femelschlag	<input type="checkbox"/> Saumschlag	<input type="checkbox"/> Kahlschlag	<input type="checkbox"/> Plenterung

3 Bestandesdaten

31 Mischungsart des Bestandes	
<input type="checkbox"/> Nadelwald (91–100 % Nadelbäume)	<input type="checkbox"/> Nadelmischwald (51–90 % Nadelbäume)
<input type="checkbox"/> Laubmischwald (11–50 % Nadelbäume)	<input type="checkbox"/> Laubwald (0–10 % Nadelbäume)
32 Deckungsgrad des Bestandes	
Verhältnis der Kronenprojektionsfläche zur Gesamtfläche (%):	
33 Entwicklungsstufe	
Brusthöhendurchmesser der 100 stärksten Bäume pro ha (d_{dom}): .....cm	
<input type="checkbox"/> Jungwuchs ($d_{dom} < 12$ cm)	<input type="checkbox"/> Stangenholz ($d_{dom} = 12-30$ cm)
<input type="checkbox"/> schwaches Baumholz ($d_{dom} = 31-40$ cm)	<input type="checkbox"/> mittleres Baumholz ($d_{dom} = 41-50$ cm)
<input type="checkbox"/> starkes Baumholz ($d_{dom} > 50$ cm)	<input type="checkbox"/> gemischt (keine Entwicklungsstufe vorherrschend)
34 Bestandesstruktur	
<input type="checkbox"/> einschichtig	<input type="checkbox"/> stufig
<input type="checkbox"/> mehrschichtig (Angabe der Höhe der einzelnen Schichten):	
.....	
.....	
.....	
35 Oberhöhe	
Mittlere Höhe der 100 stärksten Bäume pro ha (h_{dom}):	
36 Bestandesalter	
Durchschnittliches Alter des Bestandes (Jahre):	
37 Zusatzinformationen	

4 Datum und Unterschrift

fett: Mindestdaten

41 Datum und Unterschrift	
Datum:	Unterschrift:

