

# Langfristige Waldökosystem- Forschung LWF, Kernprojekt Bodenmatrix: Aufnahmeanleitung zur ersten Erhebung 1994-1999

**Report**

**Author(s):**

Walthert, Lorenz; Lüscher, Peter; Luster, Jörg; Peter, Beat

**Publication date:**

2002

**Permanent link:**

<https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-004375470>

**Rights / license:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

# Langfristige Waldökosystem-Forschung LWF

## Kernprojekt Bodenmatrix

### Aufnahmeanleitung zur ersten Erhebung 1994–1999

Lorenz Walthert, Peter Lüscher, Jörg Luster, Beat Peter



**Langfristige Waldökosystem-Forschung LWF**

**Kernprojekt Bodenmatrix**

**Aufnahmeanleitung  
zur ersten Erhebung 1994–1999**

**Lorenz Walthert, Peter Lüscher, Jörg Luster, Beat Peter**

**Herausgeber**

Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, 2002

**Adresse der Autoren**

Eidgenössische Forschungsanstalt WSL  
Abteilung Bodenökologie  
Zürcherstrasse 111  
CH-8903 Birmensdorf  
<http://www.wsl.ch>

**Zitierung**

Walther, L.; Lüscher, P.; Luster, J.; Peter, B., 2002: Langfristige Waldökosystem-Forschung LWF. Kernprojekt Bodenmatrix. Aufnahmeanleitung zur ersten Erhebung 1994–1999. Ist auch in der ETH E-Collection als PDF-Dokument (1.7 MB) unter folgender URL publiziert: <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/show?type=bericht&nr=269>. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. 56 S. + Anhang

**Erhältlich bei**

Eidgenössische Forschungsanstalt WSL  
Bibliothek  
Zürcherstrasse 111  
CH-8903 Birmensdorf  
Fax: 01 739 22 15  
E-mail: [bibliothek@wsl.ch](mailto:bibliothek@wsl.ch)

**Datenarchiv**

Das auf CD-ROM gebrannte Datenarchiv ist bei den Autoren zu beziehen.

## **Vorwort**

Seit 1994 werden im Rahmen der Langfristigen Waldökosystem-Forschung LWF auf 17 Forschungsflächen die Ursache- Wirkungsbeziehungen zwischen den Umweltveränderungen und dem Ökosystem Wald untersucht. Dabei werden einerseits die wesentlichen Teile des Ökosystems (durch Erfassung der Wachstums- und Ernährungssituation der Bäume, der Waldvegetation, des Kronenzustandes, des Bodenzustandes sowie der Bodenlösung) und andererseits die wichtigsten Einflussfaktoren (Witterung, Immissionen, Stoffeinträge mit den Niederschlägen) erforscht.

Während einige Messparameter wie beispielsweise die Bodenlösung, die Deposition, die meteorologischen Parameter und zum Teil auch das Baumwachstum kontinuierlich erfasst werden, erfolgen andere Zustandserhebungen wie beispielsweise jene der Bodenfestsubstanz oder der Kronenverlichtung in zeitlichen Abständen von einigen Monaten bis zu maximal 10 Jahren.

Die in der vorliegenden Aufnahmeanleitung dokumentierten Methoden beziehen sich auf die Ersterhebung der Bodenfestsubstanz auf 16 LWF-Flächen. Die Erhebungen wurden in den Jahren 1994–1999 durchgeführt. Wir möchten an dieser Stelle allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung Bodenökologie danken, die zum erfolgreichen Abschluss der Bodenuntersuchungen beigetragen haben, insbesondere Bernhard Herbert, Rolf Lüscher, Benedikt Mooser und Micha Plüss.

Die LWF-Flächen sind Teil der insgesamt 862 Intensivbeobachtungsflächen des Internationalen Kooperationsprogrammes zur Erfassung und Überwachung der Auswirkungen der Luftverschmutzung auf Wälder der Europäischen Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen (ICP-Forests der UN-ECE).

Birmensdorf, im April 2002

Norbert Kräuchi, Leiter LWF-Projekt

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ziel und Umfang der Aufnahmeanleitung .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Ziel des LWF-Kernprojektes Bodenmatrix .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Konzept der Bodenuntersuchungen auf LWF-Flächen.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Bodenkartierung .....</b>	<b>9</b>
4.1	Übersicht.....	9
4.2	Vorgehen .....	9
4.2.1	Kartierschlüssel .....	9
4.2.2	Kartierraster .....	9
4.2.3	Erschliessung des Bodens und Kartierparameter .....	10
4.2.4	pH-Bestimmung .....	11
4.3	Bodenkarten .....	12
4.4	Photodokumentation.....	12
<b>5</b>	<b>Bodenprofile .....</b>	<b>13</b>
5.1	Anzahl und Lage .....	13
5.2	Aushub.....	13
5.3	Morphologische Bodenmerkmale .....	14
5.4	Profilbeprobung .....	15
5.4.1	Allgemeines .....	15
5.4.2	Bodenchemie (Einzelproben).....	16
5.4.3	Bodenphysik (Dichteproben) .....	17
5.5	Aufarbeitung der Proben .....	18
5.5.1	Bodenchemie (Einzelproben).....	18
5.5.2	Bodenphysik (Dichteproben) .....	20
5.6	Laboranalysen .....	20
5.6.1	Allgemeines .....	20
5.6.2	Chemische UN-ECE Parameter und Analysemethoden.....	20
5.6.3	Physikalische Parameter und Analysemethoden.....	22
5.7	Labornummern.....	23
5.8	Photodokumentation.....	23
<b>6</b>	<b>Monitoring der Bodenmatrix .....</b>	<b>24</b>
6.1	Gliederung und Einmessung der IM-Fläche.....	24
6.2	Chemische und physikalische Monitoringparameter .....	25
6.3	Beprobung der IM-Fläche .....	25
6.3.1	Allgemeines .....	25
6.3.2	Beprobungsschema, Probenarten und -anzahl .....	27
6.3.3	Arbeitsschritte der Beprobung .....	29
6.4	Aufarbeitung der Proben .....	31
6.4.1	Allgemeines .....	31
6.4.2	Mischproben aus organischen Auflagehorizonten .....	31
6.4.3	Mischproben aus Mineralerde.....	31
6.4.4	Einzelproben aus org. Auflagehorizonten und Mineralerde .....	32
6.5	Laboranalysen .....	32
6.5.1	Allgemeines .....	32
6.5.2	Chemische UN-ECE-Parameter und Analysemethoden .....	32
6.5.3	Physikalische Parameter und Analysemethoden.....	33
6.6	Labornummern.....	33
6.7	Photodokumentation.....	33

<b>7</b>	<b>Qualitätskontrolle .....</b>	<b>34</b>
7.1	Bodenkartierung.....	34
7.1.1	Genauigkeit .....	34
7.1.2	Wiederholbarkeit .....	34
7.2	Bodenprofile und Monitoring der Bodenmatrix .....	35
7.2.1	Einrichtung.....	35
7.2.2	Beprobung der Intensivmonitoring-Fläche .....	35
7.2.3	Ansprache der Bodenprofile .....	36
7.2.4	Beprobung der Bodenprofile.....	36
7.2.5	Zwischenlagerung und Aufarbeitung der Proben.....	36
7.2.6	Analyse physikalische Parameter .....	36
7.2.7	Analyse chemische Parameter.....	36
<b>8</b>	<b>Datenarchivierung .....</b>	<b>50</b>
8.1	Organisation der Datenarchivierung .....	50
8.2	Papierarchiv .....	50
8.3	CD-Rom Archiv .....	51
8.3.1	Aufnahmeanleitung .....	52
8.3.2	Daten LWF-Bodenmatrix .....	54
8.3.3	Datenreproduzierbarkeit .....	56

## Anhang

A1	Übersicht Feldarbeit
A2	Feldmaterial und Lieferanten
A3	Bodenkartierung
A4	Bodenprofile
A5	Monitoring Bodenmatrix
A6	Laborvorschriften Bodenmatrix
A7	Datenreproduzierbarkeit
A8	Literaturverzeichnis
A9	CD-Datenarchiv

# 1 Ziel und Umfang der Aufnahmeanleitung

Die vorliegende Aufnahmeanleitung bezieht sich auf das WSL-Projekt 6.95.936, „Kartierung, Erhebung und Analyse der Böden auf LWF-Flächen“ (LWF-Kernprojekt Bodenmatrix). In der Aufnahmeanleitung werden die Methoden der LWF-Bodenuntersuchungen im Rahmen der Erstbeprobung (1994–1999) beschrieben. Alle Arbeitsabläufe, sowohl im Wald als auch im Labor, werden lückenlos dokumentiert. Damit sollte es möglich sein, zu gegebener Zeit eine Folgebeprobung nach exakt demselben Vorgehen wie bei der Erstbeprobung zu realisieren. Gerade in so langfristigen Monitoringprojekten wie dem LWF müssen die Methoden sehr genau und nachvollziehbar dokumentiert werden.

Auf einigen LWF-Flächen wird zusätzlich zur Bodenmatrix das Bodenwasser untersucht. Diese Untersuchungen ergänzen die Erhebungen zur Bodenmatrix und geben einen vertieften Einblick in die im Boden ablaufenden Prozesse. Im Gegensatz zur Bodenmatrix wird hier ein Monitoring mit zeitlich hoher Auflösung betrieben. Die Methoden des Bodenwassermonitorings werden zu einem späteren Zeitpunkt separat publiziert.

Nach einer kurzen Einführung über Ziel und Konzept der Bodenuntersuchungen im LWF-Projekt (Kapitel 2 und 3) werden in den Kapiteln 4 bis 6 die Methoden dokumentiert. Um eine bessere Übersichtlichkeit und Nachvollziehbarkeit zu erreichen, werden die Methoden getrennt nach den Themen Bodenkartierung, Bodenprofile und Bodenmonitoring vorgestellt. Das Kapitel 7 ist der Qualitätskontrolle gewidmet. Hier liegt das Schwergewicht bei den chemischen Analysen. Im Kapitel 8 wird auf die Datenarchivierung eingegangen. Der Umfang der vorhandenen methodischen Informationen, insbesondere jener zu den Feldarbeiten auf den 16 LWF-Flächen, sprengt den Rahmen dieser Aufnahmeanleitung. Daher wurde eine CD mit allen für eine Folgebeprobung nötigen Beprobungsprotokollen und –kommentaren erstellt. Diese CD ist integraler Bestandteil der Aufnahmeanleitung.

## 2 Ziel des LWF-Kernprojektes Bodenmatrix

Das Kernprojekt verfolgt das Ziel, den chemischen und physikalischen Zustand der Bodenfests substanz (Bodenmatrix) auf allen LWF-Flächen zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Flächen zu erfassen und zu beschreiben. Bei der Bodenerfassung handelt es sich um eine Erstinventur im Rahmen des langfristigen Monitorings. Mit den Daten der Erstinventur können erste Abschätzungen zur Sensitivität der Böden auf den LWF-Flächen gegenüber verschiedenen Umwelteinflüssen gemacht werden. Mit Folgeinventuren werden allfällige Veränderungen des Bodens erfasst. Solche Veränderungen geben Hinweise auf die künftige Bodenentwicklung und allfällige damit verbundene Risiken.

Das Projekt stellt Grundlagedaten für weitere auf den LWF-Flächen laufende Untersuchungen bereit.

Mit dem Projekt werden internationale Verträge erfüllt, welche die Schweiz bezüglich Umweltmonitoring abgeschlossen hat. Massgebend für das Vorgehen und die Methodik im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix ist das Manual for Integrated Monitoring der United Nations Economic Commission for Europe (UN-ECE, 1993).

## 3 Konzept der Bodenuntersuchungen auf LWF-Flächen

Die Abbildung 1 zeigt beispielhaft die räumliche Gliederung und Flächenorganisation einer LWF-Fläche.

Eine **Bodenkartierung** auf einem Raster von 15 bis 30 m Punktabstand gibt einen Überblick über die Bodenverhältnisse auf der LWF-Fläche. Der Boden wird mit Hilfe von Bohrkernen ( $\varnothing$  2.8-8 cm) oder Profilschlitzern erschlossen.

Ausserhalb der LWF-Fläche werden, entsprechend den in der Kartierung auftretenden Bodenverhältnissen, **Bodenprofile** ausgehoben. Hier erfolgen der detaillierte Beschrieb des Bodens sowie die Beprobung bis hinunter auf das unverwitterte Ausgangsmaterial.

Das **Monitoring der Bodenmatrix** erfolgt auf der Intensivmonitoring-Fläche. Diese Teilfläche liegt innerhalb der LWF-Fläche. Der Boden soll hier in regelmässigen Intervallen von 10-15 Jahren beprobt und auf allfällige Veränderungen hin untersucht werden.

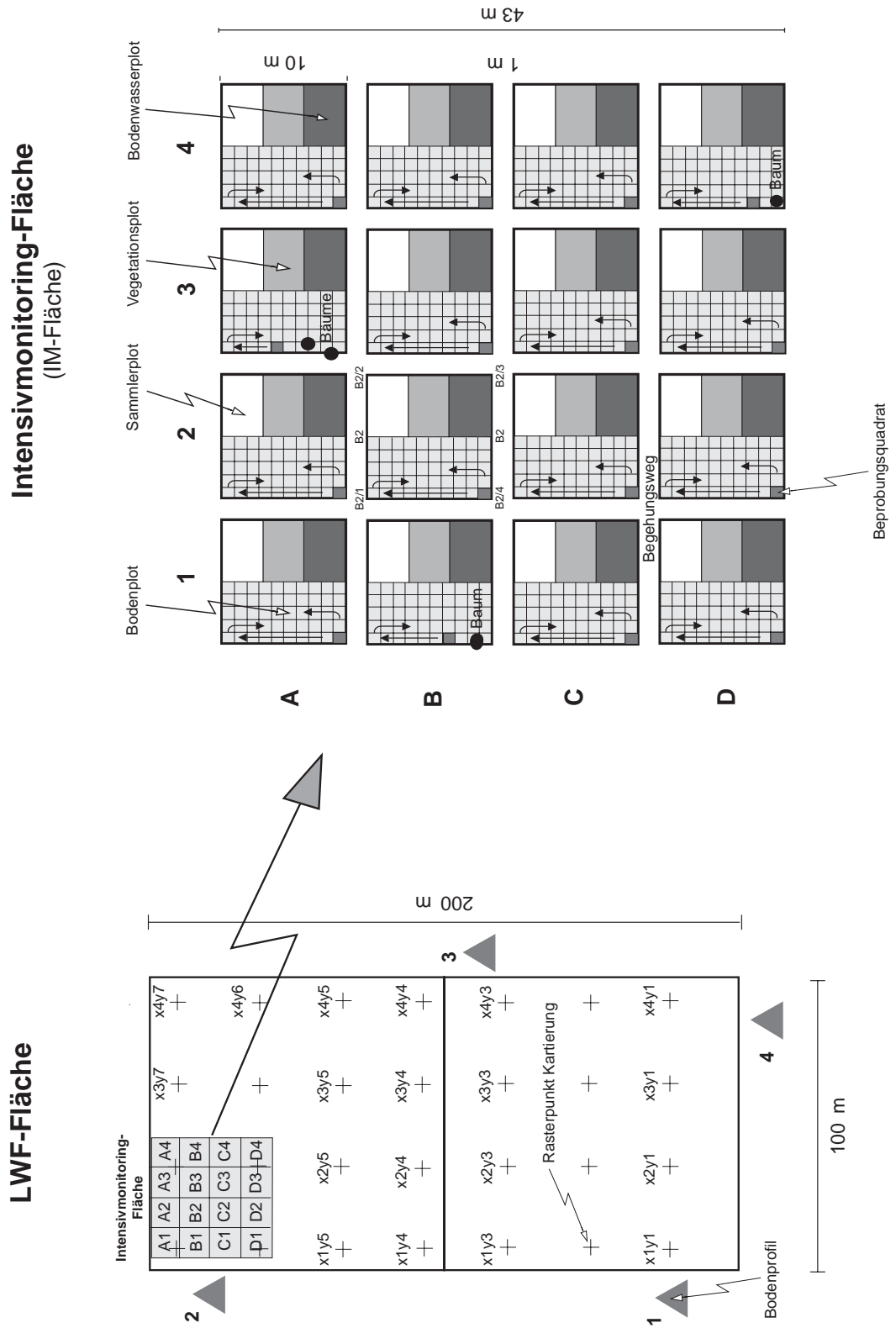


Abbildung 1: Flächenorganisation auf einer LWF-Fläche.

## 4 Bodenkartierung

### 4.1 Übersicht

Die Bodenansprachen erfolgen auf einem starren Raster, welches über die Untersuchungsfläche gelegt wird. An den Rasterpunkten werden Bohrkerne entnommen und bodenkundlich beschrieben. Auf skelettreichen Böden werden Bodenschlitze geöffnet. Die Bodenansprache wird mit einem flächenspezifischen Kartierschlüssel standardisiert. Auf LWF-Flächen mit grosser Variabilität der Bodenbildungsfaktoren und damit auch des Bodens wird mit der Rasterkartierung das Spektrum der Böden in der Regel nicht vollständig erfasst. Hier sind zusätzliche Kartierungspunkte abseits des Rasters nötig.

Um den Aufwand im Rahmen zu halten, wird auf eine flächige Kartierung verzichtet. Es können also keine scharfen Grenzen unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit angegeben werden. Immerhin sind aber mit den vorliegenden, auf dem Raster basierenden Bodenkarten die Zonen mit unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit erkennbar. Die Bodenkarten sind als Inventar des Bodens zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme einer LWF-Fläche zu interpretieren.

### 4.2 Vorgehen

#### 4.2.1 Kartierschlüssel

Um den Boden auf der gesamten LWF-Fläche objektiv und nachvollziehbar ansprechen zu können, wird vor der Kartierung ein Kartierschlüssel erstellt. Im Randbereich knapp ausserhalb der LWF-Fläche - an Stellen mit unterschiedlichen Bodenbildungsfaktoren (v.a. Relief und Geologie) und demnach auch unterschiedlichen Bodeneigenschaften - werden Schlitze gegraben und Proben in Tiefenintervallen von 5-10 cm (im Oberboden) bzw. 20-30 cm (im Unterboden) bis auf das Ausgangsmaterial hinunter entnommen. Die Proben werden im Büro ausgelegt und miteinander verglichen. Bei der Festlegung der Horizonte ist die Munsell-Farbe (Standard Soil Color charts, 1994) der differenzierende Parameter. Für die Farbbestimmung müssen die Bodenproben feucht sein. Neben der Farbe spielen bei der Horizontbezeichnung aber auch Vernässungsmerkmale eine Rolle. Zusätzlich zur umfassenden und abschliessenden Auflistung der möglichen Horizontbezeichnungen enthält der Kartierschlüssel eine Anzahl Codes, mit denen verschiedene Bodenmerkmale beschrieben werden. Der Kartierschlüssel wird bewusst einfach gehalten (z.B. Skelettgehalt nur in 3 Klassen abgestuft), um die Nachvollziehbarkeit der Kartierung zu gewährleisten. Ein Beispiel eines Kartierschlüssels befindet sich im Anhang 32. Über die Archivierung der Kartierschlüssel der 16 LWF-Flächen orientiert das Kapitel 8.

#### 4.2.2 Kartierraster

Vorbemerkung: Die Distanzen im Wald wurden ohne Neigungskorrektur gemessen. Alle hier gemachten Distanzangaben beziehen sich auf oberflächenparallele Koordinaten. Winkelangaben erfolgen in Neugrad (Gon [400 Gon = 360 °]).

Der Abstand zwischen den Rasterpunkten ist flächenspezifisch, beträgt in der Regel aber 20-30 m. Kann die Bodenvariabilität auf der Fläche mit dem starren Raster nicht

ausreichend erfasst werden, sind zusätzliche Kartierungspunkte abseits des Rasters nötig. Solche Punkte lassen sich häufig an der Zusammensetzung der Krautschicht oder am Relief erkennen.

Die Rasterpunkte werden mittels Kompass und Messband eingemessen (geschätzte Genauigkeit  $\pm 1$  m). Zunächst werden Länge und Breite der Fläche als Schrägdistanz gemessen und in Abhängigkeit davon der Rasterpunktabstand gewählt. Ausgehend von den Eckpunkten der LWF-Fläche werden mit Jalons die Rasterpunkte an beiden Breitseiten der Fläche ausgesteckt. Nun werden zwischen diesen Punkten mit weiteren Jalons Linien der Längsseite nach eingefluchtet und die Rasterpunkte mit einem Messband eingemessen. Die Lage eines Rasterpunktes muss verschoben werden, wenn:

- die Bodenoberfläche gestört oder sehr unregelmässig ist
- Hindernisse eine Bodenansprache verunmöglichen (Wurzelstock, Fels, Strauch)
- der Abstand eines Rasterpunktes zu einem Baum mit  $BHD > 20$  cm weniger als 1.5 m beträgt

Der verschobene Kartierpunkt darf höchstens 5 m vom eigentlichen Rasterpunkt entfernt sein. Richtung (Kompasspeilung mit ca.  $\pm 2.5$  Gon Genauigkeit) und Distanz (ca.  $\pm 0.1$  m Genauigkeit) der Verschiebung werden festgehalten. Die Verschiebung wird vom verschobenen (kartierten) Punkt aus gemessen, d. h. der ursprüngliche Punkt des starren Rasters kann aufgefunden werden, indem man sich von der kartierten Stelle aus um die angegebene Distanz in die angegebene Richtung verschiebt. Angaben betreffend Verschiebung befinden sich auf dem Kartierprotokoll unter der Rubrik „Bemerkungen“ (s. Anhang 33). Die ungefähre Lage und Bezeichnung jedes Kartierpunktes wird auf eine Handskizze eingezeichnet und im Büro in eine Graphik (Programm: Claris-draw) übertragen. Für die Bezeichnung der Kartierpunkte gelten folgende Regeln:

- die Achsen werden mit X und Y bezeichnet
- im steilen Gelände wird die Achse parallel zur Falllinie mit Y bezeichnet. Im flachen Gelände ist die Bezeichnung der Achsen willkürlich
- im steilen Gelände erhält der erste Kartierpunkt im Bereich der linken (von unten gesehen), unteren Ecke der LWF-Fläche die Koordinate X1Y1. Im flachen Gelände ist diese Wahl willkürlich

Ein Beispiel eines digitalen Kartierrasters ist im Anhang 31 abgebildet. Über die Archivierung der Kartierraster der 16 LWF-Flächen orientiert das Kapitel 8.

Die Kartierpunkte werden mit einer Standetikette markiert. Sie wird mit der Koordinate und der allfälligen Verschiebung beschriftet. Die Standetiketten dienen dem Einmessen der Kartierpunkte mit dem Theodolit.

Die Kartierraster aller LWF-Flächen wurden nach der Bodenkartierung mit dem Theodolit eingemessen. Zur Zeit sind diese georeferenzierten Raster jedoch noch nicht als digitale Karten verfügbar. Dies wird ab 2002 der Fall sein.

### **4.2.3 Erschliessung des Bodens und Kartierparameter**

#### Erschliessung des Bodens

Der Boden wird mit unterschiedlichen Geräten erschlossen. Wenn der Skelettanteil des Bodens es zulässt, wird mit dem Rahmenbohrer gebohrt. Ansonsten wird auf den Pürkhauer oder auf Bodenschlitze (Pickel) ausgewichen. Die Erschliessungstiefe variiert von Fläche zu Fläche zwischen 0.4 und 3.0 m. Sie ist abhängig von der Tiefe des

Ausgangsgesteins, dem Skelettgehalt und vom verwendeten Bohrgerät. Um die Bodenansprache zu erleichtern, werden die Bohrkerne in Holzkänel gelegt. Bei jedem Kartierpunkt werden Proben zur pH-Bestimmung (erfolgt im Labor) entnommen. Nach Abschluss der Bodenansprache und Entnahme der Bodenproben wird das gesamte Erdmaterial wieder ins Bohrloch zurückgeschüttet.

### Kartierparameter

An jedem Kartierpunkt wird der Boden gemäss Kartierschlüssel angesprochen. Art und Anzahl der in der Kartierung erfassten Bodenparameter richten sich nach der Bodenbeschaffenheit und dem eingesetzten Gerät (Pürkhauer, Rahmenbohrer, Pickel). Das verwendete Gerät kann die Zahl der Parameter einschränken. So ist es beispielsweise nicht möglich, den Skelettgehalt zu bestimmen, wenn der Boden mit einem Rahmenbohrer erschlossen wurde. Folgende Parameter kommen für die Kartierung in Frage:

- Humusform
- Bodentyp
- Geologie
- Horizontierung (Horizontabfolge)
- Horizontmächtigkeit
- Bodenfarbe (Munsell)
- Skelettgehalt
- Textur der Feinerde
- Tiefe der Kalkgrenze
- Lagerungsdichte
- Vernässungsmerkmale
- pH (Labormessung)

Die am Kartierpunkt angesprochenen Bodenparameter werden in einem Kartierprotokoll festgehalten. Ein Beispiel eines Kartierprotokolls befindet sich im Anhang 33. Die Kartierprotokolle der 16 LWF-Flächen sind nur auf Papier verfügbar. Sie werden im Papierarchiv (s. Kapitel 8) aufbewahrt.

#### **4.2.4 pH-Bestimmung**

Die Tiefe der pH-Beprobung richtet sich nach den genetischen Horizonten und ist demnach von LWF-Fläche zu LWF-Fläche unterschiedlich (häufig erfasste Tiefen: organische Auflage; 5-10 cm; 30-40 cm; 60-80 cm; 140-150 cm).

Um Kosten und Zeit zu sparen, werden:

- nur carbonatfreie Horizonte beprobt
- ausschliesslich pH-Messungen mit 0.1 M CaCl<sub>2</sub> gemacht (kein pH-H<sub>2</sub>O)
- die Messungen mit feldfrischem Boden durchgeführt

Ein hoher Tonanteil kann das exakte Einwägen verunmöglichen (Material klumpt). In diesem Fall werden die Proben vor der pH-Messung bis zur Gewichtskonstanz bei 60 °C getrocknet und auf 2 mm gesiebt.

Das Massenverhältnis Feinerde zu 0.1 M CaCl<sub>2</sub> beträgt 1:5. Die Proben werden kurz aufgeschüttelt und mit einer Hamilton-Elektrode bei pH-Konstanz gemessen. Pro Probe wird der pH zweimal bestimmt. Über die Archivierung der pH-Daten der 16 LWF-Flächen orientiert das Kapitel 8.

### 4.3 Bodenkarten

Zur Visualisierung der Ergebnisse der Bodenkartierung werden farbige Bodenkarten erstellt. Mögliche Parameter für die Bodenkarte sind:

- Mächtigkeit F-/H-Horizonte
- Mächtigkeit F-/H-/A<sub>hh</sub>-Horizonte
- pH CaCl<sub>2</sub> in verschiedenen Tiefen
- Skelettgehalt
- Skelettgrösse
- Hydromorphie
- Lagerungsdichte
- Tiefe der Kalkgrenze
- Mächtigkeit ausgewählter Horizonte
- Bodentyp
- Gründigkeit
- Vegetation im Bereich der Kartierungspunkte

Zur Vereinheitlichung der Datendarstellung und zwecks Vergleichbarkeit der Bodenmerkmale auf den LWF-Flächen wurde für jede LWF-Fläche ein Farbschlüssel definiert, in dem bestimmte Ausprägungen von Bodenmerkmalen durch bestimmte Farben (Farbcodes) ausgedrückt werden. Ein Beispiel eines Farbschlüssels ist im Anhang 34 aufgeführt. Unter Einhaltung der Vorgaben des Farbschlüssels wurden die kartierten Bodenparameter in einer Datentabelle in codierter Form (Farbcodes) zusammengestellt. Anhand der Datentabelle wurden anschliessend die Bodenkarten erstellt. Die Karten wurden mit ArcView generiert und sind als Illustrator 9.0-eps-Files verfügbar. Im Anhang 36 befindet sich ein Beispiel einer Bodenkarte. Die verwendete Farbskala ist im Anhang 35 definiert. Dort ist der Zusammenhang zwischen Farbcode und Farbgebung (CMY(K): Cyan, Magenta, Yellow, (Black)) ersichtlich.

Über die Archivierung der Kartierungsdaten, Farbschlüssel und Bodenkarten der 16 LWF-Flächen orientiert das Kapitel 8.

### 4.4 Photodokumentation

Sämtliche Arbeitsschritte der Bodenkartierung sind photographisch dokumentiert. Die Bilder werden im Papierarchiv (s. Kapitel 8) aufbewahrt.

## 5 Bodenprofile

### 5.1 Anzahl und Lage

Die Bodenprofile sollen das Spektrum der Böden auf einer LWF-Fläche dokumentieren. Die Zahl der Bodenprofile hängt damit von der Variabilität des Bodens auf einer LWF-Fläche ab. Die Lage der Bodenprofile richtet sich nach den Ergebnissen der Bodenkartierung. Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Anzahl der auf den LWF-Flächen vorhandenen Bodenprofile. Im Anhang 41 ist beispielhaft eine Karte mit der Lage der Bodenprofile einer LWF-Fläche abgebildet. Über die Archivierung der Karten aller 16 LWF-Flächen orientiert das Kapitel 8.

Tabelle 1: Übersicht der Bodenprofile und IM-Flächen.

LWF-Flächen	Bodenprofile				IM-Fläche		Bebrobungs-jahr
	Anzahl	Aufnahme-protokoll	Beprobung	Laboranalysen	Beprobung	maximale Probenahmetiefe	
Alptal	4	1,2,3,4	1,4	1,4	x	20	1998
Beatenberg	2	1,2	1,2	1,2	x	40	1997
Bettlachstock	1	1	1	1	x	40	1998
Celerina	4	1,3,4	1,3,4	1,4	-	-	1996
Chironico	2	1,2	1,2	1,2	-	-	1998
Isonne	1	1	1	1	x	40	1998
Jussy A (west)	2	1,2	1,2	1,2	x	80	1995
Jussy B (ost)	1	3	3	3	-	-	1995
Lausanne	4	1,2,3,4	2,4	2,4	x	80	1995 (1994)
Lens	3	1,2,3	1,3	1,3	x	40	1996
Nationalpark	1	1	1	1	x	40	1997
Neunkirch	3	1,2,3	1,3	1	x	40	1997
Novaggio	2	1,2	1,2	1,2	x	40	1997
Othmarsingen (süd)	3	1,4,5	1,4	1,4	x	80	1998 (1994)
Schänis	1	1	1	1	x	80	1998
Visp	1	1	1	1	x	40	1997
Vorderwald	2	1,2	1,2	1,2	x	80	1996

### 5.2 Aushub

Die Profilstirnseite ist im flachen Gelände gegen Süden orientiert, am Hang gegen das Tal. Die Profile werden von Hand ausgehoben. Der Aushub wird getrennt nach Oberboden und Unterboden aufgehäuft. Die Abmessungen der Profile sind so zu wählen, dass genügend Platz für die Ansprache und die Beprobung der Profile bis hinunter auf das unverwitterte Ausgangsmaterial zur Verfügung steht. Es soll ein genügend grosser Abstand zwischen Profilwand und nächstgelegenen Baum oder Hindernis einge-

halten werden, damit eine mehrmalige Beprobung des Profiles sichergestellt ist. Die Bodenoberfläche im Bereich der Profilstirnseite darf nicht betreten werden, um eine allfällig vorhandene organische Auflage nicht zu stören und den Boden nicht zu verdichten. Die Profile werden zum Schutz von Mensch und Tier mit Holzplatten abgesperrt. In flachem Gelände werden sie zusätzlich mit Holzbrettern abgedeckt. Der zu beprobende Bodenbereich bei der stirnseitigen Profilwand bleibt dabei ungedeckt.

### 5.3 Morphologische Bodenmerkmale

Die Merkmalsansprache der Bodenprofile erfolgt einerseits mit dem Aufnahmeprotokoll der Abteilung Bodenökologie WSL (s. Anhang 43), andererseits nach dem flächenspezifischen Kartierschlüssel (s. Anhang 32). Neben einer Profilskizze, welche mit den Signaturen der Professur für Bodenphysik der ETH Zürich (Richard et al., 1978-1987) angefertigt wird, umfasst das Aufnahmeprotokoll die folgenden Merkmale:

- Horizontmächtigkeit
- Art der organischen Auflage
- geologisches Ausgangsmaterial
- Skelettgehalt
- Skelettgrösse
- Textur
- Bodenstruktur
- Makroporen
- Risse/Hohlräume
- Lagerungsdichte
- Hydromorphie
- Bodenfeuchtigkeit
- Humusgehalt
- Wurmtätigkeit
- pH-Hellige
- Carbonat Skelett
- Carbonat Feinerde
- Carbonatausscheidungen
- Kalkgrenze
- Mächtigkeit Haupt-/Nebenwurzelraum
- Durchwurzelungstiefe
- Wurzeldicke und Bewurzelungsdichte
- Baumart
- Bodenfarbe (Munsell)

Sämtliche Bodenmerkmale werden horizontweise erfasst und codiert protokolliert (s. Anhang 43). Mit Hilfe der angesprochenen Merkmale werden schliesslich Humusform und Bodentyp bestimmt. Zusätzlich zum Profilbescrieb mittels Aufnahmeprotokoll erfolgt ein Beschrieb mit dem flächenspezifischen Kartierschlüssel. Dadurch wird ein Vergleich der Bodenprofile mit den in der Kartierung angesprochenen Bohrkernen möglich. Der Vergleich zeigt, ob und inwieweit die in den Profilen erfassten chemischen und physikalischen Bodenkennwerte auf die LWF-Fläche extrapoliert werden können. Tabelle 1 zeigt, von welchen Bodenprofilen ein Aufnahmeprotokoll vorhanden ist.

## 5.4 Profilbeprobung

### 5.4.1 Allgemeines

Die Bodenprofile wurden zum gleichen Zeitpunkt wie die Intensivmonitoring-Fläche beprobt. Eine Folgebeprobung der Profile zwecks Monitoring ist nicht vorgesehen. Die Tabelle 1 orientiert über das Datum der Bodenbeprobung.

Eine Liste des für die Beprobung der Profile benötigten Materials ist im Anhang 21 beigelegt.

Aus Gründen des Arbeitsaufwandes wurden nicht alle Bodenprofile beprobt (s. Tabelle 1). Die zu beprobenden Profile wurden so ausgewählt, dass jeweils ein Profil den Boden der Intensivmonitoring-Fläche repräsentiert. Allfällige weitere Profile sind repräsentativ für die Extreme der bei der Kartierung erfassten Bodeneigenschaften.

Die Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die Beprobung der Bodenprofile und der Intensivmonitoring-Fläche. Der Bodenbeschaffenheit entsprechend wird zwischen zwei Beprobungsfällen unterschieden. Die Bodenprofile werden, je nach Fall, unterschiedlich beprobt:

- **Fall A:** Gilt für LWF-Flächen mit “normalen” Böden ohne übermässigen Skeletthalt (< 50 %) und ohne scharf verlaufende Horizontgrenzen. Hier werden sowohl die Bodenprofile als auch die Intensivmonitoring-Fläche beprobt. Der Fall A trifft für die Mehrzahl der LWF-Flächen zu.
- **Fall B:** Gilt für LWF-Flächen mit extrem skelettreichen Böden und/oder scharf aber unregelmässig verlaufenden Horizontgrenzen. Hier werden nur die Bodenprofile beprobt. Die Beprobung auf der Intensivmonitoring-Fläche entfällt. Ob das Monitoring mit einer Folgebeprobung der Profile realisiert werden soll, muss anlässlich der Folgebeprobung entschieden werden. Der Fall B trifft nur für die LWF-Flächen Chironico und Celerina zu.

Für jede LWF-Fläche wurde ein Kommentar zur Beprobung verfasst. Er enthält neben Angaben wie Beprobungsdatum und Phänologie der Pflanzen auch Hinweise zu flächenspezifischen Besonderheiten bei der Beprobung (s. Kapitel 8). Im Anhang 42 ist ein Beprobungskommentar als Beispiel beigelegt.

Tabelle 2: Übersicht der Bodenbeprobung.

Probenart		Einzelproben			Mischproben	Dichteproben		
Beprobte Horizonte/Tiefenstufen		L-, F-, H- Horizonte 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, (60-80) cm	nach Horizonten tiefer als 40 (80) cm	nach Horizonten ganzes Profil	L-, F-, H- Horizonte 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, (60-80) cm	0-5, 5-10, 10-20, 25-35, (65-75) cm	nach Horizonten tiefer als 40 (80) cm	nach Horizonten ganzes Profil
Fall A	<b>Bodenprofile</b>							
	Beprobung	X	X	-	-	X	X	-
	Analyse	X	X	-	-	X	X	-
	Pedothek	X	X	-	-	-	-	-
	<b>Intensivmonitoring-Fläche</b>							
	Beprobung	X	-	-	X	-	-	-
	Analyse	-	-	-	X	-	-	-
Pedothek	X	-	-	X	-	-	-	
Fall B	<b>Bodenprofile</b>							
	Beprobung	-	-	X	-	-	-	X
	Analyse	-	-	X	-	-	-	X
	Pedothek	-	-	X	-	-	-	-
Legende:		X	ja					
		(.....)	teilweise					
		-	nein					

#### 5.4.2 Bodenchemie (Einzelproben)

##### Beprobung im Fall A

Die Einzelproben werden bis in 40 (80) cm Tiefe analog zur Intensivmonitoring-Fläche entnommen: Die Beprobung der organischen Auflage erfolgt nach genetischen Horizonten, die Mineralerde wird nach fixen Tiefenstufen beprobt. Unterhalb 40 (80) cm wird nach genetischen Horizonten beprobt. Die Beprobung umfasst somit die folgenden Horizonte und Tiefenstufen:

- **Organische Auflage (L+F- / H-Horizont):** Der L- und F-Horizont wird immer zusammen beprobt (vereinigt). Ist die Mächtigkeit des H-Horizontes geringer als 1 cm, wird er mit dem L+F-Horizont vereinigt.
- **Mineralerde bis 40 (80) cm:** 0-5 / 5-10 / 10-20 / 20-40 / (60-80) cm. Die Proben werden aus der Profilwand entnommen. Es soll dabei die gesamte Tiefenstufe auf der ganzen Profilwandbreite beprobt werden. Wird die Intensivmonitoring-Fläche nur bis 40 cm Tiefe beprobt, entfällt die Tiefenstufe von 60-80 cm auch im Bodenprofil.

- **Mineralerde unterhalb 40 (80) cm:** Sie wird nach genetischen Horizonten, wenn möglich bis auf das Ausgangsmaterial hinunter, beprobt. Die Proben sind in Bändern von 10 cm Mächtigkeit (vertikal gemessen) aus der Stirnseite des Profiles über die gesamte Profilwandbreite zu entnehmen, und zwar jeweils aus der Horizontmitte. Horizonte mit grosser Mächtigkeit sind mehrfach zu beproben. Der Abstand zwischen zwei Probenahmestellen soll in vertikaler Richtung 0.5 m nicht überschreiten. Wird die Intensivmonitoring-Fläche nur bis 40 cm Tiefe beprobt, erfolgt die Beprobung nach genetischen Horizonten bereits ab 40 cm Tiefe.

Das Probenvolumen beträgt 2-3 dm<sup>3</sup>, und zwar für Proben sowohl aus der organischen Auflage als auch aus der Mineralerde. Grössere Steine sind beim Abfüllen der Erde in die Plastiksäcke aus der Probe zu entfernen. Aus dem untersten Horizont (Ausgangsmaterial) werden der Probe einige Steine (Handstücke) beigelegt, wobei möglichst alle dort vorhandenen Gesteinstypen vertreten sein sollen. Die Plastiksäcke sind mit der Labornummer zu beschriften. Ein Doppel der Beschriftung auf Papier wird im Sack beigelegt. Angaben zur Labornummerierung befinden sich im Anhang 44.

#### Beprobung im Fall B

Grundsätzlich gelten hier die unter Fall A gemachten Angaben. Es gilt aber folgendes zu beachten: Die Profile sind profilumfassend nach genetischen Horizonten zu beproben, wenn möglich unter Einhaltung der im Fall A vorgegebenen Tiefenstufen (0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 60-80 cm).

#### **5.4.3 Bodenphysik (Dichteproben)**

Die **Textur** wird von allen aus dem Bodenprofil entnommenen Einzelproben bestimmt. Im Profil werden keine separaten Texturproben entnommen.

Zur Ermittlung der **Trockenraumdichte** werden Dichteproben aus folgenden Tiefenstufen entnommen:

**Fall A:** 0-5, 5-10, 10-20, 25-35, (65-75) cm. Ab 40 (80) cm werden all jene Horizonte beprobt, wo auch Einzelproben entnommen werden. Für die Beprobung der Tiefenstufen von 5 cm Mächtigkeit werden Stahlzylinder von 458 cm<sup>3</sup>, für diejenigen von 10 cm Mächtigkeit Burgerzylinder mit 1000 cm<sup>3</sup> Volumen eingesetzt. Der Inhalt der drei Zylinder einer Tiefenstufe wird jeweils in einem Plastiksack vereinigt. Die Plastiksäcke sind mit der Probennummer zu beschriften. Ein Doppel der Beschriftung auf Papier wird dem Sack beigelegt. In skelettreichen Bodenpartien können die Dichteproben nicht mit den Zylindern entnommen werden. Hier wird mit Volumenersatzproben gearbeitet. Dabei wird in dem zu beprobenden Horizont eine Mulde von rund 4000 cm<sup>3</sup> Volumen gegraben. Der Aushub der Mulde wird in einen Plastiksack gegeben. Der Sack ist zu beschriften. Nun werden die Mulden gestrichen mit Quarzsand gefüllt und das Volumen des dabei verbrauchten Quarzsandes notiert. Aus dem Probengewicht und dem Volumen des Quarzsandes wird später die Trockenraumdichte des Bodens berechnet.

**Fall B:** Es gelten die Angaben unter Fall A. Es ist aber zu beachten, dass fixe Tiefenstufen entfallen und die Dichteproben somit aus denselben Horizontbereichen (Tiefen) zu entnehmen sind, wo die Einzelproben herkommen.

## 5.5 Aufarbeitung der Proben

### 5.5.1 Bodenchemie (Einzelproben)

Die Einzelproben werden bis zu ihrer Aufarbeitung bei 3 °C im Kühlraum gelagert. Anschliessend werden sowohl die organischen als auch die mineralischen Proben in Aluschalen bis zur Gewichtskonstanz bei 35-40 °C im Ofen getrocknet, und zwar innerhalb einer Zeitspanne von maximal zehn Tagen nach der Beprobung.

Die Gewichtskonstanz wird durch stichprobeweises Wägen von einzelnen Aluschalen kontrolliert. Sie gilt als erreicht, wenn die Gewichtsreduktion der Proben im Trockenschrank innerhalb von 6 Stunden weniger als 0.5 % beträgt. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, müssen die Proben weitere 6 Stunden im Trockenschrank belassen und nachfolgend erneut gewogen werden. Es ist wichtig, die Proben unmittelbar nach der Entnahme aus dem Ofen zu wägen, weil beim Stehenlassen der Proben im Staubraum eine Aufweichung durch die Luftfeuchtigkeit mit entsprechender Gewichtszunahme erfolgt.

Nun wird aus den **organischen Auflagehorizonten** sämtliches Material aussortiert, welches nicht als Bestandteil von L-, F- oder H-Horizont eingestuft werden kann, wie etwa Rinde, Äste, Früchte, Zapfenschuppen und dergleichen mehr. Dann werden die Proben in einer Zentrifugalmühle gemahlen (der Materialabrieb der Mühle führt zu einer Kobalt-Kontamination des Probematerials!), von Hand homogenisiert und nachfolgend in Kunststoffdosen in der Pedothek eingelagert. Die Probemenge beträgt maximal 3 Dosen pro Horizont.

Die **Mineralerdeproben** werden nach der Trocknung mit einem Kunststoffsieb von 2 mm Maschenweite gesiebt. Wenn nötig sind die Aggregate vorgängig in der Reibschale oder im Backenbrecher (siehe unten) zu zerkleinern. Das Skelett wird in kleine Plastiksäcke gefüllt und zusammen mit der aufbereiteten Feinerde in den Lagerdosen archiviert. Die Probemenge pro Tiefenstufe beträgt 3 Dosen Feinerde und 1 Säckchen Skelett. Vom untersten Horizont werden der gesamte Siebrückstand und die separat gesammelten Gesteinsstücke als geologische Probe in einem grösseren Plastiksack archiviert. Sämtliche Lagerdosen sind mit den Labornummern zu beschriften. Die Archivierung erfolgt in der Pedothek.

#### *Aufarbeiten der Proben mit dem Backenbrecher*

Die Mineralerde-Aggregate der Böden aus Alptal, Neunkirch, Bettlachstock und der Ahh-Horizont aus Beatenberg waren nach der Trocknung derart hart, dass sie nicht in der Reibschale zerkleinert werden konnten. Die Aggregate wurden darum vor dem Sieben im Backenbrecher zertrümmert.

Dabei wurde mit den Proben aus Neunkirch und Bettlachstock wie folgt vorgegangen:

- die getrocknete Probe durch ein Kunststoffsieb mit 1 cm Maschenweite rütteln, vom Siebrückstand (> 1 cm) die Steine von Hand aussortieren und wegwerfen, die Feinerdeaggregate aufheben
- das gesiebte Material (< 1 cm) durch ein Sieb mit 0.8 cm Maschenweite rütteln, vom Siebrückstand (> 0.8 cm) die Steine von Hand aussortieren und wegwerfen, die Feinerdeaggregate aufheben
- das gesiebte Material (< 0.8 cm) mit den aufgehobenen Feinerdeaggregaten (> 0.8 cm) vereinigen und anschliessend in den Backenbrecher einspeisen. Der Backenbre-

cher ist so einzustellen, dass zwar genügend Probematerial  $< 2$  mm entsteht, die Probe aber nicht zu Staub zerkleinert wird (es soll ja nicht Steinmehl analysiert werden)

- das gebrochene Material wird abschliessend durch ein 2 mm Sieb gerüttelt und die Feinerde in Lagerdosen abgefüllt

In den Bodenproben aus Alptal waren die Steine so stark mit der Feinerde verkittet, dass sie nicht nach der eben beschriebenen Methode aussortiert werden konnten. Hier wurden möglichst alle grösseren Steine von Hand aus der Probe rausgelesen. Das verbleibende Probematerial wurde anschliessend, samt den noch darin enthaltenen kleineren Steinen, durch den Backenbrecher gelassen.

Im Ahh-Horizont aus Beatenberg waren keine Steine enthalten. Die Ahh-Proben waren aber derart hart, dass ihre Aufarbeitung erst nach Durchlassen durch den Backenbrecher möglich war.

Der eingesetzte Backenbrecher vom Typ Retsch BB 2-S ist mit extrem verschleissarmen Brechbacken ausgerüstet, die speziell für Schwermetalluntersuchungen der Forschungsanstalt Liebefeld entwickelt wurden. Allenfalls ist mit einer sehr geringen Kontamination von Mn und Fe zu rechnen.

#### *Mahlen der Proben mit Scheibenschwingmühle (Stahleinsatz)*

Mit dem Mahlgut wurden die Parameter  $C_{\text{tot}}$ ,  $N_{\text{tot}}$  und Carbonat bestimmt. Es wurden sowohl die organischen als auch die mineralischen Proben gemahlen. Das gemahlene Probematerial stammt aus derjenigen Lagerdose, aus der auch das Material für die übrigen Analysen entnommen wurde. Demzufolge sind alle Lagerdosen, aus denen Material für die Analysen entnommen wurde, mit einem roten Aufkleber (Punkt) markiert.

Einige Angaben zum Mahlen: Von jeder Probe wurde ein pH-Fläschchen voll gemahlen. Dies entspricht bei den mineralischen Bodenproben rund 40 g, bei den organischen rund 20 g. Die Mahldauer betrug 1.5 min pro Bodenprobe. Die Stahlelemente der Mühle wurden nach jedem Mahldurchgang mit einem Lappen gründlich gereinigt. Das Mahlgut wurde in pH-Fläschchen abgefüllt. Diese sind mit der Labornummer der Probe und dem Vermerk „gemahlen“ versehen und in der Pedothek bei der zugehörigen LWF-Fläche archiviert.

Beim Mahlen erfolgt eine Kontamination mit Cr, Mn und Fe, verursacht durch die Stahlelemente der Mühle. Diese Kontamination ist für die C/N- und Carbonatanalyse bedeutungslos. Genauere Angaben zur Kontamination können im Moment nicht gemacht werden, weil deren Ausmass von der Beschaffenheit des Probematerials abhängig ist.

#### *Mahlen der Proben mit Scheibenschwingmühle (Achateinsatz)*

Vor der Bestimmung der xRF-Totalgehalte in Kanada (Cherbukin) wurde ein Probenkollektiv mit einer Scheibenschwingmühle des Typs Fritsch Pulverisette 9 gemahlen. Die Mahlelemente sind aus Achat gefertigt. Das Probenkollektiv umfasst die Proben von je einem Bodenprofil pro LWF-Fläche. Das Mahlgut wurde in pH-Fläschchen abgefüllt. Diese sind mit der Labornummer der Probe und dem Vermerk „mit Achatemühle gemahlen“ versehen und in der Pedothek gesondert in zwei Kartonschachteln archiviert. Das mit dem Achateinsatz gemahlene Probematerial ist hinsichtlich Kontamination für unsere Bedürfnisse einwandfrei.

Allfällige, bei der Probenaufarbeitung aufgetretene, erwähnenswerte Besonderheiten sind in den Kommentaren zur Beprobung vermerkt (s. Kapitel 8). Anhang 42 enthält ein Beispiel dazu.

### 5.5.2 Bodenphysik (Dichteproben)

Die Dichteproben werden bis zur Analyse bei 3 °C konserviert. Die Lagerungsdauer ist hier nicht von Bedeutung, weil die zu messenden Parameter durch die Lagerung nicht beeinträchtigt werden. Eine der Analyse vorangehende Probenaufbereitung ist nicht nötig.

## 5.6 Laboranalysen

### 5.6.1 Allgemeines

Wegen übermäßigem Arbeitsaufwand wurden maximal zwei Bodenprofile pro LWF-Fläche analysiert. Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht.

Die Messwerte der chemischen Analysen beziehen sich stets auf das bei rund 40 °C getrocknete Probenmaterial. Die UN-ECE-Richtlinien (UN-ECE, 1993) geben vor, die Messwerte auf ofentrockenes (105 °C) Probegewicht zu beziehen. Im Kapitel 6.5.2 wird beschrieben, wie diese Umrechnung zu erfolgen hat. Es ist zu beachten, dass für diese Umrechnung der Wassergehalt der Proben bekannt sein muss.

Über die Archivierung und Verfügbarkeit der chemischen und physikalischen Bodendaten orientiert das Kapitel 8.

### 5.6.2 Chemische UN-ECE-Parameter und Analysemethoden

Die Auswahl der im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix erfassten Bodenparameter richtet sich nach den Vorgaben der UN-ECE, bzw. nach dem Manual for Integrated Monitoring (UN-ECE, 1993). Die chemischen Parameter und Analysemethoden sind für die Proben aus den Bodenprofilen und aus der Intensivmonitoring-Fläche (IM-Fläche) weitgehend identisch. In Tabelle 3 wird ersichtlich, welche chemischen Parameter in den Bodenprofilen und welche in der IM-Fläche erfasst werden.

Tabelle 3: Chemische Parameter: Bodenprofile und Intensivmonitoring-Fläche.

UN ECE-Monitoring-parameter	pH H2O	pH CaCl2	pH KCl	tauschaubares Al, Na, K, Ca, Mg	Azidität (H und Al)	Cu, As, Ni, Cr, Pb, Zn, Fe	Cd, Cu, As, Ni, Cr, Pb, Zn, Fe	Ctot, Ntot	CaCO3	P	Basensättigung	Kationenaustauschkapazität (KAK)	Corg	potentielle Azidität	potentielle KAK
Methode	-	-	-	NH <sub>4</sub> Cl	-	xRF	HNO <sub>3</sub>	-	-	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> NaOH	HNO <sub>3</sub>	Berechnung	-	-	-
Bodenprofile Einzelproben	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	-
IM-Fläche Mischproben	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	-
Einschränkung Probenmaterial	-	-	pH < 6	-	pH < 6	-	-	-	pH > 6	-	-	-	-	-	-

Auf die Analyse der beiden UN-ECE-Parameter "potentielle Azidität" und "potentielle Kationenaustauschkapazität (KAK)" wird verzichtet.

Aus technischen Gründen können im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix nicht alle UN-ECE-Analysemethoden angewandt werden. Die UN-ECE-Analysemethoden sind aber teilweise mit denjenigen des LWF-Kernprojektes vergleichbar (s. Tabelle 4).

Tabelle 4: Vergleich der Analysemethoden UN-ECE und LWF.

UN ECE-Monitoringparameter	pH H <sub>2</sub> O	pH CaCl <sub>2</sub>	pH KCl	Austauschbares Al, Na, K, Ca, Mg	Azidität (H und Al)	Hg, Cd, Cu, As, Ni, Cr, Pb, Zn, Fe		Ctot, Ntot	CaCO <sub>3</sub>	Stot	Ptot	
Methode UN ECE	H <sub>2</sub> O	0.01 CaCl <sub>2</sub>	1 KCl	0.1 BaCl <sub>2</sub>	1 KCl	2 HNO <sub>3</sub>		C/N-Analyzer	HCl 37% + H <sub>2</sub> O	HNO <sub>3</sub> + HClO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub> +HClO <sub>4</sub>	
Methode LWF-Kernprojekt Bodenmatrix	H <sub>2</sub> O	0.01 CaCl <sub>2</sub>	1 KCl	1 NH <sub>4</sub> Cl	1 KCl	2 HNO <sub>3</sub>	xRF	C/N-Analyzer	1 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	1 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 5 NaOH	2 HNO <sub>3</sub>
Vergleichbarkeit der Methoden	gut	gut	gut	mässig	gut	gut	schlecht	gut	gut	-	anstelle von Ptot wird Porg bestimmt	schlecht
Im LWF-Kernprojekt zusätzlich erfasste Elemente	-	-	-	Fe, Mn, Pb, Zn	-	Al, Mn, Si, Ba, Co, P, Ca, Mg, K	Mn, Ca, K, Ga, Ti, Y, Zr, Br, Rb, Sr, Th, Se	-	-	-	-	-
nicht erfasste UN ECE-Elemente	-	-	-	-	-	Hg, As, (Cd)	Hg, Cd	-	-	Stot	-	-

Bei den chemischen Analysen wurde folgende **Arbeitsteilung** eingehalten:

- LWF-Laborant in der Abteilung Bodenökologie, WSL:  
Mahlen und Einwiegen der Proben, Herstellen der Extrakte sowie Messen von pH KCl, Azidität, CaCO<sub>3</sub> und P<sub>org</sub>
- WSL-Zentrallabor:  
Messen der Extrakte und C-N-Bestimmung
- LWF-Feldleute:  
Messen des pH H<sub>2</sub>O und pH CaCl<sub>2</sub>

Eine ausführliche Dokumentation der Laborvorschriften für die chemischen Analysen erfolgt im Anhang 6.

### 5.6.3 Physikalische Parameter und Analysemethoden

Die Tabelle 5 gibt eine Übersicht über die in den Bodenprofilen und der Intensivmonitoring-Fläche erfassten physikalischen Bodenparameter. Sie orientiert zudem über die Herkunft des Probematerials.

Tabelle 5: Physikalische Parameter: Bodenprofile und Intensivmonitoring-Fläche.

Physikalische Parameter		Dichte Feinerde	Dichte Boden	Reelle Dichte	Porosität	Skelettgehalt	Textur	Gewicht org. Auflage
Bodenprofile	Dichteproben	X	X	-	-	X	-	-
	Einzelproben	-	-	-	-	-	X	-
IM-Fläche	Mischproben	-	-	-	-	-	-	X
	Einzelproben	-	-	-	-	-	-	-

Die **Textur** wurde nur in den Bodenprofilen bestimmt. Es wurden folgende Korngrößenklassen erfasst [mm]: Sand (0.063 - 2), Schluff (0.002 - 0.063), Ton (< 0.002). Die Analyse erfolgte nach der Methode von Gee et al., 1986. In Abweichung zur Methode von Gee et al. wurden vor der Körnungsbestimmung weder Carbonat noch Eisenoxide aus den Bodenproben entfernt. Hier einige methodische Angaben: Die Analyse erfolgt mit der Pipettmethode. Dazu muss das Probematerial wie folgt vorbereitet werden: Abbrennen des organischen Materials mit Wasserstoffperoxid, Trocknen der Probe bei 105 °C, Zermahlen der Feinerde mit Handmörser. Ein Berechnungsformular für die Bestimmung der Textur ist im Anhang 47 vorhanden.

Die Trockenraumdichte wird nur in den Bodenprofilen bestimmt. Zur Ermittlung der **Trockenraumdichte des Bodens** werden die feldfeuchten Dichteproben auf 1 g genau gewogen. Die Proben sind anschliessend bei 105 °C während 24 Stunden im Ofen zu trocknen. Erneutes Wägen der Proben auf 1 g genau. Daraus wird die Trockenraumdichte des Bodens in Mg/m<sup>3</sup> und der Wassergehalt in Gewichtsprozent berechnet.

Anschliessend erfolgt die Bestimmung des **Skelettgehaltes**. Zu diesem Zweck werden die getrockneten Dichteproben in ein Wasserbad gelegt. Die Proben müssen solange im Wasser verbleiben, bis das natürliche Gefüge des Bodens zerstört ist und die Proben zu einer sämigen Masse werden. Das Wasserbad dauert demnach von Boden zu Boden unterschiedlich lang. Nun wird die Masse mit einem Wasserstrahl durch ein Stahlsieb mit 2 mm Maschenweite gespült und anschliessend das Gewicht des Siebrückstandes (Skelett) auf 1 g genau gewogen. Der Messwert wird durch die Dichte des Skeletts dividiert. Für die Skelettdichte wird generell ein Wert von 2.65 Mg/m<sup>3</sup> angenommen. Mit dem so berechneten Volumen des Skeletts werden der Skelettgehalt in Gewichtsprozent und die **Trockenraumdichte der Feinerde** in Mg/m<sup>3</sup> ermittelt. Das Probematerial wird nach der Analyse weggeworfen. Zur Berechnung der Trockenraumdichten und des Skelettgehaltes ist im Anhang 46 ein Berechnungsformular beigelegt.

Die **reelle Dichte** der Feinerde wird mit der Pyknometermethode ermittelt. Da wir die reelle Dichte bei der Interpretation der Bodendaten nicht benötigen, haben wir sie nicht bestimmt. Der Vollständigkeit halber ist im Anhang 48.1 das Berechnungsformular für die reelle Dichte beigefügt. Der Anhang 48.2 enthält die für die Bestimmung nötigen Angaben zu den Pyknometern.

Die **Porosität** wird aus der Trockenraumdichte des Bodens und der reellen Dichte der Feinerde gemäss folgender Formel berechnet:

$$\text{Porosität} = 1 - \text{Trockenraumdichte Boden} / \text{reelle Dichte der Feinerde}$$

(dimensionslos)

Da wir die Porosität bei der Interpretation der Bodendaten nicht benötigen, haben wir sie nicht bestimmt. Der Vollständigkeit halber ist im Anhang 49 das Berechnungsformular für die Porosität enthalten.

## 5.7 Labornummern

Sämtliche Proben, welche im Labor *chemisch* analysiert werden, müssen mit einer Labornummer versehen werden. Die Zuteilung der Nummern erfolgt bereits im Wald, um die Gefahr von Probeverwechslungen zu minimieren.

Bei der Wahl des Numerierungssystems mussten die an der WSL geltenden Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. Eine Übersicht der Labornumerierung gibt Anhang 44.

## 5.8 Photodokumentation

Die Arbeitsschritte der Profilbeprobung und zum Teil auch der Probenaufarbeitung sind photographisch dokumentiert. Die Bilder werden im Papierarchiv aufbewahrt (s. Kapitel 8).

## 6 Monitoring der Bodenmatrix

### 6.1 Gliederung und Einmessung der IM-Fläche

Das Monitoring der Matrix erfolgt in einer speziell ausgeschiedenen Intensivmonitoring-Fläche (IM-Fläche). Sie hat die Ausmasse 43\*43 m. In LWF-Flächen mit sehr hohem Skelettgehalt (>50 %) und/oder sehr scharfer, aber extrem unregelmässig verlaufender Horizontierung, wird zwar eine Intensivmonitoring-Fläche eingerichtet, jedoch nicht beprobt. Dies trifft für zwei LWF-Flächen im Gebirge (Celerina und Chironico) zu (s. Fall B im Kapitel 5.4.1).

Die Lage der IM-Fläche wird aufgrund der Ergebnisse der Bodenkartierung bestimmt. Die Fläche soll bezüglich der kartierten Bodenmerkmale sowie Geologie und Relief möglichst homogen sein.

Die IM-Fläche wird in 16 Teilquadrate von je 10 m Seitenlänge unterteilt. Jedes Teilquadrat ist mit einem Buchstaben und einer Zahl gekennzeichnet, und zwar von A1 bis D4 (s. Abbildung 2). Jedes Teilquadrat ist in vier Plots gegliedert, deren Grösse in einem Fall 5\*10 m und in drei Fällen 3.3\*5 m beträgt. Das Monitoring der Bodenmatrix erfolgt auf dem 5\*10 m grossen Bodenplot. Auf den drei Plots von je 3.3\*5 m Grösse sind Untersuchungen zu Vegetation (Vegetationsplot), Deposition und Streueintrag (Sammlerplot) sowie Bodenwasser (Bodenwasserplot) geplant. Die Zuordnung der Forschungsdisziplinen zu den Plots ist fix (ortsgebunden).

Um die Störung in der IM-Fläche zu minimieren, sind zwischen den Teilquadraten Begehungswege von 1 m Breite ausgespart.

Die Grenzlinien der IM-Fläche sind parallel zu denjenigen der LWF-Fläche gelegt. Am Hang liegt das Teilquadrat A1 (von unten gesehen) immer oben links, D4 immer unten rechts. Im ebenen Gelände wurde der Ausrichtung der IM-Fläche keine Beachtung geschenkt, ausser, dass die Seiten parallel zu denjenigen der LWF-Fläche verlaufen müssen.

Die IM-Fläche wird mit Bussole und Messband eingemessen.

Zwecks besserer Orientierung bei den Monitoringaktivitäten wird die IM-Fläche wie folgt verpflockt:

- **Grenzmarken** aus orange eingefärbtem Polyesterbeton an den vier Eckpunkten der IM-Fläche
- **orange Kunststoffrohre** an den vier Eckpunkten jedes Teilquadrates
- **blaue Kunststoffrohre**, welche in jedem Teilquadrat den Bodenplot von den drei kleineren Plots abgrenzen

Die Grenzmarken aus Polyesterbeton werden nach dem Vorlochen mit einem Schlegelhammer eingerammt. Die orangen Kunststoffrohre an den Eckpunkten der Teilquadrate sind im Uhrzeigersinn von eins bis vier numeriert. Hier ein Beispiel für die Beschriftung der Rohre im Teilquadrat B2: B2/1, B2/2, B2/3, B2/4 (s. Abbildung 2). Die blauen Kunststoffrohre, deren Verbindungslinie die Teilquadrate halbiert, sind mit der Nummer des entsprechenden Teilquadrates beschriftet, im Falle des Teilquadrates B2 also mit B2 (s. Abbildung 2). Die orangen und blauen Kunststoffrohre werden nach dem Vorlochen mittels Locheisen mit einem schweren Hammer so weit in den Boden gerammt, dass noch 10-20 cm vorstehen. Die Länge der Rohre richtet sich nach der Bo-

denbeschaffenheit (Gründigkeit, Skelettgehalt), in der Regel sind sie rund 50 cm lang. Sämtliche Rohre werden nach dem Einrammen mit einem alkoholgesättigten Lappen gereinigt und mit selbstklebender Beschriftung versehen.

Die Lage der IM-Fläche wird in einer Feldskizze festgehalten und anschliessend im Büro als EDV-Karte dargestellt (s. Anhang 51).

Die IM-Fläche muss periodisch unterhalten werden. Wichtige Arbeiten sind das Freilegen von mit Laub überschütteten Kunststoffrohren und Grenzsteinen sowie das Überprüfen und Ersetzen der selbstklebenden Beschriftung. Der Einwuchs in den Begehungswegen ist von Zeit zu Zeit wegzuschneiden.

## **6.2 Chemische und physikalische Monitoringparameter**

Eine Übersicht über die in der IM-Fläche zu erfassenden chemischen und physikalischen Bodenparameter geben die Tabelle 3 in Kapitel 5.6.2 und die Tabelle 5 in Kapitel 5.6.3.

## **6.3 Beprobung der IM-Fläche**

### **6.3.1 Allgemeines**

Es ist vorgesehen, die IM-Fläche alle 10-15 Jahre zu beproben. Die Tabelle 1 in Kapitel 5.1 orientiert über das Datum der Erstbeprobung.

Die Beprobung erfolgt in den 16 für das Bodenmonitoring vorgesehenen Bodenplots. Es ist geplant, bei jeder Probenahme (alle 10-15 Jahre) ein (wenn nötig mehrere) Quadrate von 1\*1 m Grösse zu beproben. Bei der Wahl der Beprobungsquadrate in den Bodenplots hat man sich an die in Abbildung 2 mit einem Pfeil dargestellten Richtung zu halten.

## Intensivmonitoring-Fläche (IM-Fläche)

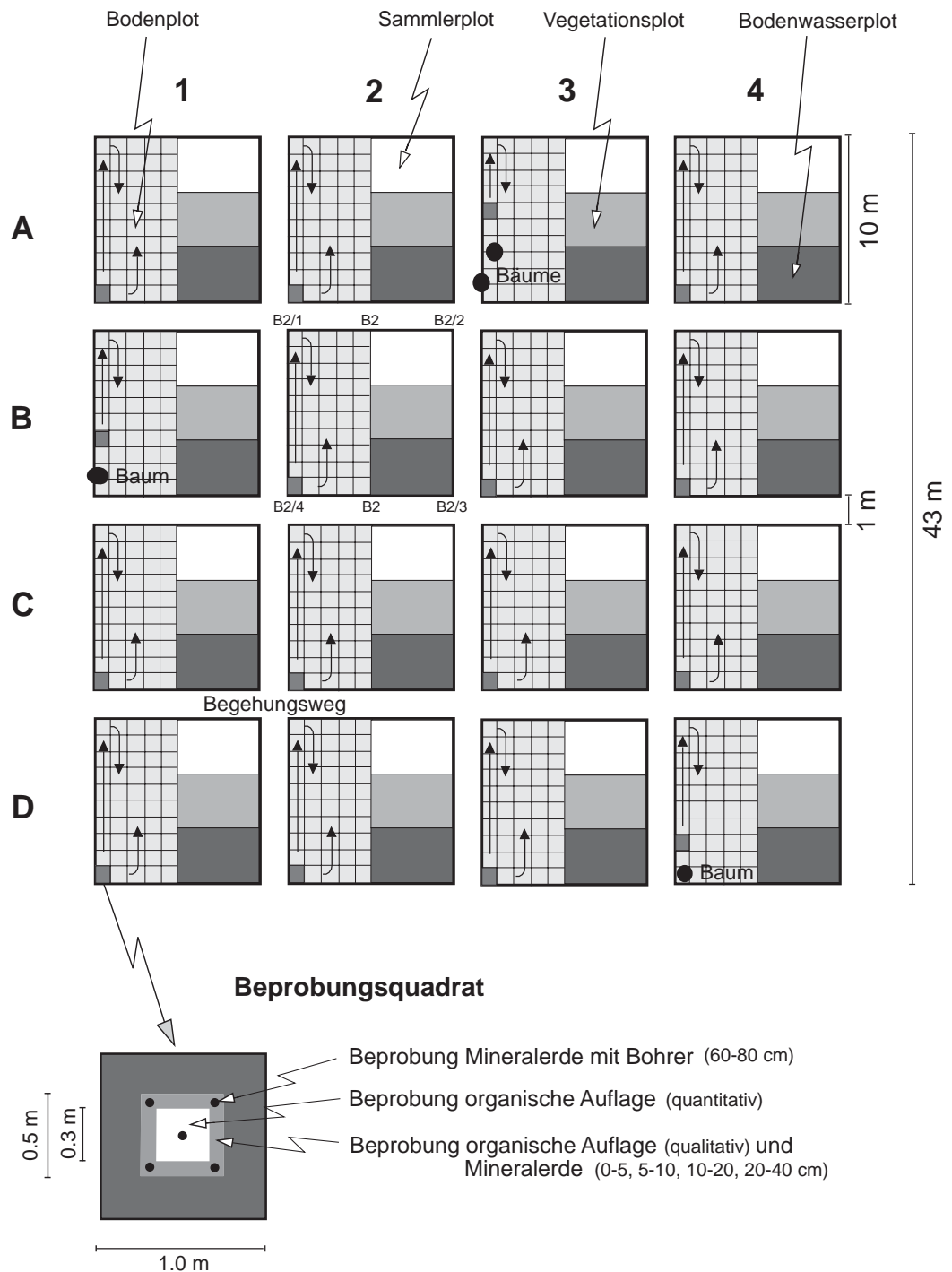


Abbildung 2: Intensivmonitoring-Fläche mit Beprobungsquadrat. Die Pfeile in den Bodenplots geben den Beprobungsfortschritt bei Folgebeprobungen an.

### 6.3.2 Beprobungsschema, Probenarten und -anzahl

In der IM-Fläche werden **Einzel-** und **Mischproben** entnommen. Mit Hilfe der Einzelproben lässt sich die Streuung der chemischen Parameter in der Fläche erfassen. Die Mischproben sollen dagegen möglichst flächenrepräsentative Werte für die untersuchten Bodenparameter liefern.

Die Tabelle 2 in Kapitel 5.4.1 gibt (unter Fall A) eine Übersicht, in welchen Horizonten / Tiefenstufen die Einzel- und Mischproben in der IM-Fläche zu entnehmen sind. Zudem informiert sie darüber, welche Proben analysiert und in der Pedothek archiviert werden.

Die Abbildung 3 orientiert über die räumliche Verteilung der Einzel- und Prämisschproben in den Bodenplots. Als Prämisschproben werden jene Proben bezeichnet, die im Anschluss an die Beprobung zu Mischproben vereinigt werden (siehe weiter unten).

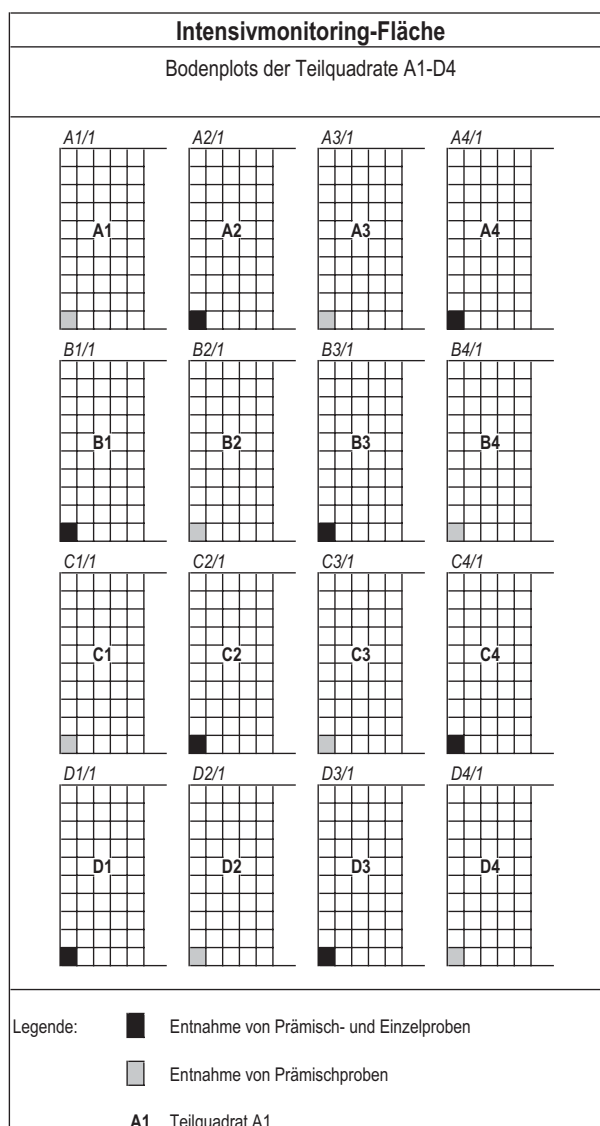


Abbildung 3: Beprobungsschema der Bodenplots bei der Erstbeprobung.

### Probenarten

- Einzelproben werden in 8 der 16 Bodenplots entnommen, und zwar in den Plots A2, A4, B1, B3, C2, C4, D1, D3.
- Prämischproben werden in allen 16 Bodenplots entnommen.

### Probenanzahl

- Einzelproben:

Pro Bodenplot fallen 7 Einzelproben an, vorausgesetzt, dass alle Horizonte (L+F/H) und Tiefenstufen (0-5/5-10/10-20/20-40/60-80 cm) beprobt werden.

Pro IM-Fläche ergeben sich somit maximal 56 Einzelproben (8 Bodenplots mit je 7 Einzelproben).

- Mischproben:

Durch horizont-/tiefenstufenweises Vereinigen der Prämischproben aus je vier Bodenplots entstehen die Mischproben. Die Mischproben aus jeweils vier Bodenplots werden als Mischprobengruppe bezeichnet. Die vier Mischprobengruppen (M1-M4) umfassen Proben aus folgenden Bodenplots:

M1: A1, A2, B1, B2

M2: A3, A4, B3, B4

M3: C1, C2, D1, D2

M4: C3, C4, D3, D4

Jede Mischprobengruppe (M1-M4) umfasst 7 Mischproben, vorausgesetzt, dass alle Horizonte (L+F/H) und Tiefenstufen (0-5/5-10/10-20/20-40/60-80 cm) beprobt werden.

Pro IM-Fläche fallen maximal 28 Mischproben an (4 Mischprobengruppen zu je 7 Mischproben).

Abbildung 2 gibt eine Übersicht über die in einem Beprobungsquadrat (1\*1 m) zu entnehmenden Bodenproben. Die Angaben gelten für ein Quadrat, wo Einzel- und Prämischproben entnommen werden. Die Tabelle 6 ist als Ergänzung zu Abbildung 2 zu verstehen. Sie orientiert über die bei der Entnahme der Einzel- und Prämischproben benötigte Beprobungsfläche sowie über spezielle Hilfsgeräte.

Tabelle 6: Beprobungsfläche und spezielle Hilfsgeräte für Einzel- und Prämischproben in einem Beprobungsquadrat.

Horizont/Tiefe [cm]	Beprobungsfläche [m <sup>2</sup> ]	Prämischprobe	Einzelprobe	Hilfsgeräte
<i>Auflage</i>				
L+F	0.09	x	-	Stechrahmen
L+F	ca. 0.16	-	x	-
H	0.09	x	-	Stechrahmen
H	ca. 0.16	-	x	-
<i>Mineralerde</i>				
0-5	0.25	x	x	-
5-10	0.25	x	x	-
10-20	0.25	x	x	-
20-40	0.25	x	x	-
60-80	5 Bohrungen	x	x	Rahmenbohrer

### 6.3.3 Arbeitsschritte der Beprobung

#### 6.3.3.1 Allgemeines

Es werden nur Beprobungsquadrate beprobt, welche bodengenetisch ungestört sind (Sondierung mit Bohrstock machen). Infolge Stammabfluss müssen sie mindestens 1.5 m vom nächstgelegenen Baum entfernt sein, wobei Bäume unter 20 cm BHD unberücksichtigt bleiben. Sind für ein Beprobungsquadrat die Beprobungskriterien infolge Störungen nicht erfüllt, wird unter Einhaltung der in Abbildung 2 vorgegebenen Richtung das nächstmögliche Beprobungsquadrat beprobt. Es ist möglich, dass in einem Bodenplot nicht nur ein, sondern mehrere Beprobungsquadrate für die Beprobung beeinträchtigt werden. Die beprobten Beprobungsquadrate werden in einem Beprobungsprotokoll festgehalten (s. Anhang 52). Im Bodenplot werden sie nicht markiert.

Für jede LWF-Fläche wurde ein Kommentar zur Beprobung verfasst. Er enthält neben Angaben wie Beprobungsdatum und Phänologie der Pflanzen auch Hinweise zu flächenspezifischen Besonderheiten bei der Beprobung (s. Kapitel 8). Im Anhang 42 ist ein Beprobungskommentar als Beispiel beigefügt. Der Kommentar zur Beprobung ist insbesondere für die LWF-Flächen Alptal und Beatenberg wichtig, weil dort aus bodenkundlichen Gründen vom generell gültigen Beprobungsvorgehen abgewichen werden musste.

Es konnten nicht alle IM-Flächen wie geplant bis 80 cm Tiefe beprobt werden. Die Tabelle 1 in Kapitel 5.1 gibt eine Übersicht über die Beprobungstiefe auf den 16 IM-Flächen. In der Tabelle 1 ist auch das Beprobungsjahr enthalten.

Eine Liste des für die Beprobung der IM-Fläche benötigten Materials befindet sich im Anhang 21.

Die nun folgende Beschreibung zum Vorgehen bei der Beprobung gilt für all jene Beprobungsquadrate, wo Prämischproben und Einzelproben entnommen werden, also für die Quadrate in den Bodenplots A2, A4, B1, B3, C2, C4, D1, D3. In den anderen acht Bodenplots ist das Vorgehen analog, es entfallen jedoch die Einzelproben.

#### 6.3.3.2 Beprobung der organischen Auflage

Zuerst wird das zu beprobende Beprobungsquadrat mit einem Doppelmeter eingemessen, und seine Eckpunkte werden provisorisch markiert. Anschliessend wird im Zentrum des Beprobungsquadrates ein kleineres Quadrat der Seitenlänge 0.5 m eingemessen und provisorisch markiert.

Im Zentrum des Quadrates mit 0.5 m Seitenlänge wird der Stechrahmen zur Entnahme der quantitativen *Prämischprobe* aus der organischen Auflage installiert. Die Seitenlänge des quadratischen Stechrahmens beträgt 0.3 m, die Beprobungsfläche damit 0.09 m<sup>2</sup> (s. Tabelle 6). Nun wird auf der gesamten, vom Stechrahmen eingeschlossenen Fläche die organische Auflage horizontweise abgetragen. L- und F-Horizont werden zusammen beprobt und in eine Kunststoffwanne geschüttet, die mit dem Horizont und der Bezeichnung der vier Teilquadrate, die zur Herstellung einer Mischprobe vereinigt werden, beschriftet ist. Anschliessend wird der H-Horizont beprobt und in eine separate, beschriftete Wanne gegeben. Wenn die Mächtigkeit des H-Horizontes 1 cm unterschreitet, wird er zusammen mit dem L- und F-Horizont beprobt (vereinigt). Ist die organische Auflage beprobt, wird der Stechrahmen entfernt.

Nun wird die auf dem 0.5\*0.5 m-Quadrat verbleibende organische Auflage zur Gewinnung der *Einzelproben* horizontweise beprobt. Die Einzelproben sind lediglich qualitativ, da die Grösse der beprobten Fläche nicht bekannt ist. Das Probematerial wird horizontweise in Plastiksäcke abgefüllt, wobei die Probemenge 2-3 dm<sup>3</sup> betragen soll. Die Plastiksäcke sind mit der Labornummer zu beschriften (s. Anhang 53) und mit Schnur zu verschliessen.

Von der Beprobung ausgeschlossen wird jegliches Material, das nicht als L-, F- oder H-Material gilt, wie Äste jeglichen Durchmessers und Zersetzungsgrades, Früchte, Nadelholzapfen, Rindenstücke usw.

Abschliessend ist die allenfalls noch auf der Oberfläche des Quadrates (0.5\*0.5 m) vorhandene organische Auflage vollständig zu entfernen und ausserhalb des Beprobungsquadrates zu deponieren.

### 6.3.3.3 Beprobung der Mineralerde

Nun folgt die Beprobung der Mineralerde in der **Tiefenstufe 0-5 cm**. Dabei wird die gesamte Tiefenstufe von 0-5 cm innerhalb des 0.5\*0.5 m-Quadrates mit einer kleinen Stahl-Handschaufel ausgehoben, auf eine Kunststoffolie (im steilen Gelände werden anstelle von Folien Plastikwannen verwendet) geschüttet und dort von Hand gut gemischt. Grössere Steine und Wurzeln werden entfernt. Von diesem homogenisierten Material werden 2-3 dm<sup>3</sup> in einen Plastiksack gegeben (*Einzelprobe*). Der Sack ist mit der LWF-Labornummer zu beschriften (s. Anhang 53). Im Sack wird zusätzlich eine mit der Labornummer beschriftete Papieretikette beigelegt. Abschliessend wird der Sack mit Schnur verschlossen.

Vom auf der Plastikfolie (in der Plastikwanne) noch vorhandenen Boden werden nun mit einem Kunststoffmessbehälter 2 l Boden in eine mit der Tiefenstufe 0-5 cm beschriftete Weithalstrommel geschüttet (*Prämischprobe*).

Nach demselben Vorgehen wird nun die **Tiefenstufe 5-10 cm** beprobt: ganze Tiefenstufe ausheben und auf Plastikfolie (in Plastikwanne) geben, Steine und grobe Wurzeln entfernen und gut vermischen. Es folgt die Probenahme zur Herstellung der Einzelprobe: 2-3 dm<sup>3</sup> in Plastiksack geben, beschriften und verschliessen. Zur Gewinnung der Mischprobe werden mit dem Messbehälter 2 dm<sup>3</sup> Boden in die mit der Tiefenstufe 5-10 cm beschriftete Weithalstrommel geschüttet.

In den **Tiefenstufen 10-20 cm** und **20-40 cm** wird analog vorgegangen.

Die **Tiefenstufe 60-80 cm** wird mit dem Rahmenbohrer beprobt, und zwar an fünf Stellen innerhalb des 0.5\*0.5 m-Quadrates. Dabei liegen vier Bohrungen in den Eckpunkten und eine im Zentrum des Quadrates (s. Abbildung 2). Das Probematerial wird wie in den oberen Tiefenstufen auf einer Plastikfolie (in einer Plastikwanne) homogenisiert, 2-3 dm<sup>3</sup> werden als Einzelprobe in einen beschrifteten Plastiksack und 2 dm<sup>3</sup> zur Gewinnung der Mischprobe in eine beschriftete Weithalstrommel gegeben.

Sind alle Proben entnommen, wird die auf den Plastikfolien (in den Plastikwannen) noch verbleibende, überschüssige Erde in richtiger Reihenfolge in das Bodenloch zurückgeschüttet.

Das oben beschriebene Vorgehen bei der Probenahme wird in den drei zur Herstellung einer Mischprobengruppe noch fehlenden Bodenplots wiederholt.

#### 6.3.3.4 Zusammenstellen der Mischproben

Sind alle vier Bodenplots einer Mischprobengruppe beprobt, werden die Mischproben zusammengestellt. Kapitel 6.3.2 orientiert über die Vereinigung der Prämischproben zu Mischproben. Es gilt dabei insbesondere folgendes zu beachten:

- Der **L+F-** bzw. **H-Horizont** muss das gesamte Probematerial der vier Prämischproben umfassen (quantitative Beprobung)
- Die **Mineralerde** wird nach Tiefenstufen in Weithalstrommeln vereinigt, wobei jede der vier Prämischproben 2 dm<sup>3</sup> Erde umfasst. Nach intensivem Mischen der in der Trommel gesammelten Prämischproben (total 8 dm<sup>3</sup> Erde) werden 3-4 dm<sup>3</sup> als Mischprobe in einen Plastiksack verpackt
- Sämtliche Mischproben sind mit der Labornummer zu beschriften (s. Anhang 53)
- Sind die Mischproben zusammengestellt, wird die noch in den Weithalstrommeln verbleibende Erde in der richtigen Reihenfolge in das noch offene Bodenloch zurückgeschüttet

In gleicher Weise werden anschliessend die noch verbleibenden 12 Bodenplots beprobt, wobei jeweils die vier zu einer Mischprobengruppe gehörenden Beprobungsquadrate vollständig fertig zu beproben sind, bevor die Quadrate der nächsten Mischprobengruppe beprobt werden.

### 6.4 Aufarbeitung der Proben

#### 6.4.1 Allgemeines

Allfällige, bei der Probenaufarbeitung aufgetretene, flächenspezifische Besonderheiten sind in den Kommentaren zur Beprobung vermerkt (s. Kapitel 8). Der Anhang 42 enthält ein Beispiel dazu.

#### 6.4.2 Mischproben aus organischen Auflagehorizonten

Bei der Aufarbeitung dieser Proben wird, als Nebenprodukt, das Gewicht der organischen Auflagehorizonte bestimmt. Daraus lässt sich der Hektarvorrat an organischer Auflage (Humus) berechnen. Die hierfür zu verwendenden Berechnungsformulare sind im Anhang 54 beigelegt.

Die Proben bis zur Gewichtskonstanz bei 35-40 °C trocknen (stichprobeweises Wägen von einzelnen Aluschalen, s. Kapitel 5.5.1), und zwar innerhalb einer Zeitspanne von maximal zehn Tagen nach der Beprobung. Aussortieren von kleinen Ästen, Früchten und Rindenstücken. Wägen des verbleibenden Materials auf 1 g genau und die Messwerte in das Berechnungsformular eintragen (der Vorrat an organischem Material wird automatisch berechnet und in t/ha angegeben). Nun wird die Probe mit der Zentrifugalmühle (Kobalt-Kontamination!) gemahlen und anschliessend in der Pedomat eingelagert. Probemenge: höchstens 3 Dosen pro Horizont. Über das Mahlen der Proben mit der Scheibenschwingmühle orientiert das Kapitel 5.5.1.

#### 6.4.3 Mischproben aus Mineralerde

Bis zur Gewichtskonstanz bei 35-40 °C im Ofen trocknen (stichprobeweises Wägen von einzelnen Aluschalen, s. Kapitel 5.5.1) und zwar innerhalb einer Zeitspanne von maximal zehn Tagen nach der Beprobung. Anschliessend mit Kunststoffsieb von 2 mm

Maschenweite sieben, wenn nötig vorgängig in der Reibschale oder im Backenbrecher zerkleinern. Anschliessend Einlagerung in der Pedothek. Probemenge: 3 Dosen pro Tiefenstufe. Zur Aufarbeitung der Proben mit dem Backenbrecher sowie Mahlen der Proben mit der Scheibenschwingmühle s. Kapitel 5.5.1.

#### **6.4.4 Einzelproben aus org. Auflagehorizonten und Mineralerde**

Bis zur Gewichtskonstanz (stichprobeweises Wägen von einzelnen Aluschalen, s. Kapitel 5.5.1) bei 35-40 °C im Ofen trocknen, und zwar innerhalb einer Zeitspanne von maximal zehn Tagen nach der Beprobung. *Organische Auflagehorizonte* aussortieren, mahlen (Kobalt-Kontamination!) und in Pedothek einlagern. Probemenge: maximal 2 Dosen pro Horizont. *Mineralerdeproben* mit Kunststoffsieb von 2 mm Maschenweite sieben, wenn nötig vorgängig in der Reibschale oder im Backenbrecher zerkleinern. Anschliessend Einlagerung in der Pedothek. Probemenge: 2 Dosen pro Tiefenstufe. Eine Analyse ist vorderhand nicht vorgesehen. Zur Aufarbeitung der Proben mit dem Backenbrecher sowie Mahlen der Proben mit der Scheibenschwingmühle s. Kapitel 5.5.1.

### **6.5 Laboranalysen**

#### **6.5.1 Allgemeines**

Es wurden vorderhand nur die Mischproben analysiert. Falls man zu einem späteren Zeitpunkt Angaben über die Variabilität des Bodens auf der Intensivmonitoring-Fläche benötigt, können die Einzelproben analysiert werden.

Über die Archivierung und Verfügbarkeit der chemischen und physikalischen Daten orientiert das Kapitel 8.

#### **6.5.2 Chemische UN-ECE-Parameter und Analysemethoden**

Die Auswahl der im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix zu untersuchenden chemischen Bodenparameter und die dabei zu verwendenden Analysemethoden richtet sich nach dem Manual for Integrated Monitoring der UN-ECE (UN-ECE, 1993). Aus technischen Gründen können im LWF-Kernprojekt nicht alle im Manual vorgegebenen Parameter und Analysemethoden berücksichtigt werden. Die Tabelle 3 in Kapitel 5.6.2 zeigt, welche chemischen Parameter in der Intensivmonitoring-Fläche erfasst werden. Die Tabelle 4 in Kapitel 5.6.2 gibt eine Übersicht über die Vergleichbarkeit von UN-ECE- und LWF-Analysemethoden.

Eine ausführliche Dokumentation der LWF-Laborvorschriften für die chemischen Bodenanalysen erfolgt im Anhang 6.

#### Bestimmung des Wassergehaltes

Die Messwerte der chemischen Analysen beziehen sich hinsichtlich Feuchtigkeitsgehalt stets auf das eingesetzte Probematerial. Die UN-ECE-Richtlinien sehen vor, die Messwerte auf ofentrockenes (Trocknung bei 105 °C) Probengewicht zu beziehen, die Proben jedoch nach einer Trocknung von maximal 40 °C zu analysieren. Für jede Probe muss somit der Wassergehalt nach 40 °C-Trocknung in Gewichts-% bekannt sein. Das Analyseresultat wird daher folgendermassen umgerechnet:

$$\text{UN-ECE-Resultat} = \text{Analyseresultat} * (100 + \% \text{ Wassergehalt}) / 100$$

Die Wassergehaltsbestimmung hat wie folgt zu erfolgen: Von jeder Probe werden 2\*20 Gramm (Doppelbestimmung) Material auf 2 Kommastellen genau eingewogen und bei 105 °C während 24 Stunden getrocknet. Abkühlen der Proben im Exikator und erneut auf 2 Kommastellen genau wägen. Die Messwerte sind in das Berechnungsformular (s. Anhang 45) einzutragen. Daraus wird der Wassergehalt berechnet (es gilt zu beachten, dass der Wassergehalt auf das bei 105 °C getrocknete Gewicht der Probe bezogen ist).

Von den organischen Auflagehorizonten werden bei Knappheit an Probematerial jeweils nur 10 Gramm eingewogen.

### **6.5.3 Physikalische Parameter und Analysemethoden**

Das Kapitel 5.6.3 gibt eine Übersicht über die in der Intensivmonitoring-Fläche zu erhebenden physikalischen Parameter sowie über die physikalischen Analysemethoden.

Das **Gewicht der organischen Auflagehorizonte** wird nur in der IM-Fläche erfasst. Daraus lässt sich der Hektarvorrat der organischen Auflage berechnen. Da die Gewichtsbestimmung bei der Aufarbeitung der Proben erfolgt, ist die Vorgehensweise dort nachzulesen (s. Kapitel 6.4.2).

## **6.6 Labornummern**

Sämtliche Proben, welche im Labor **chemisch** analysiert werden, müssen mit einer Labornummer versehen werden. Die Zuteilung der Nummern erfolgt bereits im Wald, um die Gefahr von Probeverwechslungen zu minimieren.

Bei der Wahl des Numerierungssystems mussten die an der WSL geltenden Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. Für eine Übersicht der Labornumerierung wird auf den Anhang 53 verwiesen.

## **6.7 Photodokumentation**

Die Arbeitsschritte der Bodenbeprobung auf den IM-Flächen und teilweise auch der Probenaufarbeitung sind photographisch dokumentiert. Die Bilder werden im Papierarchiv aufbewahrt (s. Kapitel 8).

## 7 Qualitätskontrolle

### 7.1 Bodenkartierung

#### 7.1.1 Genauigkeit

Über die Genauigkeit der eingemessenen Kartierungspunkte lässt sich keine Aussage machen. Die Punkte wurden zwar mit dem Theodolit eingemessen, digitale Karten sind zurzeit jedoch noch nicht verfügbar. Beim Einmessen mit dem Theodolit musste die Lage einiger Kartierungspunkte rekonstruiert werden, weil die Standetiketten nicht mehr auffindbar waren (Tiere, Witterungseinflüsse, etc.). Wir gehen davon aus, dass die Lage der Kartierungspunkte in den georeferenzierten Karten auf rund 1-2 m genau ist.

Die Genauigkeit der Bodenansprache ist merkmalsabhängig. Angaben über Geologie, Horizontbezeichnung, Vernässung und Bodentyp sind gutachtlich. Genauigkeitsangaben sind somit nicht möglich.

Skelettgehalt, Textur und Lagerungsdichte werden geschätzt. Die Kartierschlüssel enthalten absichtlich nur eine grobe Klasseneinteilung für diese Parameter, um die Schätzung robust zu machen.

Horizontmächtigkeit, Humusaufgabe und die Tiefe der Kalkgrenze können gemessen werden (Genauigkeit ca.  $\pm 1$  cm). Hier ist allerdings zu beachten, dass die Horizont- bzw. Kalkgrenze diffus sein kann und möglicherweise einen welligen bis verzahnten Verlauf hat. In diesen Fällen wird die geschätzte mittlere Tiefe angegeben. Die Angabe der Bodenfarbe ist durch Munsell-Farbtafeln standardisiert. Farbwerte sind mit einer Genauigkeit von einer halben Einheit in Intensität, Sättigung und "Farbton" zu interpretieren. Für die Genauigkeit des Labor-pH wird auf das Kapitel 7.2.7 verwiesen.

#### 7.1.2 Wiederholbarkeit

Eine Wiederholung der Kartierung ist nicht vorgesehen. Sollten künftig Untersuchungen an den Kartierungspunkten durchgeführt werden, können die Kartierpunkte anhand von Kartenangaben (s. Anhang 31) oder, ab 2002, auch mit georeferenzierten Karten aufgefunden werden. Kartierpunkte können bei einer erneuten Einmessung (mit gleichem Vorgehen und Material) mit einer geschätzten Abweichung von höchstens 1-2 m lokalisiert werden.

Die Nachvollziehbarkeit der Bodenansprache sollte durch die Verwendung von flächenspezifischen Kartierschlüsseln gewährleistet sein. Inwiefern die Rasterkartierung reproduzierbar und das damit verbundene Bodeninventar flächenrepräsentativ ist, hängt von der Bodenvariabilität ab. Die Wahl des Rasters (fixer Abstand) und der relativ grose Abstand der Rasterpunkte sind durch den Arbeitsaufwand begründet.

## **7.2 Bodenprofile und Monitoring der Bodenmatrix**

### **7.2.1 Einrichtung**

Die Profilorte liegen stets ausserhalb der LWF-Fläche, um Beschädigungen an Wurzeln numerierter Bäume und eine Beeinflussung des Wasserhaushaltes in der LWF-Fläche zu vermeiden.

Durch die mit dem Monitoring verbundenen Feldaktivitäten ist mit massiven Trittschäden und einer Beeinträchtigung der Bodenoberfläche zu rechnen. Um diese Belastungen in Grenzen zu halten, wurde ein Konzept mit einer Intensivmonitoring-Fläche gewählt, wo sich die Trittschäden auf die Begehungswege konzentrieren. Durch die Gliederung der IM-Fläche in Plots mit unterschiedlichen Forschungsschwerpunkten soll die gegenseitige Störung der Forscherteams minimiert werden.

### **7.2.2 Beprobung der Intensivmonitoring-Fläche**

In LWF-Flächen mit extrem skelettreichen oder uneinheitlich horizontierten Böden wird auf die Beprobung der IM-Fläche verzichtet, weil die in einer Folgebeprobung festgestellten Veränderungen vermutlich auf die Inhomogenität des Bodens und nicht auf tatsächliche Veränderungen im Ökosystem zurückzuführen wären.

Das Beprobungsschema in den Bodenplots (s. Abbildung 3), kombiniert mit dem Beprobungsprotokoll (s. Anhang 52) garantiert, dass bei Folgebeprobungen ungestörte Beprobungsquadrate beprobt werden können. Der Einfluss des Stammabflusses auf den Boden wird ausgeklammert, indem ein Beprobungsabstand von mindestens 1.5 m vom Stamm eingehalten wird.

Jede Bodenbeprobung ist destruktiv. Damit ist die Wiederholbarkeit der Beprobung nicht gewährleistet.

Die Variabilität der chemischen und physikalischen Eigenschaften der Bodenmatrix in der Fläche und im Jahresverlauf ist weitgehend unbekannt. Ein wahrer Wert ist für keinen der zu erhebenden Bodenparameter bekannt. Demnach wird es schwerfallen, zu entscheiden, ob eine beobachtete Veränderung des Bodens sich effektiv ereignet hat oder ob diese nur auf die Heterogenität des Bodens zurückzuführen ist. Das Sampling-Konzept der UN-ECE (UN-ECE, 1993) trägt dem Umstand der Bodenheterogenität Rechnung. Um diese in der Beprobung wenigstens teilweise zu erfassen, wird empfohlen, 16 Proben auf einer Fläche von 40\*40 m zu entnehmen und die Proben zu poolen (Mischproben). Mit (nicht gepoolten) Einzelproben dagegen soll die flächige Variabilität von Bodeneigenschaften dokumentiert werden. Da aber aus Gründen des Aufwandes vorerst nur die Mischproben analysiert wurden, können zurzeit nur sehr beschränkte Aussagen über die flächige Variabilität der chemischen Bodenparameter gemacht werden.

Es werden ausschliesslich nicht rostfreie Stahlgeräte zur Beprobung verwendet. Durch Abrieb von rostfreiem Stahl könnte der Boden mit Schwermetallen kontaminiert werden.

Die aufwendige und langwierige Beprobung setzt voraus, dass ruhig und konzentriert gearbeitet wird.

### **7.2.3 Ansprache der Bodenprofile**

Die im Profil erfassten Bodenmerkmale sind als Schätzwerte zu verstehen. Jedes Merkmal ist in grobe, nachvollziehbare Intensitätsklassen (Codes) gegliedert (s. Anhang 43). Dies soll die Objektivität der Ansprache erhöhen. Eine Schwierigkeit bei der Ansprache ist zudem die Tatsache, dass von einer flächigen Profilwandansprache Aussagen für einen grösseren Bodenraum gemacht werden. Dies ist in heterogenen Böden nur bedingt zulässig.

Eine vollständig nachvollziehbare Bodenansprache ist selbst mit bodenkundlichem Wissen nicht gewährleistet. Durch die codierte Protokollierung der Bodenmerkmale wird zwar eine gewisse Objektivität bei der Ansprache der Bodenmerkmale erreicht, doch liegt es in der Natur des Bodens, dass stets auch Subjektives und Unwägbares bei der Ansprache mitschwingt. Ein Aufnahmeanleitung, die eine einheitliche und vollständig nachvollziehbare Bodenansprache gewährleistet, existiert nicht.

### **7.2.4 Beprobung der Bodenprofile**

Die Bodenprofile werden gleichzeitig mit der Intensivmonitoring-Fläche beprobt. Dadurch sollten die Proben aus den Bodenprofilen und der IM-Fläche keine durch zeitliche Variabilität des Bodens bedingte Unterschiede aufweisen.

### **7.2.5 Zwischenlagerung und Aufarbeitung der Proben**

Um eine chemische Drift der Proben zu verhindern, werden sie im Kühlraum bei rund 3 °C zwischengelagert und innerhalb von 10 Tagen nach der Beprobung aufgearbeitet. Die Trocknung erfolgt bei lediglich 35-40 °C. Gesiebt werden die Proben mit einem Kunststoffsieb. Stahlsiebe könnten eine Kontamination der Probe mit Schwermetallen zur Folge haben.

### **7.2.6 Analyse physikalische Parameter**

Hier ist einzig die Wiederholbarkeit der Korngrössenanalyse (Textur) mittels Pipettmethode problematisch. Vor allem bei der Bestimmung der Sandfraktion muss die vorgeschriebene Sedimentationszeit minutiös eingehalten werden.

Bei der Analyse der übrigen physikalischen Parameter dürften keine systematischen Fehler von Bedeutung auftreten. Die Daten werden gutachtlich gesichtet und allfällige Ausreisser markiert. Bei Vorliegen von Ausreissern erfolgt, wo nötig und möglich, eine Nachmessung. Eine automatisierte, einheitlich definierte Datenkontrolle ist nicht vorgesehen.

### **7.2.7 Analyse chemische Parameter**

#### **7.2.7.1 Einleitung**

Im Manual for Integrated Monitoring der UN-ECE (UN-ECE, 1993) werden keine konkreten Angaben bezüglich Qualitätskontrolle im Labor gemacht. Es ist dort auch nicht vorgesehen, der UN-ECE die Daten mit einem statistischen Mass für die Streuung oder mit Angaben zur Reproduzierbarkeit zu rapportieren. Weil aber bei der Interpretation von Laborresultaten stets deren Qualität berücksichtigt werden muss, haben wir uns entschieden, die Bodendaten nach WSL-eigenen Qualitätsstandards zu erfassen und zu beurteilen. Im folgenden werden drei wichtige Kriterien der Reproduzierbarkeit von

Laboranalysen vorgestellt, nämlich die *Wiederholbarkeit*, die *Vergleichbarkeit* und die *Richtigkeit* von Labordaten.

Als Grundlage dienten uns die Erfahrungen, welche im Rahmen der NABO-Bodenerhebungen gemacht wurden (BUWAL/FAC, 1993).

### **7.2.7.2 Zuständigkeiten**

#### *7.2.7.2.1 Zentrallabor WSL*

Im Rahmen des LWF-Kernprojektes Bodenmatrix werden im Zentrallabor der WSL folgende Parameter gemessen:

- Elemente des Ammoniumchlorid-Extraktes
- Elemente des Salpetersäure-Extraktes
- C/N-Bestimmung

Bevor die Proben im Zentrallabor gemessen werden, müssen sie in der Abteilung Bodenökologie vorbereitet werden (Einwaage und Extraktion). Die diesbezüglichen Laborvorschriften können im Anhang 6 eingesehen werden.

#### *7.2.7.2.2 Abteilung Bodenökologie*

Im Rahmen des LWF-Kernprojektes Bodenmatrix werden in der Abteilung Bodenökologie folgende Parameter gemessen:

- pH (H<sub>2</sub>O, CaCl<sub>2</sub>, KCl)
- Azidität (total, Al, H)
- Carbonat
- P-Parameter

Die Messung dieser Parameter erfolgt nach Vorschrift. Die Laborvorschriften können im Anhang 6 eingesehen werden.

### **7.2.7.3 Wiederholbarkeit**

Die Wiederholbarkeit ist ein Mass für die Übereinstimmung von Messwerten, welche im gleichen Labor mit gleichem Probematerial, gleicher Methode, gleichem Gerät und gleichem Beobachter in kurzem Zeitabstand gemessen werden. Die eben genannten Anforderungen betreffend Wiederholbarkeit werden bei den LWF-Analysen, mit Ausnahme des Probematerials, eingehalten (einmal eingesetztes Probematerial kann nicht wiederverwendet werden). Das Kriterium "kurzer Zeitabstand" ist erfüllt, indem alle chemischen Parameter anhand von Mehrfachbestimmungen ermittelt werden.

Die Wiederholbarkeit einer Analyse kann mit einem statistischen Streuungsmass, der Standardabweichung (sd) oder dem Variationskoeffizienten (Cv) ausgedrückt werden.

#### *7.2.7.3.1 Tolerierte Abweichung der Mehrfachbestimmungen vom Mittelwert*

Der tolerierte Variationskoeffizient (Cv<sub>tol</sub>) der Messwerte von LWF-Bodenproben hängt von der Analysemethode ab. Per Definition gilt, dass der Variationskoeffizient (Cv) einer Mehrfachbestimmung nicht grösser als der tolerierte Variationskoeffizient (Cv<sub>tol</sub>) sein darf.

Zwischen der Bestimmungsgrenze (Bg) und einem definierten Schwellenwert (S) gelten weniger strenge Streuungsanforderungen: hier sollte die Standardabweichung (sd) der Messwerte nicht grösser sein als der Wert der Bestimmungsgrenze (Bg).

Der Schwellenwert (S) berechnet sich wie folgt:

$$S = (Bg * 100) / C_{v_{tol}}$$

Mit den eben beschriebenen Streuungsparametern werden die Messwerte (Mehrfachbestimmungen) einer ersten, automatisierten Streuungsbeurteilung unterzogen (Details dazu siehe weiter unten). Die Werte für die tolerierten Streubereiche ( $C_{v_{tol}}$ ) sind Erfahrungswerte. Sie wurden anhand von zahlreichen Messungen mehrerer WSL interner Referenzböden ermittelt. Die bei den LWF-Bodenanalysen tolerierten Streubereiche sind in der Tabelle 7 ersichtlich (Spalte G). Für die graphische Erläuterung der Sachverhalte wird auf die Abbildung 5 verwiesen.

#### 7.2.7.3.2 Manuelle Datenmanipulation – Ausschluss von Ausreissern

##### Übersicht

Falls die Streuung einer Mehrfachbestimmung grösser ist als toleriert, können die Messwerte unter bestimmten Voraussetzungen manuell manipuliert werden. Es dürfen allerdings nur Messwerte ausgeschlossen werden, welche eindeutig als Ausreisser deklariert werden können.

Bei Ausreissern handelt es sich um Messwerte, die im Vergleich zu den übrigen Messwerten einer Mehrfachbestimmung offensichtlich zu hoch oder zu tief sind.

*Definition Ausreisser im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix:*

Als Ausreisser wird jener Wert einer Mehrfachbestimmung bezeichnet, der mehr als eine Standardabweichung vom Mittelwert abweicht.

Ist die Streuung der verbleibenden Messwerte einer Mehrfachbestimmung nach Ausschluss eines Ausreissers immer noch grösser als toleriert, wird der Mittelwert in den Datenfiles des Zentrallabors ( $\text{HNO}_3$ -,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -Messung) dennoch rapportiert.

Beim Ausschluss eines Ausreissers ist stets zu prüfen, ob die Mehrzahl der Elemente in der betreffenden Extraktion ebenfalls auffällige Werte zeigt. Trifft dies zu, sind jeweils die Messwerte aller Elemente der fehlerhaften Extraktion zu verwerfen (als Ausreisser zu markieren).

Bei den chemischen Parametern, die in der Abteilung Bodenökologie gemessen werden und bei der C/N-Bestimmung im Zentrallabor wurden unmittelbar nach dem Feststellen von Ausreissern die nötigen Nachmessungen oder Nachextraktionen durchgeführt. Hier sind also die in Tabelle 7 (Spalte G) aufgeführten Qualitätsanforderungen bei allen rapportierten Mittelwerten erfüllt.

##### Beurteilung der Streuung in den Datenfiles des Zentrallabors ( $\text{HNO}_3$ - und $\text{NH}_4\text{Cl}$ Messwerte)

Nachfolgend wird beschrieben, welche Angaben in den Datenfiles des Zentrallabors bezüglich Streuung der Messwerte (Wiederholbarkeit) enthalten sind. Die Abbildungen 4 und 5 dienen zur bildlichen Erläuterung des Textes.

Fall a: Die 3 Messwerte einer M.fachbestimmung erfüllen die Streuungsanforderungen

**1. gilt für alle Messwerte**

Bedingung:  $Cv \leq Cv_{tol}$   
 Rapportiert: Einzelwerte, Mittelwert, Standardabweichung  
 ZL-Beurteilung: **gut** (s. Abb. 4, Ca grau hinterlegt)

**2. gilt für Messwerte zwischen Bestimmungsgrenze (Bg) und Schwellenwert (S)**

Bedingung:  $Cv > Cv_{tol}$  aber  $sd < Bg$   
 Rapportiert: Einzelwerte, Mittelwert, Standardabweichung  
 ZL-Beurteilung: **i.o.** (s. Abb. 4, Fe grau hinterlegt)

**3. gilt für Messwerte unter und knapp über der Bestimmungsgrenze (Bg)**

Bedingung: 3 Messwerte liegen unter der Bestimmungsgrenze  
 Rapportiert:  $< Bg$  (Wert),  $n < 2$   
 ZL-Beurteilung: **#WERT!** (s. Abb. 4, Al grau hinterlegt)

Bedingung: 2 Messwerte liegen unter der Bestimmungsgrenze (Bg)  
 --> der dritte Messwert wird stets ausgeschlossen

Rapportiert:  $< Bg$  (Wert),  $n < 2$   
 ZL-Beurteilung: **#WERT!** (s. Abb. 4, Fe grau hinterlegt)

Bedingung: 1 Messwert liegt unter der Bestimmungsgrenze (Bg)  
 Rapportiert: Einzelwerte, Mittelwert, Standardabweichung  
 ZL-Beurteilung: **gut** ( $Cv \leq Cv_{tol}$ ) oder **i.o.** ( $Cv > Cv_{tol}$  aber  $sd < Bg$ )  
 (s. Abb. 4, Fe grau hinterlegt)

Probennamen	Al	Ca	Fe	K	Probennamen	Al	Ca	Fe	K
BG in Lsg	0.050	0.200	0.040	0.800	BG in Lsg	0.050	0.200	0.040	0.800
BG in Probe	1.00	4.00	0.80	16.00	BG in Probe	1.00	4.00	0.80	16.00
Lp4 At 98 08 1	<1.00	3676.83	*4.84	92.05	Lp4 At 98 08 1	<1	3709.68	1.09	121.24
Lp4 At 98 08 2	<1.00	3719.03	1.36	150.43	s	n < 2	29.32	0.39	41.28
Lp4 At 98 08 3	<1.00	3733.18	0.82	*1260.45	ZL-Beurteilung	#WERT!	gut	i.o.	?!?
Lp4 At 98 61 1	6.24	5961.46	11.75	10607.88	Lp4 At 98 61 1	5.91	5919.77	10.79	10599.86
Lp4 At 98 61 2	5.88	5936.03	10.62	10628.78	s	0.31	51.77	0.89	33.66
Lp4 At 98 61 3	5.62	5861.82	9.99	10562.91	ZL-Beurteilung	gut	gut	gut	gut
Lp4 At 98 63 1	1.64	7390.04	1.49	432.93	Lp4 At 98 63 1	1.56	7408.45	1.26	436.50
Lp4 At 98 63 2	1.57	7462.12	1.24	423.42	s	0.08	47.23	0.21	15.19
Lp4 At 98 63 3	1.47	7373.19	1.06	453.16	ZL-Beurteilung	gut	gut	i.o.	gut
Lp4 At 98 64 1	1.10	7428.39	<0.80	169.09	Lp4 At 98 64 1	1.23	7465.73	1.64	172.04
Lp4 At 98 64 2	1.20	7522.17	1.84	174.32	s	0.16	49.72	0.29	2.68
Lp4 At 98 64 3	1.40	7446.63	1.43	172.73	ZL-Beurteilung	i.o.	gut	i.o.	gut
Lp4 At 98 65 1	1.62	6361.00	<0.80	92.34	Lp4 At 98 65 1	1.62	6352.25	<0.8	98.99
Lp4 At 98 65 2	1.57	6331.55	<0.80	106.51	s	0.04	18.00	n < 2	7.13
Lp4 At 98 65 3	1.66	6364.20	*0.97	98.12	ZL-Beurteilung	gut	gut	#WERT!	gut
Lp4 At 98 66 1	2.28	4376.27	2.32	79.99	Lp4 At 98 66 1	2.30	4365.70	2.15	80.24
Lp4 At 98 66 2	2.64	4385.20	2.11	*103.20	s	0.32	26.42	0.16	0.35
Lp4 At 98 66 3	2.00	4335.63	2.01	80.49	ZL-Beurteilung	i.o.	gut	gut	gut

Abbildung 4: Beurteilung der Streuung von Mehrfachbestimmungen in Datenfiles.

Die Abbildung zeigt beispielhaft ein Datenfile des Zentrallabors (ZL) mit Messwerten der  $NH_4Cl$ -Extraktion. In der linken Tabelle sind die Mehrfachbestimmungen (3-fach) enthalten, wobei die manuell ausgeschlossenen Ausreisser mit einem „\*“ markiert sind. In der rechten Tabelle sind die Mittelwerte und Standardabweichungen (s) der Mehrfachbestimmungen sowie die ZL-Beurteilungen der Streuung enthalten. Die grau hinterlegten Felder dienen zur Illustration im Text.

### Fall b: Die 3 Messwerte einer M.fachbestimmung erfüllen die Str.anforderungen nicht

In diesem Fall erfolgt die ZL-Beurteilung der Streuung mit der folgenden Signatur: „?!?“. Hier ist ein Ausreisser manuell zu markieren. Dies geschieht, indem der Ausreisser-Messwert im Datenfile mit der Signatur „\*“ ergänzt wird (Beispiele von markierten Ausreisser-Messwerten sind grau hinterlegte Fe- und K-Messwerte in Abb. 4). Der mit einem „\*“ gekennzeichnete Ausreisser-Messwert wird von Excel nicht als Zahl erkannt und bleibt für die Berechnung des Mittelwertes und der Standardabweichung sowie für die Beurteilung der Streuung unberücksichtigt (s. Abb. 4).

#### **1. nach Ausschluss eines Ausreissers sind Streuungsanforderungen erfüllt**

Bedingung: Ausreisser eliminiert („\*“ gesetzt), Mittelwert aus zwei Messwerten gebildet, Streuungsanforderungen sind nun erfüllt  
Rapportiert: Einzelwerte, Mittelwert, Standardabweichung  
ZL-Beurteilung: **gut** ( $Cv \leq Cv_{tol}$ ) oder **i.o.** ( $Cv > Cv_{tol} / sd < Bg$  ;  $Bg < \text{Mittelwert} < S$ ) (s. Abb. 4, K-Messwert 103.20 (Ausreisser) grau hinterlegt)

#### **2. nach Ausschluss eines Ausreissers sind Str.anforderungen nicht erfüllt**

Bedingung: Ausreisser eliminiert („\*“ gesetzt), Mittelwert aus zwei Messwerten gebildet, Streuungsanforderungen sind wiederum nicht erfüllt  
Rapportiert: Einzelwerte, Mittelwert, Standardabweichung  
ZL-Beurteilung: **?!?** (s. Abb. 4, K-Messwert 1260.45 (Ausreisser) grau hinterlegt)

Wichtig: Es darf niemals ein Ausreisser eliminiert werden, wenn die Beurteilung der Streuung „gut“ oder „i.o.“ lautet. Ein Ausreisser darf also nur bei Vorhandensein der Beurteilung „?!?“ eliminiert werden und als Sonderfall, falls zwei von drei Messwerten unter der Bestimmungsgrenze liegen.

Die Datenfiles der C/N-Bestimmung werden nach Bearbeitung im Zentrallabor nicht weiter manipuliert. Hier werden die Streubereiche aus Tabelle 7 (Spalte G) eingehalten.

In der Abbildung 5 ist zusammenfassend und schematisch dargestellt, wie die Streuung der Mehrfachbestimmungen durch das Zentrallabor beurteilt wird.

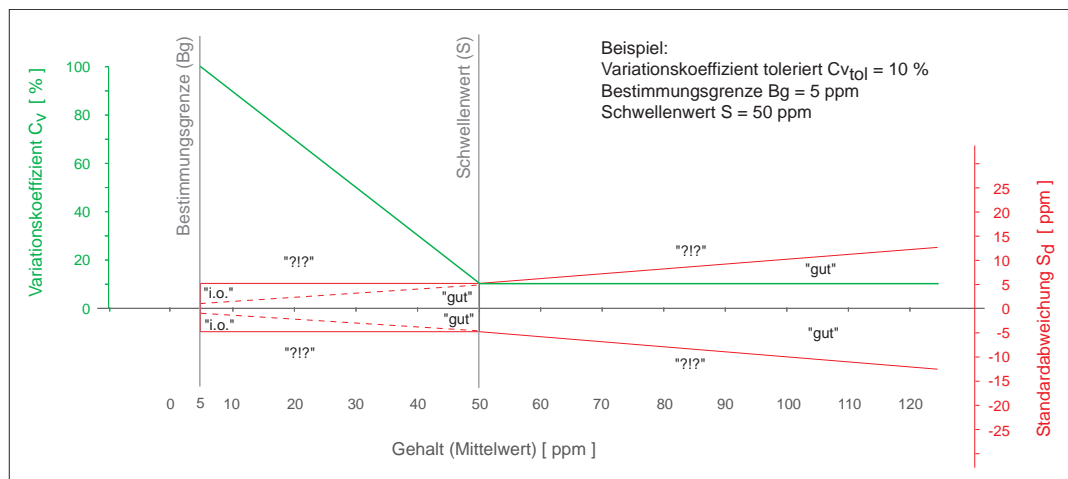


Abbildung 5: Beurteilung der Streuung von Mehrfachbestimmungen.

Falls die ZL-Beurteilung „?!?“ lautet, muss nach dem obenstehenden Verfahren ein Ausreisser manuell markiert (ausgeschlossen) werden.

## Beurteilung der Streuung in den Datenfiles der Abteilung Bodenökologie

Die Daten werden hier grundsätzlich auf die gleiche Weise auf Streuung geprüft und rapportiert wie jene aus dem Zentrallabor. Im Gegensatz zum Zentrallabor werden aber beim Auftreten von nicht tolerierten Streubereichen bereits während der Analyse unverzüglich die nötigen Nachmessungen oder Nachextraktionen durchgeführt.

Tabelle 7: Angaben zur Wiederholbarkeit von LWF-Bodenanalysen.

A	B	C	D	E	F	G
Methode	Anzahl Wiederholungen	Messgerät	Elemente	Bestimmungs Grenze (Bg)	Schwellen Wert (S)	Streubereiche toleriert*
pH H <sub>2</sub> O	2	Elektrode	-	-	-	± 0.1 pH Einheiten
pH CaCl <sub>2</sub>	2	Elektrode	-	-	-	± 0.1 pH Einheiten
pH KCl	2	Elektrode	-	-	-	± 0.1 pH Einheiten
NH <sub>4</sub> Cl-Extrakt	3 3 3 3 3 3 3 3	ICP-AES	<b>Al</b> <b>Na</b> <b>K</b> <b>Ca</b> <b>Mg</b> Fe Mn Pb Zn	0.70-1.70 mg/kg 0.58-2.60 mg/kg 6.00-16.00 mg/kg 0.54-4.00 mg/kg 0.10-2.00 mg/kg 0.80-1.10 mg/kg 0.28-0.44 mg/kg 0.64-1.02 mg/kg 0.48-1.36 mg/kg	7-17 mg/kg 5.8-26 mg/kg 60-160 mg/kg 5.4-40 mg/kg 1-20 mg/kg 8-11 mg/kg 2.8-4.4 mg/kg 6.4-10.2 mg/kg 4.8-13.6 mg/kg	± 10 % oder ± Bg
Azidität	2 2 -	Titroprozessor Methrom	<b>total</b> <b>Al</b> <b>H</b>	1.67 me/kg 1.67 me/kg (berechnet)	33.4 me/kg 33.4 me/kg -	± 5 % oder ± Bg ± 5 % oder ± Bg -
HNO <sub>3</sub> -Extrakt	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	ICP-AES	<b>Cd</b> <b>Cu</b> <b>Ni</b> <b>Cr</b> <b>Pb</b> <b>Zn</b> <b>Fe</b> Al Mn Si P Ca Mg K Ba Co	1.0-7.0 mg/kg 1.0-4.0 mg/kg 1.5-6.0 mg/kg 1.5-6.0 mg/kg 3.0-5.0 mg/kg 1.5-4.5 mg/kg 4.0-5.0 mg/kg 2.5-3.0 mg/kg 1.0-3.0 mg/kg 13.5-25.0 mg/kg 8.0-10.0 mg/kg 15.5-25.0 mg/kg 4.5-5.0 mg/kg 10.0-80.0 mg/kg 2.0-3.0 mg/kg 1.5-7.5 mg/kg	10-70 mg/kg 10-40 mg/kg 15-60 mg/kg 15-60 mg/kg 30-50 mg/kg 15-45 mg/kg 40-50 mg/kg 25-30 mg/kg 10-30 mg/kg 135-250 mg/kg 80-100 mg/kg 155-250 mg/kg 45-50 mg/kg 100-800 mg/kg 20-30 mg/kg 15-75 mg/kg	± 10 % oder ± Bg
Totalgehalte	-	XRF-EMMA	K Ca Ti, Fe Cr Mn Ni, As, Zr, Th Cu Pb, Y Zn, Br Sr Ga, Rb Se	1000 mg/kg 500 mg/kg 100 mg/kg 40 mg/kg 30 mg/kg 5 mg/kg 3 mg/kg 2.5 mg/kg 2 mg/kg 1.5 mg/kg 1 mg/kg 0.5 mg/kg	-	-
C <sub>tot</sub> / N <sub>tot</sub>	2 2	C/N-Analyser	<b>C</b> <b>N</b>	0.20 % 0.03 %	6.66 % 0.60 %	± 3 % oder ± Bg ± 5 % oder ± Bg
C <sub>anorg</sub>	2	CO <sub>2</sub> -Apparatur nach WSL	<b>C</b>	0.027 %	0.54 %	± 1 % oder ± Bg
P-Parameter	- 3 3	Photometer Shimadzu	P <sub>org</sub> P <sub>tot</sub> P <sub>anorg</sub>	(berechnet) 5-25 mg/kg 5-25 mg/kg	- 100-500 mg/kg 100-500 mg/kg	- ± 5 % oder ± Bg ± 5 % oder ± Bg

\* manueller Ausschluss eines Ausreissers, falls der tolerierte Streubereich nicht eingehalten wird

**fett:** Integrated-Monitoring-Element (UN-ECE, 1993)

Bei der Beurteilung der Mehrfachbestimmungen der LWF-Bodenproben wurde bei rund 5-10 % aller Mehrfachbestimmungen manuell ein Ausreisser entfernt.

Mittelwerte mit zu grosser Streuung, auch nach dem Ausschluss eines Ausreissers, betreffen rund 1 % der dokumentierten Datenmenge.

Wegen zu grosser Streuung, auch nach dem Ausschluss eines Ausreissers, wurden niemals Nachmessungen oder Nachextraktionen durchgeführt.

#### 7.2.7.3.3 *Echte Wiederholungen*

Darunter versteht man, gemäss NABO (BUWAL/FAC, 1993), eine Wiederholung von Extraktion und Messung in anderen Probeserien. Das Zeitintervall zwischen Analyse und Wiederholungsanalyse kann einige Wochen oder Monate betragen. Mit den echten Wiederholungen soll festgestellt werden, wie stark Messwerte einer Bodenprobe in der Zeitachse streuen und ob sich allenfalls eine Drift der Messwerte erkennen lässt. Mögliche Ursachen von Streuung und Drift sind Lagerungseffekte, Probenheterogenität und Veränderungen bei den Analysemethoden.

Als echte Wiederholungsmessungen können die periodisch durchgeführten Analysen des Referenzbodens (A3.002 Buchberg) betrachtet werden. Daneben interessiert aber auch das Verhalten von normal aufgearbeiteten, ungemahlten LWF-Bodenproben. Da wegen zu grossem Analyseaufwand nicht von allen LWF-Flächen Wiederholungsmessungen in die Untersuchung einbezogen werden können, wurden die Flächen nach der Bodenbeschaffenheit stratifiziert. Anschliessend wurden für die echten Wiederholungsmessungen sechs Bodenproben ausgewählt. Mit der Wahl dieser sechs bodengegenetisch sehr unterschiedlichen Proben wurde versucht, das weite Spektrum der Böden auf LWF-Flächen einigermaßen zu erfassen.

An Proben aus den folgenden (fett gedruckten) Flächen wurden echte Wiederholungsmessungen durchgeführt:

- Stratum 1:  
Saure Böden ohne oder mit nur geringer organischer Auflage  
OT, **LA**, JU, CE, CH, VW
- Stratum 2:  
Saure Böden mit organischer Auflage  
**BB**, CE
- Stratum 3:  
Böden mit neutralem bis basischem pH im Oberboden  
VS, LS, NP, AT, BS, **NK**
- Stratum 4:  
Böden des Tessins mit mächtigem, stark humosem Oberboden  
**NO**, IS

Von den echten Wiederholungen sind nur die Mischproben aus der IM-Fläche, nicht aber die Bodenprofilproben betroffen. Aus jeder IM-Fläche wurde nur eine der total vier Mischprobenserien untersucht, und zwar von folgenden Tiefenstufen oder Horizonten:

<b>Fläche</b>	<b>Tiefe</b>	<b>Labornummer</b>
LA	0-5 cm	EW Lm. La 95 23
LA	20-40 cm	EW Lm. La 95 26
BB	H-Horizont	EW Lm. Bb 97 02

NK	0-5 cm	EW Lm. Nk 97 33
NK	20-40 cm	EW Lm. Nk 97 36
NO	10-20 cm	EW Lm. No 97 15

Von jeder Bodenprobe wurden im Verlaufe der Zeit mindestens 15 echte Wiederholungsmessungen gemacht. Zwischen den Wiederholungen wurde ein gewisser Zeitabstand (einige Wochen bis Monate) eingehalten. Das Probematerial wurde stets aus derselben Lagerdose entnommen.

Es wurden für alle im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix gemessenen chemischen Parameter echte Wiederholungen durchgeführt, mit Ausnahme der pH-Bestimmung.

Die Resultate zur Wiederholbarkeit der Analysen, sowohl des internen Referenzbodens (A3.002 Buchberg) als auch der echten Wiederholungsproben sind dem Kapitel 7.2.7.7 und dem Anhang 7 zu entnehmen.

#### 7.2.7.4 Vergleichbarkeit

Unter Vergleichbarkeit versteht man die Reproduzierbarkeit von Resultaten zwischen verschiedenen Labors. Sie ist ein Mass für die Übereinstimmung von Resultaten, welche in verschiedenen Labors mit verschiedenen Beobachtern und Geräten am gleichen Probematerial mit der gleichen Methode gemessen werden.

Das Zentrallabor der WSL misst im Rahmen des LWF-Kernprojektes Bodenmatrix die  $\text{HNO}_3$ - und  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -Extrakte sowie die C/N-Gehalte. Das Zentrallabor nimmt periodisch an Ringversuchen teil. Dort werden folgende, im Kernprojekt Bodenmatrix verwendeten Analysemethoden verglichen:  $\text{HNO}_3$ -Extrakt,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -Extrakt, C/N-Analyse, pH  $\text{H}_2\text{O}$  und pH  $\text{CaCl}_2$ .

Angaben zu Ringversuchen, bei denen das WSL- Zentrallabor mitmacht, werden periodisch im Rahmen von WEPAL-ISE-Wageningen (Desaules et al.) publiziert. Leider war die Teilnahme an den Ringversuchen in den Jahren 1996-1999 und damit in der Zeit der Bodenanalysen des Kernprojektes Bodenmatrix seitens des Zentrallabors nicht konsequent erfolgt. Daher ist der Datensatz zu den Ringversuchen lückig. Er kann nicht sinnvoll ausgewertet werden.

Alle übrigen im Kernprojekt Bodenmatrix erfassten chemischen Parameter werden nicht an Ringversuchen validiert.

In Zukunft sollten Ringversuchsproben konsequent in die Analysen miteinbezogen werden. Neben Angaben zur Vergleichbarkeit der an der WSL gewonnenen chemischen Bodendaten könnten damit auch die von der UN-ECE verlangten Umrechnungsfaktoren (Kalibrierungskurven) für vom UN-ECE-Programm (UN-ECE, 1993) abweichende Labormethoden ermittelt werden. Folgende Parameter werden an der WSL in Abweichung zum UN-ECE-Programm erhoben:

<b>WSL:</b>	<b>UN-ECE:</b>
$\text{NH}_4\text{Cl}$ -Extrakt	$\text{BaCl}_2$ -Extrakt
$\text{CaCO}_3$ gravimetrisch	$\text{CaCO}_3$ volumetrisch
P-Parameter	$\text{P}_{\text{total}}$

### 7.2.7.5 Richtigkeit

Die Richtigkeit ist die Güte der Übereinstimmung zwischen dem Analyseresultat und dem wahren Wert. Der wahre Wert einer Bodenprobe ist infolge Probenheterogenität, komplexer Probenmatrix und teilweise unbekannter Bindungsverhältnisse meist nicht bekannt. Zur annähernden Beurteilung der Richtigkeit wird auf Sollwerte von Referenzmaterialien zurückgegriffen. Es gilt dabei: Wenn die Messung für das Referenzmaterial stimmt, dann stimmt sie auch für die LWF-Bodenproben. Neben den Referenzmaterialien tragen auch Standards und Blanks dazu bei, die Richtigkeit von Messresultaten zu verbessern.

#### 7.2.7.5.1 Standards

- Eichlösungen  
Sie werden für die Kalibrierung der Messinstrumente verwendet.
- Kontroll- und Referenzlösungen  
Mit diesen Lösungen werden die Eichfunktionen verifiziert.  
Die Tabelle 8 gibt eine Übersicht der eingesetzten Standards.

#### 7.2.7.5.2 Blanks

Die Blanks (Blindproben) durchlaufen die ganze Prozedur der Probenvorbereitung bis hin zur Messung. Mit der Messung der Blanks wird eine allfällige Kontamination der Reagentien erfasst.

Die Tabelle 8 orientiert über den Einsatz von Blanks.

Allfällige Kontaminationen in den Blanks wurden vernachlässigt, das heisst, eine Kontamination wurde nicht von den Messwerten der LWF-Bodenproben abgezogen. Eine Subtraktion der Blanks ist aus folgenden Gründen problematisch:

- die Streuung der 3 Messwerte eines Blanks ist oft so gross, dass kein vernünftiger Mittelwert gebildet werden kann
- die festgestellten Kontaminationen eines Blanks sind nicht repräsentativ für die Probenserie. Dies ist unter anderem daran ersichtlich, dass nach Abzug eines Blanks gelegentlich negative Gehalte in den LWF-Proben resultieren
- es ist fraglich, ob der Extraktionsgrad der Verunreinigungen im Blank vergleichbar ist mit demjenigen im Bodenextrakt. Insbesondere ist unklar, welche Anteile der Verunreinigung jeweils extrahiert werden

Die einzige Konsequenz allfälliger, anhand von Blanks festgestellter Kontaminationen lag darin, dass die Laboranten angehalten wurden, die Extraktionsgefässe gründlicher zu reinigen.

#### 7.2.7.5.3 Referenzmaterialien

Bei den chemischen Analysen im Labor werden Referenzmaterialien eingesetzt. Anhand der bekannten Sollbereiche oder Richtwerte der Referenzmaterialien kann die Richtigkeit einer Messung beurteilt werden. Mit Hilfe der Sollbereiche oder Richtwerte wird beurteilt, ob die von der Extraktion bis zur Messung durchgeführten Arbeitsschritte korrekt vorgenommen wurden.

Bei der C/N- und Carbonatbestimmung ist die Richtigkeit der Messwerte gewährleistet, weil zertifizierte Referenzmaterialien oder offizielle Materialien mit Sollwerten verwendet werden.

Für alle übrigen Parameter existieren keine verlässlichen Angaben betreffend Richtigkeit der Messresultate, weil hier ein an der WSL aufgearbeiteter, nicht zertifizierter Referenzboden verwendet wurde (A3.002 Buchberg). Von diesem Boden wurde für jeden Messparameter ein empirischer Mittelwert bestimmt, und zwar in Versuchsreihen von mehr als 20 Messungen. Es wird angenommen, dass es sich beim empirisch ermittelten Mittelwert um den wahren Wert handelt, was aber nicht bewiesen werden kann. Die empirisch bestimmten Mittelwerte mit den zugehörigen Streubereichen werden bei der Datenkontrolle als Sollbereiche verwendet. Bei der Festlegung dieser Sollbereiche blieben Kontaminationen der Blanks unberücksichtigt, das heisst, es wurden keine Blanks abgezogen.

Die Tabelle 8 orientiert über die eingesetzten Referenzmaterialien sowie deren Sollbereiche und Richtwerte.

Tabelle 8: Standards, Blanks und Referenzmaterialien.

Methode	Anzahl Standards	Blanks	Referenzmaterial	Sollbereiche / Richtwerte
pH H <sub>2</sub> O	2	nein	A3.002 Buchberg	4.75 - 5.05
pH CaCl <sub>2</sub>	2	nein	A3.002 Buchberg	4.05 - 4.25
pH KCl	2	nein	A3.002 Buchberg gemahlen	4.05 - 4.25
Ammoniumchlorid-Extrakt	6	ja	A3.002 Buchberg gemahlen	Al 141-173 mg/kg Ca 246-300 mg/kg Fe 2.2-4.4 mg/kg K 92-124 mg/kg Mg 55-67 mg/kg Mn 94-114 mg/kg
Azidität	-	ja	A3.002 Buchberg gemahlen	Az <sub>Al</sub> 14.0-17.0 mmol/kg Az <sub>tot</sub> 17.5-21.5 mmol/kg
Salpetersäure-Extrakt	6	ja	A3.002 Buchberg gemahlen	Al 9270-11330 mg/kg Ca 480-586 mg/kg Cr 16-28 mg/kg Cu <4-11 mg/kg Fe 11070-13530 mg/kg K 560-680 mg/kg Mg 2295-2805 mg/kg Mn 635-775 mg/kg Ni 11-23 mg/kg Pb 7-13 mg/kg Si 1980-2420 mg/kg Zn 27-37 mg/kg
C <sub>tot</sub> /N <sub>tot</sub>	4	nein	ISE-Standard 921  ISE-Standard 980	C 4.705 % N 0.285 % C 0.624 % N 0.045 %
CaCO <sub>3</sub>	-	nein	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-
P <sub>Parameter</sub>	6	nein	A3.002 Buchberg gemahlen	P <sub>tot</sub> 310-350 mg/kg P <sub>anorg</sub> 210-250 mg/kg

### Einige generelle Angaben zum Referenzboden A3.002 Buchberg

- Standort Lokalform Buchberg
- Labor-Nr. A3.002
- Horizont / Tiefe (E)B / 20-35cm
- Probenahmedatum 1992
- Mahlen der Probe mit Scheibenschwingmühle („Bleuler-Mill“), 1.5 min.
- Homogenisieren Mahlgut mit Erdmischer der WSL, rund 5 min.

Pro Probenserie wird jeweils nur eine Referenzprobe gemessen (3-fach Bestimmung).

Die Beurteilung der Richtigkeit von Messwerten erfolgt anhand der Sollbereiche und Richtwerte der Referenzmaterialien (Referenzprobe). Nur bei grossen Abweichungen vom jeweiligen Sollbereich oder Richtwert erfolgt eine Nachmessung oder Nachextraktion einer Probenserie. Dies war bei den Analysen der LWF-Bodenproben in rund 5 % aller Fälle (Messungen) nötig.

#### **7.2.7.6 Zusammenfassung Ablauf Datenkontrolle**

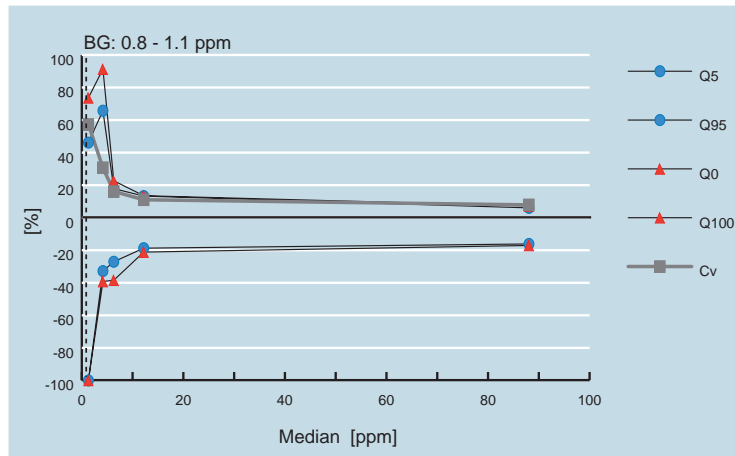
Nachfolgend als Zusammenfassung der Ablauf der Datenkontrolle hinsichtlich Wiederholbarkeit und Richtigkeit:

Nach Übertragung der im Zentrallabor ermittelten Messwerte in die Datenfiles (Excel-Files) werden sämtliche Messwerte einer automatisierten Streuungsbeurteilung unterzogen. Dabei wird die Wiederholbarkeit der Mehrfachbestimmungen beurteilt und mit einer Signatur kommentiert. Nachdem allfällige Ausreisser manuell entfernt worden sind, werden die Mittelwerte der Referenzboden-Messwerte (A3.002 Buchberg) mit den Sollbereichen des Referenzbodens (A3.002 Buchberg) verglichen. Bei grosser Abweichung eines oder mehrerer Messparameter (Elemente) vom Sollbereich erfolgt eine Nachmessung oder Nachextraktion der betroffenen Probeserie. Ob eine Nachextraktion oder Nachmessung nötig ist, entscheidet der Projektverantwortliche ohne fix verbindliche Vorgaben zu befolgen. Bei den in der Abteilung Bodenökologie erfassten Bodenparametern erfolgt die Datenkontrolle auf analoge Weise. Allerdings werden hier die nötigen Nachmessungen und Nachextraktionen gleich während dem Messvorgang durchgeführt. Die Verantwortung dafür liegt beim Laborpersonal.

#### **7.2.7.7 Zusammenfassung Datenreproduzierbarkeit**

Aus den weiter oben erläuterten Gründen können nur beschränkte Aussagen zur Datenreproduzierbarkeit gemacht werden. Wir verfügen über zuverlässige Angaben zur Wiederholbarkeit, relativ schlechte zur Richtigkeit und keine zur Vergleichbarkeit unserer Laboranalysen. Im Folgenden wird etwas eingehender auf die Wiederholbarkeit eingegangen.

Über die Herleitung der Angaben zur Wiederholbarkeit orientiert das Kapitel 7.2.7.3.3. Im Anhang 7 ist das Ausmass der Wiederholbarkeit für einige wichtige, im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix erfasste chemische Parameter dargestellt. Die dort vorhandenen Abbildungen sind für jeden Messparameter identisch gestaltet. In der Abbildung 6 wird am Beispiel des Eisens (Fe aus der  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -Extraktion) gezeigt, wie die Informationen zur Wiederholbarkeit dokumentiert sind.



Boden		Nk36	Nk33	La26	Ref	No15	La23	Bb02
n Wiederholungen		14	15	16	52	15	16	14
Mittelwert	[ppm]	0.1	0.2	1.2	4.3	6.2	12.0	85.9
Median	[ppm]	0.0	0.0	1.3	4.2	6.3	12.2	88.1
sd	[ppm]	0.4	1.0	0.7	1.3	1.0	1.3	6.8
CV	[%]	374.2	387.3	57.3	30.7	16.1	11.0	7.9
Q100	[%]	nb	nb	73.7	91.3	22.7	13.5	7.2
Q0	[%]	nb	nb	-100.0	-39.2	-38.4	-21.1	-17.1
Q95	[%]	nb	nb	46.1	65.8	17.9	13.3	6.0
Q5	[%]	nb	nb	-100.0	-32.8	-27.1	-18.7	-16.1
n Extraktionen		42	41	45	146	44	47	42

Abbildung 6: Wiederholbarkeit von Laboranalysen in Abhängigkeit des Stoffgehaltes; Beispiel: Fe aus der NH<sub>4</sub>Cl-Extraktion.

Erläuterungen zur Abbildung 6:

Die Wiederholbarkeit der Analysen verbessert sich mit zunehmendem Fe-Gehalt der Proben. Ab einem Gehalt von rund 15 ppm kann Fe stabil, das heisst mit einem Cv < 10 % gemessen werden.

Die in der Datentabelle enthaltenen Streuungswerte werden in der darüberliegenden Graphik dargestellt. Zu den Angaben in der Datentabelle:

- Boden 7 Bodenproben als echte Wiederholungen, aufsteigend nach Median sortiert (Reihenfolge in Tabelle entspricht jener in der Graphik)
- n Wiederholungen Anzahl der Mehrfachbestimmungen (≠ Extraktionen)
- Mittelwert Gehalt, aus den n Wiederholungen berechneter Mittelwert
- Median Gehalt, aus den n Wiederholungen berechneter Median
- sd Standardabweichung der n Wiederholungen
- CV Variationskoeffizient der n Wiederholungen
- Q100 100 % Quantil der n Wiederholungen (Abweichung vom Median)
- Q0 0 % Quantil der n Wiederholungen (Abweichung vom Median)
- Q95 95 % Quantil der n Wiederholungen (Abweichung vom Median)
- Q5 5 % Quantil der n Wiederholungen (Abweichung vom Median)
- n Extraktionen Anzahl berücksichtigter Extraktionen (Ausreisser sind mit „\*“ eliminiert)

Anhand unserer Auswertungen zur Wiederholbarkeit können Angaben zu folgenden Problemkreisen gegeben werden:

- Wie gross ist die für ein bestimmtes Element zu erwartende Streuung in Abhängigkeit des Stoffgehaltes einer Bodenprobe?
- Ab welchem Gehalt kann ein Element stabil, das heisst mit vertretbarem Variationskoeffizient (Cv) gemessen werden?
- Besteht eine zeitliche Drift bei den Wiederholungsmessungen?
- Wie gross ist die Datenqualität (Streuung) im Bereich gesetzlich verankerter Richtwerte (zB Schwermetall-Richtwerte der VBBö (VBBö, 1998))?

In der Tabelle 9 (Spalte D) wird die Frage nach der Messbarkeit von Bodenproben teilweise beantwortet. Wir sind in der Lage, für viele der im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix erfassten Elemente einen Grenzwert anzugeben, ab dem das Element stabil, das heisst mit einem Variationskoeffizient (Cv) von weniger als 10 %, gemessen werden kann. Dabei wird natürlich vorausgesetzt, dass mit den in der vorliegenden Aufnahmeanleitung beschriebenen Analysemethoden gearbeitet wird.

Tabelle 9: Messbarkeit in Abhängigkeit des Stoffgehaltes.

A	B	C	D	E
Element	Analyse	Einheit	Stabil messbar ab Grenzwert (Cv < 10 %)	Maximale Abweichung vom Median (über dem Grenzwert) [%]
Al	HNO <sub>3</sub>	ppm	< 2000	25
Ba	HNO <sub>3</sub>	ppm	< 23	35
Ca	HNO <sub>3</sub>	ppm	1000	20
Cd	HNO <sub>3</sub>	ppm	nicht messbar	-
Co	HNO <sub>3</sub>	ppm	10	11
Cr	HNO <sub>3</sub>	ppm	> 4 < 16	37
Cu	HNO <sub>3</sub>	ppm	6	35
Fe	HNO <sub>3</sub>	ppm	< 1850	30
K	HNO <sub>3</sub>	ppm	< 400	30
Mg	HNO <sub>3</sub>	ppm	< 300	25
Mn	HNO <sub>3</sub>	ppm	< 11	21
Ni	HNO <sub>3</sub>	ppm	20	17
P	HNO <sub>3</sub>	ppm	< 250	30
Pb	HNO <sub>3</sub>	ppm	30	20
Zi	HNO <sub>3</sub>	ppm	< 30	25
Al	NH <sub>4</sub> Cl	ppm	< 150	19
Ca	NH <sub>4</sub> Cl	ppm	< 40	30
Fe	NH <sub>4</sub> Cl	ppm	15	17
K	NH <sub>4</sub> Cl	ppm	> 35 < 65	40
Mg	NH <sub>4</sub> Cl	ppm	< 10	17
Mn	NH <sub>4</sub> Cl	ppm	1	35
Pb	NH <sub>4</sub> Cl	ppm	>> 16	-

Zn	NH <sub>4</sub> Cl	ppm	> 5 < 77	10
Al + H	Azidität	mmolc/kg	< 18	14
H	Azidität	mmolc/kg	< 15	18
C <sub>anorg</sub>	Carbonat	%	< 0.45	11
C <sub>tot</sub>	C/N	%	< 1	15
N <sub>tot</sub>	C/N	%	0.1	13
P <sub>anorg</sub>	P-Parameter	ppm	> 70 < 85	16
P <sub>tot</sub>	P-Parameter	ppm	< 335	16

Die Analysen zur Ermittlung der Wiederholbarkeit erstreckten sich über rund 1.5 Jahre, beim Referenzboden (A3.002 Buchberg) sogar über rund 2 Jahre. Bei keinem einzigen Element konnte eine zeitliche Drift festgestellt werden (s. Kapitel 8.3.3).

## 8 Datenarchivierung

### 8.1 Organisation der Datenarchivierung

Um die Sicherheit und Verfügbarkeit der Bodendaten aus der Erstbeprobung langfristig zu gewährleisten, werden diese sowohl auf Papier als auch auf einer CD-Rom archiviert. Die Kapitel 8.2 und 8.3 informieren im Detail über die Archivierung.

Für den WSL-internen Gebrauch sind die Bodendaten auch weiterhin über das Netzwerk der WSL verfügbar. Der Pfad zum Speicherort lautet wie folgt: Sphinx/Org/LWF-Bodenoek/Sekt/LWF-Boden. Die Struktur und der Umfang der LWF-Bodendaten auf der Sphinx sind weitgehend identisch mit der CD-Rom (s. Kapitel 8.3).

### 8.2 Papierarchiv

Die Tabelle 10 orientiert über den Umfang und Ort des Papierarchivs. Verantwortlich für die Verwaltung dieses Archivs ist Peter Lüscher.

Tabelle 10: Angaben zum Papierarchiv.

Thema	Lagerort	Umfang	Inhalt
Photodokumentation	Büro B 35	5 orange Ordner	Kartierung, Beprobung, Probenaufarbeitung
Dokumentation Bodenmatrix	Büro B 35	16 rote Ordner (Alp-Vor)	Profilprotokolle, Photos Bodenprofile, Bodenkarten, LWF-Flächenpläne, usw.
Feldordner Bodenmatrix	Büro B 35	16 graue Ordner (Alp-Vor)	Kartierschlüssel, Kartierprotokolle, LWF-Flächenpläne, Flächenskizzen usw.
LWF-Analysmethoden	Korridor B-Stock	1 grauer Ordner	Laborvorschriften LWF-Bodenmatrix
Dokumentation Analysen Chemie IM-Fläche (inkl. pH-Kartierung)	Korridor B-Stock	14 grüne Ordner (Alp-Vor) (ohne Chi und Cel)	Messprotokolle der Analysegeräte, Eichprotokolle, Hardcopies der Datenfiles, Handprotokolle, Probebegleitzettel Zentrallabor
Dokumentation Analysen Chemie Bodenprofile	Korridor B-Stock	16 grüne Ordner (Alp-Vor)	Messprotokolle der Analysegeräte, Eichprotokolle, Hardcopies der Datenfiles, Handprotokolle
Dokumentation Analysen Echte Wiederholungen	Korridor B-Stock	1 grauer Ordner	Messprotokolle der Analysegeräte, Eichprotokolle, Hardcopies der Datenfiles, Handprotokolle
Dokumentation Analysen physikalische Parameter	Korridor B-Stock	1 grauer Ordner	Handprotokolle

### 8.3 CD-Rom Archiv

Die vorliegende Aufnahmeanleitung orientiert ausführlich über die Methoden, die im Rahmen des LWF-Kernprojektes Bodenmatrix verwendet wurden. Im Anhang der Aufnahmeanleitung sind die verwendeten Arbeitsunterlagen, wie etwa Aufnahmeprotokolle und Berechnungsformulare, zur Illustration zusammengestellt.


Aus Platzgründen ist es nicht möglich, alle von den 16 LWF-Flächen vorhandenen, für eine Folgebeprobung nützlichen Dokumente in die Aufnahmeanleitung zu integrieren. Genau dies ist der Zweck der im Anhang 9 beigelegten CD-Rom. Auf der CD sind alle für eine Folgebeprobung nötigen Dokumente mit den entsprechenden methodischen Informationen vorhanden.

Daneben enthält die CD aber auch alle von den 16 LWF-Flächen vorhandenen Bodendaten, allerdings nur in Form von Daten-Rohfiles. Sie enthält keine abgeleiteten (berechneten) Bodendaten.

Schliesslich sind auf der CD Informationen zur Reproduzierbarkeit aller im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix erfassten chemischen Bodenparameter enthalten.

In den Kapitel 8.3.1 bis 8.3.3 wird der Inhalt der CD-Rom im Detail vorgestellt. Die Tabelle 11 enthält Wissenswertes über die CD-Rom.

Tabelle 11: Angaben zur CD-Rom.

<b>CD-Titel</b>	LWF_Matrix_Erstbeprobung_94-99
<b>CD-Inhalt</b>	
<b>CD-Grösse</b>	rund 150 MB
<b>CD-Format</b>	Mac OS und PC (hybrid) CD-Rom (CD-R)
<b>CD-Brenner</b>	Lite-on LTR-24102B (MMC3)
<b>Brenn-Software</b>	Roxio Toast Titanium 5.02
<b>Brenndatum</b>	Frühjahr 2002
<b>Betriebssystem</b>	Mac OS 9.1 (Mac OS D2-9.1)
<b>Software</b>	MS Word 98 (.doc) MS Excel 98 (.xls) MS Powerpoint 98 (.ppt) Adobe Illustrator 9.0 (.eps) Simple Text D1-1.4 (.txt) Graphic Converter 4.08 (.jpg)

### 8.3.1 Aufnahmeanleitung

Um den Inhalt der vorliegenden Aufnahmeanleitung für die EDV verfügbar zu machen, wurde sie auf CD-Rom gebrannt. In den Tabellen 12 und 13 wird der Inhalt anhand von Screenshots vorgestellt.

Tabelle 12: Inhalt der Aufnahmeanleitung.

Aufnahmeanleitung		
15 Objekte, 2.59 GB frei		
Name	Größe	Art
A Titelblatt.ppt	1.4 MB	Microsoft PowerPoint-Dokument
B Aufnahmeanleitung.doc	1.5 MB	Microsoft Word 97-98-Dokument
C Tabellen und Abbildungen	3.5 MB	Ordner
D Anhang	22 MB	Ordner
A1 Ablauf Feldarbeit	120 KB	Ordner
A2 Feldmaterial	472 KB	Ordner
A3 Bodenkartierung	2.7 MB	Ordner
A4 Bodenprofile	6.6 MB	Ordner
A5 Monitoring Bodenmatrix	3.5 MB	Ordner
A6 Laborvorschriften	1.1 MB	Ordner
A7 Datenreproduzierbarkeit	6.4 MB	Ordner
A8 Literaturverzeichnis	204 KB	Ordner
A9 Datenarchiv	444 KB	Ordner
Titelblatt Anhang.doc	272 KB	Microsoft Word 97-98-Dokument
E Terminologie LWF.doc	40 KB	Microsoft Word 97-98-Dokument

Die Aufnahmeanleitung ist in fünf Teile (A-E) gegliedert.

A Titelblatt der Aufnahmeanleitung

B vollständige Aufnahmeanleitung, so wie sie auch auf Papier vorliegt

C Tabellen und Abbildungen der Aufnahmeanleitung, erstellt mit verschiedenen Softwareprogrammen. Damit diese Files in die Aufnahmeanleitung (Word-Dokument) eingefügt werden können, wurde von allen nicht in Word erstellten Files ein Postscript-File (.eps-File) generiert

D Anhänge A1 bis A9 und Titelblatt Anhang(Inhalt siehe Tabelle 13)

E Terminologie LWF-Flächenorganisation

Tabelle 13: Inhalt des Anhangs.

D Anhang		
30 Objekte, 2.58 GB frei		
Name	Größe	Art
▶ A1 Ablauf Feldarbeit	120 KB	Ordner
▶ A2 Feldmaterial	472 KB	Ordner
▶ A3 Bodenkartierung	2.7 MB	Ordner
▼ A4 Bodenprofile	6.6 MB	Ordner
A4 Bodenprofile.doc	2.7 MB	Microsoft Word 97-98-Dokument
▼ Teile Anhang 4	3.9 MB	Ordner
41 Bsp Lage Bodenprofile.eps	260 KB	Adobe Illustrator® 9.0 Dokument
42 Bsp Kommentar Beprobung.doc	432 KB	Microsoft Word 97-98-Dokument
43 Bsp Aufnahmeprotokoll.jpeg	724 KB	GraphicConverter JPEG-Bild
44 Uebers_Labornummern.eps	360 KB	Adobe Illustrator® 9.0 Dokument
44 Uebers_Labornummern.xls	16 KB	Microsoft Excel Dokument
45 Best_Wassergehalt.eps	352 KB	Adobe Illustrator® 9.0 Dokument
45 Best_Wassergehalt.xls	16 KB	Microsoft Excel Dokument
46 Best_Dichte_Skelett.eps	432 KB	Adobe Illustrator® 9.0 Dokument
46 Best_Dichte_Skelett.xls	16 KB	Microsoft Excel Dokument
47 Best_Textur.eps	344 KB	Adobe Illustrator® 9.0 Dokument
47 Best_Textur.xls	40 KB	Microsoft Excel Dokument
▼ 48 Reelle Dichte	756 KB	Ordner
48.1 Best_reelle Dicht.eps	392 KB	Adobe Illustrator® 9.0 Dokument
48.1 Best_reelle Dichte.xls	20 KB	Microsoft Excel Dokument
48.2 Angaben_Pyknometer.eps	316 KB	Adobe Illustrator® 9.0 Dokument
48.2 Angaben_Pyknometer.xls	28 KB	Microsoft Excel Dokument
49 Best_Porositaeet.eps	248 KB	Adobe Illustrator® 9.0 Dokument
49 Best_Porositaeet.xls	12 KB	Microsoft Excel Dokument
▶ A5 Monitoring Bodenmatrix	3.5 MB	Ordner
▶ A6 Laborvorschriften	1.1 MB	Ordner
▶ A7 Datenreproduzierbarkeit	6.4 MB	Ordner
▶ A8 Literaturverzeichnis	204 KB	Ordner
▶ A9 Datenarchiv	444 KB	Ordner
Titelblatt Anhang.doc	272 KB	Microsoft Word 97-98-Dokument

Der Anhang der Aufnahmeanleitung ist in 9 Teile (A1-A9) gegliedert. Jeder Teil besteht in der Regel aus einem zusammenfassenden Word-Dokument (zB A4 Bodenprofile) und einem Sammelordner, wo die einzelnen Files separat gespeichert sind (zB Teile Anhang 4: 41-49). Die Files wurden in verschiedenen Programmen erstellt, meist in MS Word, MS Excel oder Adobe Illustrator. Damit diese Files in das zusammenfassende Word-Dokument eingefügt werden können, wurde von allen nicht in Word erstellten Files ein Postscript (.eps-File) generiert. Auch diese eps-Files sind in den Sammelordnern enthalten.

### 8.3.2 Daten LWF-Bodenmatrix

Die Tabellen 14 und 15 orientieren über die Archivierung der Bodendaten des LWF-Kernprojektes Bodenmatrix. Im CD-Datenarchiv sind einerseits Informationen zum methodischen Vorgehen bei der Beprobung, andererseits auch die Datenfiles der Erstbeprobung vorhanden. In den Datenfiles sind nur die Rohdaten enthalten. Die Datenfiles liegen also in der Form vor, wie sie dem verantwortlichen Projektleiter von den Labo- ranten der Abteilung Bodenökologie oder vom Zentrallabor zugestellt werden. Die Aus- reisser sind in diesen Datenfiles bereits entsprechend markiert (s. Kapitel 7.2.7.3.2). Berechnete oder abgeleitete Bodendaten sind nicht auf der CD archiviert.

Tabelle 14: Übersicht Archivierung Bodendaten.

Daten LWF Bodenmatrix			
25 Objekte, 2,58 GB frei			
Name	Größe	Art	
▼ LWF Flächen	95.3 MB	Ordner	
▼ Alptal AT	5.7 MB	Ordner	
▶ Bodenprofile	580 KB	Ordner	
▶ Kartierung	4.6 MB	Ordner	
▶ Monitoring Matrix	596 KB	Ordner	
▶ Beatenberg BB	8.6 MB	Ordner	
▶ Bettlachstock BS	4.8 MB	Ordner	
▶ Celerina CE	7.1 MB	Ordner	
▶ Chironico CH	4.9 MB	Ordner	
▶ Isonne IS	5.6 MB	Ordner	
▶ Jussy JU	5.1 MB	Ordner	
▶ Lausanne LA	7.3 MB	Ordner	
▶ Lens LS	6.1 MB	Ordner	
▶ Nationalpark NP	6.4 MB	Ordner	
▶ Neunkirch NK	3.3 MB	Ordner	
▶ Novaggio NO	3.8 MB	Ordner	
▶ Othmarsingen OT	8.8 MB	Ordner	
▶ Schänis SC	3.7 MB	Ordner	
▶ Visp VS	8.1 MB	Ordner	
▶ Vorderwald VW	5.1 MB	Ordner	
▼ Weitere Datenfiles	9.3 MB	Ordner	
▶ Daten Profile LA 94	132 KB	Ordner	
▶ Daten Profile OT 94	108 KB	Ordner	
▶ HN03_NH4Cl_C_N	9.1 MB	Ordner	
▶ XRF_Cherbukin.xls	40 KB	Microsoft Excel Dokument	

**LWF Flächen:**  
Die Datenarchivierung erfolgt getrennt nach LWF-Flächen. Die Bodendaten der einzelnen LWF-Flächen sind getrennt nach Bodenprofilen, Kartierung und Monitoring abgelegt. Eine detailliertere Übersicht gibt die Tabelle 15.

**Weitere Datenfiles:**  
Von den Bodenprofilen der LWF-Fläche Lausanne (LA) und Othmarsingen (OT) sind Bodendaten aus einer Vorstudie von 1994 vorhanden. Diese Daten sind gesondert abgelegt. Im dritten Ordner sind die Rohdatenfiles aus dem Zentrallabor enthalten. Das Excel-File „XRF\_Cherbukin“ enthält die Rohdaten der in Kanada durchgeführten Totalanalysen.

Tabelle 15: Detail Archivierung Bodendaten.

Daten LWF Bodenmatrix		
50 Objekte, 2,58 GB frei		
Name	Größe	Art
▼ LWF Flächen	95.3 MB	Ordner
▼ Alptal AT	5.7 MB	Ordner
▼ Bodenprofile	580 KB	Ordner
Kommentar Beprobung.doc	32 KB	Microsoft Word 97-98-Dokument
Labornummern Profile.xls	12 KB	Microsoft Excel Dokument
Lage Bodenprofile.eps	256 KB	Adobe Illustrator® 9.0 Dokument
▼ Parameter Chemie Profile	200 KB	Ordner
Azidität Profile AT 98.xls	60 KB	Microsoft Excel Dokument
CaCO3 Profile AT 98.xls	24 KB	Microsoft Excel Dokument
C_N Profile AT 98.xls	20 KB	Microsoft Excel Dokument
HM03 Profile AT 98.xls	16 KB	Microsoft Excel Dokument
NH4Cl Profile AT 98.xls	12 KB	Microsoft Excel Dokument
pH CaCl2 Profile AT 98.xls	20 KB	Microsoft Excel Dokument
pH H2O Profile AT 98.xls	20 KB	Microsoft Excel Dokument
pH KCl Profile AT 98.xls	16 KB	Microsoft Excel Dokument
XRF Profile AT 98.xls	12 KB	Microsoft Excel Dokument
▼ Parameter Physik Profile	80 KB	Ordner
Dichte_Skelett Prof AT 98.xls	20 KB	Microsoft Excel Dokument
Textur Profile AT 98.xls	44 KB	Microsoft Excel Dokument
Wassergehalt Profile AT 98.xls	16 KB	Microsoft Excel Dokument
▼ Kartierung	4.6 MB	Ordner
▼ Bodenkarten	4.1 MB	Ordner
Datentabelle.xls	32 KB	Microsoft Excel Dokument
Farbschlüssel.xls	40 KB	Microsoft Word 97-98-Dokument
Kartier raster.eps	336 KB	Adobe Illustrator® 9.0 Dokument
Kartierschlüssel.doc	32 KB	Microsoft Word 97-98-Dokument
pH CaCl2 Kartierung.xls	32 KB	Microsoft Excel Dokument
▼ Monitoring Matrix	596 KB	Ordner
Beprobungsprotokoll IM.xls	16 KB	Microsoft Excel Dokument
Kommentar Beprobung.txt	8 KB	SimpleText Textdokument
Labornummern IM.xls	28 KB	Microsoft Excel Dokument
Lage IM Fläche.eps	272 KB	Adobe Illustrator® 9.0 Dokument
▼ Parameter Chemie IM	240 KB	Ordner
▼ Parameter Physik IM	32 KB	Ordner
▼ Beatenberg BB	8.6 MB	Ordner
▼ Bettlachstock BS	4.8 MB	Ordner
▼ Celerina CF	7.1 MB	Ordner

Die Struktur der Datenarchivierung ist für alle 16 LWF-Flächen identisch. Nachfolgend wird die Struktur am Beispiel der LWF-Fläche Alptal erläutert.

**Bodenprofile:**

Hier sind Files zum methodischen Vorgehen bei der Beprobung und Probenaufarbeitung, zur Lage der Bodenprofile sowie Angaben zur Labornummerierung enthalten. Zudem sind hier die Datenfiles mit den chemischen und physikalischen Bodenprofildaten abgelegt.

**Kartierung:**

Dieser Ordner enthält den flächenspezifischen Kartierschlüssel, das Kartier raster und die Datenfiles der Bodenkartierung. Zudem sind hier die Bodenkarten und der dazugehörige Farbschlüssel archiviert.

**Monitoring Matrix:**

Hier sind Files zum methodischen Vorgehen bei der Beprobung und Probenaufarbeitung, zur Lage der Intensivmonitoring-Fläche sowie Angaben zur Labornummerierung enthalten. Zudem sind hier die Datenfiles mit den chemischen und physikalischen Monitoringdaten abgelegt.

### 8.3.3 Datenreproduzierbarkeit

Die Angaben zur Datenreproduzierbarkeit wurden mit wiederholten Messungen von sieben ausgewählten Bodenproben über eine längere Zeitspanne gewonnen (s. Kapitel 7.2.7.3.3). Die Tabelle 16 orientiert über die Archivierung der für die Qualitätskontrolle massgebenden Datenfiles.

Tabelle 16: Übersicht Archivierung Datenreproduzierbarkeit.

20 Objekte, 2,58 GB frei		
Name	Größe	Art
Wiederholbarkeit	9.3 MB	Ordner
Azidität	500 KB	Ordner
C_N_P	1.3 MB	Ordner
C_anorg.eps	288 KB	Adobe Illustrator® 9.0 Dokument
C_tot.eps	252 KB	Adobe Illustrator® 9.0 Dokument
N_tot.eps	300 KB	Adobe Illustrator® 9.0 Dokument
P_anorg.eps	296 KB	Adobe Illustrator® 9.0 Dokument
P_tot.eps	296 KB	Adobe Illustrator® 9.0 Dokument
HN03	4.8 MB	Ordner
NH4Cl	2.5 MB	Ordner
Zeitverlauf	672 KB	Ordner
Azidität	48 KB	Ordner
C_N_P	112 KB	Ordner
C_anorg.xls	16 KB	Microsoft Excel Dokument
C_tot.xls	24 KB	Microsoft Excel Dokument
N_tot.xls	24 KB	Microsoft Excel Dokument
P_anorg.xls	24 KB	Microsoft Excel Dokument
P_tot.xls	24 KB	Microsoft Excel Dokument
HN03	284 KB	Ordner
NH4Cl	228 KB	Ordner

**Wiederholbarkeit:**  
In diesem Ordner sind die Angaben zur Wiederholbarkeit der Laboranalysen für alle im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix erfassten chemischen Bodenparameter dokumentiert.

**Zeitverlauf:**  
Hier ist für alle im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix erfassten chemischen Bodenparameter dokumentiert, wie sich ihre Messwerte (Gehalte) auf der Zeitachse, also in der Zeitspanne der Wiederholungsmessungen (1.5-2 Jahre) verhielten. Insbesondere ist ersichtlich, ob eine zeitliche Drift vorhanden ist.

## **Inhaltsverzeichnis Anhang Aufnahmeanleitung**

---

**A1 Übersicht Feldarbeit**

**A2 Feldmaterial und Lieferanten**

**A3 Bodenkartierung**

**A4 Bodenprofile**

**A5 Monitoring Bodenmatrix**

**A6 Laborvorschriften Bodenmatrix**

**A7 Datenreproduzierbarkeit**

**A8 Literaturverzeichnis**

**A9 CD-Datenarchiv**

---

### **11 Vorgehen Bodenkartierung**

### **12 Vorgehen Bodenprofile und Intensivmonitoring-Fläche**

---

#### **11 Vorgehen Bodenkartierung**

- Sondierbohrungen und Beprobung für Kartierschlüssel machen
- Kartierschlüssel erstellen
- Einmessen des Kartierrasters (rund 30 m x 30 m)
- Bodenkartierung ausführen, inkl. Probenahme für pH-Messung

#### **12 Vorgehen Bodenprofile und Intensivmonitoring-Fläche**

- Lage der Bodenprofile bestimmen, Profile graben und mit Protokoll aufnehmen
- Lage der Intensivmonitoring-Fläche bestimmen (Grundlage sind die Bodenkarten)
- Einmessen und verpflocken der Intensivmonitoring-Fläche
- Beprobieren der Intensivmonitoring-Fläche und der Bodenprofile
- Aufarbeiten und archivieren der Bodenproben
- Chemische und physikalische Analysen durchführen
- Wiederholen der Beprobung nach 10-20 Jahren (nur Intensivmonitoring-Fläche)

### **21 Liste Feldmaterial**

### **22 Materiallieferanten**

---

### **21 Liste Feldmaterial**

#### **211 Bodenkartierung**

- Fernrohrbussole Typ Meridian
- Kompass Typ Suunto
- Messbänder
- Jalons
- Standetiketten
- Rahmenbohrer, Längen 1.5 und 3.0 m, ø 8 cm
- Pürkhauer, Längen 1.0 und 1.5 m, ø 2.8 cm
- Pickel
- Holzkänel
- Kunststoffplanen
- Kleinmaterial

#### **212 Bodenprofile**

##### **2121 Aushub**

- Doppelmeter
- Spaten, Normalstahl
- Schaufel, Normalstahl
- Pickel, Normalstahl
- Messer, Edelstahl
- Baumschere
- Fuchsschwanz
- Axt

##### **2122 Beprobung Bodendichte (Material pro Bodenprofil)**

- 1 schwerer Hammer
- 3 Stahlzylinder à 458 cm<sup>3</sup> (Höhe 5 cm), Edelstahl
- 3 Bürgerzylinder à 1000 cm<sup>3</sup> (Höhe 10 cm), Edelstahl
- 1 Schlagaufsatz für Stahl- und Bürgerzylinder

- mehrere Hartholz-Schlagbrettchen
- 1 Spaten, Normalstahl
- 1 Schaufel, Normalstahl
- 1 Pickel, Normalstahl
- 1 Doppelmeter
- 1 Messer, Edelstahl
- 2 Plastiksäcke, 3 dm<sup>3</sup> Volumen, Polyethylen
- 10 Plastiksäcke, 5 dm<sup>3</sup> Volumen, Polyethylen
- 15 Papierkärtchen
- 1 Edding Stift wasserfest (+ 1 Reserve)
- 15 Bindfäden, 40 cm lang

### **2123 Beprobung Bodenchemie (Material pro Bodenprofil)**

- 1 Doppelmeter
- 2 Pflasterkessel Kunststoff
- 10 Abdeckfolien, Plastik, 2x2m
- 12 Plastiksäcke Polyethylen, 3 dm<sup>3</sup>, für Mineralerde
- 2 Plastiksäcke Polyethylen, 5 dm<sup>3</sup>, für Auflagehorizonte
- 15 Bindfäden, 40 cm Länge
- 1 Edding-Stift, wasserfest
- 15 Papierkärtchen
- 1 Messer, Klinge 16 cm, Edelstahl
- 1 Spaten, Normalstahl
- 2 Pflanzschaufeln, Normalstahl
- 2 Katzenszungen-Kellen, Edelstahl
- 1 Baumschere
- 1 Rolle Stahlwolle
- 2 Kanister, Kunststoff, 10 dm<sup>3</sup>
- mehrere Stofflappen (Putzlappen)
- Papiertaschentücher

### **2124 Absperrung (Material pro Bodenprofil)**

- 4 unbehandelte Holzpfähle, Länge 150 cm, für Abschränkung
- mehrere unbehandelte, 4 cm dicke Holzbretter, für Abdeckung
- 4 unbehandelte Kanthölzer, für Abdeckung
- Markierband Plastik, farbig
- 1 Schlegelhammer
- 1 Hammer
- Nägel
- 1 Schaufel
- 1 Pickel

- 1 Spaten

## **213 Monitoring Bodenmatrix**

### **2131 Einmessung Intensivmonitoring-Fläche (Material pro Fläche)**

- 1 Fernrohrbussole MI-4008
- 1 Dreibeinstativ Mini-Pro
- 1 Gertel
- 1 Messband 30 m
- 20-30 Geometerjalons, 200 cm lang
- 2 Bussolen Typ Suunto
- 100 Standetiketten aus Kunststoff, Höhe 45 cm
- 1 Doppelmeter
- 1 Edding-Stift wasserfest

### **2132 Verpflockung Intensivmonitoring-Fläche (Material pro Fläche)**

- 10 Geometerjalons, Länge 200 cm
- 1 Doppelmeter
- 70 orange Kunststoffrohre ø 4 cm, Länge 50 cm
- 35 blaue Kunststoffrohre ø 4 cm, Länge 50 cm
- 4 Polyesterbeton-Grenzmarken orange, Länge 60 cm
- 1 Kunststoff-Einschlaghaube zu Grenzmarken
- 1 Metallschlüssel zum Richten der Grenzmarken
- 1 schwerer Hammer
- 1 Schlegelhammer
- 1 Locheisen
- 1 Fuchsschwanz
- 1 Farbspray orange
- 1 Farbspray blau
- 1 Edding-Stift wasserfest

### **2133 Beprobung (Material pro Fläche für eine 2-Personen-Equipe)**

- 25 Standetiketten, Kunststoff, Länge 45 cm
- 1 Doppelmeter
- 1 Metall-Stechrahmen 30x30 cm, für organische Auflage quantitativ
- 2 Cutter
- 2 Pflasterkessel, Kunststoff
- 10 Abdeckfolien, Plastik, 2x2m
- 1 Messbehälter, Polyethylen, 2 dm<sup>3</sup>
- 5 Weithalstrommeln rund mit Deckel, Polyethylen, 30 l, für Mischproben Mineralerde
- 2-4 Lagerbehälter rechteckig mit Deckel, Polyethylen, 60 l, für Mp L- und F-Horizont
- 2-4 Lagerbehälter rechteckig mit Deckel, Polyethylen, 20 l, für Mp H-Horizont

- 40 Plastiksäcke Polyethylen, 3 dm<sup>3</sup>, für Einzelproben Mineralerde
- 45 Plastiksäcke Polyethylen, 5 dm<sup>3</sup>, für Mischproben und organische Einzelproben
- 100 Bindfäden, 40 cm Länge
- 2 Edding-Stifte, wasserfest
- 100 Papieretiketten
- 2 Messer, Klinge 16 cm, Edelstahl
- 1 Spaten, Normalstahl
- 1 Rahmenbohrer ø 8 cm, für Beprobung in 60-80 cm Tiefe
- 2 Pflanzschaufeln, Einfachstahl
- 2 Katzenszungen-Kellen, Edelstahl
- 2 Pflasterkellen, Edelstahl
- 1 Baumschere
- 1 Rolle Stahlwolle
- 2 Kanister, Kunststoff, 10 dm<sup>3</sup>
- mehrere Stofflappen (Putzlappen)
- Papiertaschentücher

## 22 Materiallieferanten

Artikel	Firma / Ort	Ausmasse	Material	Einheit	Preis (Fr)
Absperrband	Kessler, Schiers	Grösse 200	Plastik	Stk.	20.00
Absperrband	Richner AG, Aarau	250 m	Plastik	Stk.	9.80
Aceton	Fluka Chemie AG, Buchs	2.5 l		Flasche	34.00
Aluformen für Trockenschrank	Pakoba AG, Stetten	256mmx156mmx52mm	Aluminium	Stk.	116.00
Analysensieb	Digitana AG, Horgen	Maschenweite 2mm	Polyamid	Stk.	144.00
Analysensieb nach DIN ISO	Schiritz+Hauenstein, Arlesheim	ø=400mm/h=60mm	Stahl	Stk.	373.00
Auslaufstutzen zu Kanister	Semadeni AG, Ostermündingen		Polyethylen	Stk.	2.80
Beutel LD-PE	Semadeni AG, Ostermündingen	650mmx400mm	Polyethylen	Stk.	0.32
Bretter für Bodenprofile	Hefti und Gob, Zürich	30mmx300mmx1.5m	Holz	m <sup>3</sup>	580.00
Burgerzylinder	Kölliker Artur, WSL	ø=10.8cm/L=5cm/	rostfr. Stahl	Stk.	-
Deckel grau	Semadeni AG, Ostermündingen	60cmx40cm	Polyethylen	Stk.	11.75
Dosen LD-PE 2l	Semadeni AG, Ostermündingen	ø=150mm/h=140mm	Polyethylen	Stk.	4.70
Dreibeinsteinstativ Mini-Pro	LKU GMBH, Urdorf		Alu	Stk.	220.00
Einschlaghauben zu Grenzmarken	Schenkel Vermessungen, Zürich		Kunststoff	Stk.	115.00
Ersatzstiel zu Spaten	Kessler, Schiers		Eschenholz	Stk.	12.50
Ethanol	Fluka Chemie AG, Buchs	2.5 l		Flasche	50.70
Farbspray rot/blau	Roland Schmied, Zofingen			Stk.	13.00
Felco-Säge	Waldw. Verb. der CH, Soloth.			Stk.	26.65
Fernrohrbussole/MI-4008	Spektros AG			Stk.	1088.85
Gartenspaten, feinpoliert	Kessler, Schiers		Normalstahl	Stk.	62.00
Gartenspaten, normal	Kessler, Schiers		Normalstahl	Stk.	35.00
Gertel	Waldw. Verb. der CH, Soloth.	L= 31 cm	Metall	Stk.	30.00
Gertelhacken	Richner AG, Aarau		verzinkt	Stk.	6.50
Grenzmarken, Windrosen, gelb	Schenkel Vermessungen, Zürich	L: 60 cm mit Spreizanker	Poly.-Beton	Stk.	16.50
Grenzmarken, Windrosen, orange	Schenkel Vermessungen, Zürich	L: 60 cm mit Spreizanker	Poly.-Beton	Stk.	16.50
Holzpfähle , roh	Rüegger Holzhandel, Uerkheim	ø=5cm/L=150cm	CH-Holz	Stk.	2.90
Industriebehälter; 50l	Semadeni AG, Ostermündingen	ø=355/400mm/h=440mm	Polyethylen	Stk.	26.50
Jalons rot weiss	LKU GMBH, Urdorf	2m	Holz	Stk.	32.00

(Fortsetzung der Tabelle)

Artikel	Firma / Ort	Ausmasse	Material	Einheit	Preis (Fr)
Kanister HD-PE, gelb	Semadeni AG, Ostermündingen	10l	Polyethylen	Stk.	15.55
Kanister mit Auslauf komplet	Semadeni AG, Ostermündingen	10l	Polyethylen	Stk.	46.60
Klebebuchstaben	Rigling Beschriftungen, Schaffh.	H: 20mm	3M Scotch Fol.	Stk.	0.60
Knieschoner	Richner AG, Aarau		Gummi	Paar	40.00
Knieschoner,NEO SOFT	Kessler, Schiers		Kunststoff	Paar	70.00
Kunststoff- Rohre, hellblau	Schenkel Vermessungen, Zürich	2m / $\varnothing$ =4 cm	Kunststoff	Stk.	10.00
Kunststoff- Rohre, orange	Schenkel Vermessungen, Zürich	2m / $\varnothing$ =4 cm	Kunststoff	Stk.	10.00
Lagerbehälter HD-PE 20l	Semadeni AG, Ostermündingen	60cmx40cmx12.5 cm	Polyethylen	Stk.	21.65
Lagerbehälter HD-PE 60l	Semadeni AG, Ostermündingen	60cmx40cmx31cm	Polyethylen	Stk.	37.20
Lagerbox mit Deckel	ABC, Urdorf		Polyethylen	Stk.	37.00
Lagerdosen	Semadeni AG, Ostermündingen	155mmx138mmx59mm	Polystrol	Stk.	2.68
Lagerdosen	Semadeni AG, Ostermündingen	83mmx83mmx59mm	Polystrol	Stk.	1.18
Messer, gelb	Wenger AG, Delsberg	Klinge=16 cm	Edelstahl	Stk.	10.10
Metallrahmen	Kölliker Artur, WSL	30cmx30cm	rostfr. Stahl	Stk.	–
Motor für Ueberkopfschüttler	Saia AG, Murten			Stk.	174.25
Pflanzkellen	Richner AG, Aarau	Grösse 80	Normalstahl	Stk.	10.00
Pflanzkellen	Kessler, Schiers	Gr. 160, Katzenszunge	Edelstahl	Stk.	7.50
Pflanzkellen	Richner AG, Aarau	Gr. 160, Katzenszunge	Edelstahl	Stk.	7.50
Pflasterkellen	Richner AG, Aarau	Gösse 22	Normalstahl	Stk.	8.50
Pflasterkessel	Kessler, Schiers	$\varnothing$ =360mm	Kunststoff	Stk.	7.00
Plasterkellen	Kessler, Schiers	Grösse 80	Normalstahl	Stk.	10.00
Plastik-Abdeckfolie	Semadeni AG, Ostermündingen	3mx50m/Stärke: 0.15mm	Polyethylen	Rolle	80.05
Plastikpflocke, orange	Schenkel Vermessungen, Zürich	Kreuzprofil L: 42 cm	Kunststoff	Stk.	0.90
Rako-Behälter	Georg Utz AG,Bremgarten	40 l	Polyethylen	Stk.	26.85
Rako-Behälter	Georg Utz AG,Bremgarten	53 l	Polyethylen	Stk.	30.40
Rako-Behälter	Georg Utz AG,Bremgarten	90 l	Polyethylen	Stk.	50.00
Rep. Bussole	Waldw.Verb. der CH, Soloth.				–
Ringsieb	Schiritz+Hauenstein, Arlesheim	1 mm Maschenweite	Wolframkarbon	Stk.	476.00
Schlüssel (für Grenzmarken)	Schenkel Vermessungen, Zürich		Metall	Stk.	60.00
Schreinerhammer	Richner AG, Aarau	Gösse 28		Stk.	8.00
Stahlwolle	Baumgartner AG, Zürich	Feinheit Nr. 2	Stahl	Rolle	25.00
Standart Soil Color Charts	AGBA, Ebikon			Stk.	230.00
Standetiketten, Soporco	Hortima AG, Hausen b. Brugg	L=45cm/8mmx12mm	Polypropylen	Stk.	0.63
Trockenpfanne	Digitana AG, Horgen	passend zu Analysesieb	Polyamid	Stk.	69.00
Ueberkopfschüttler	Kölliker Artur, WSL	für 80 Flaschen		Stk.	–
Weithalstrommel, orange	Semadeni AG, Ostermündingen	30l/ $\varnothing$ =325mm/H=445	Polyethylen	Stk.	14.60

**31 Beispiel Kartierraster**

**32 Beispiel Kartierschlüssel**

**33 Beispiel Kartierprotokoll**

**34 Beispiel Farbschlüssel**

**35 Farbskala**

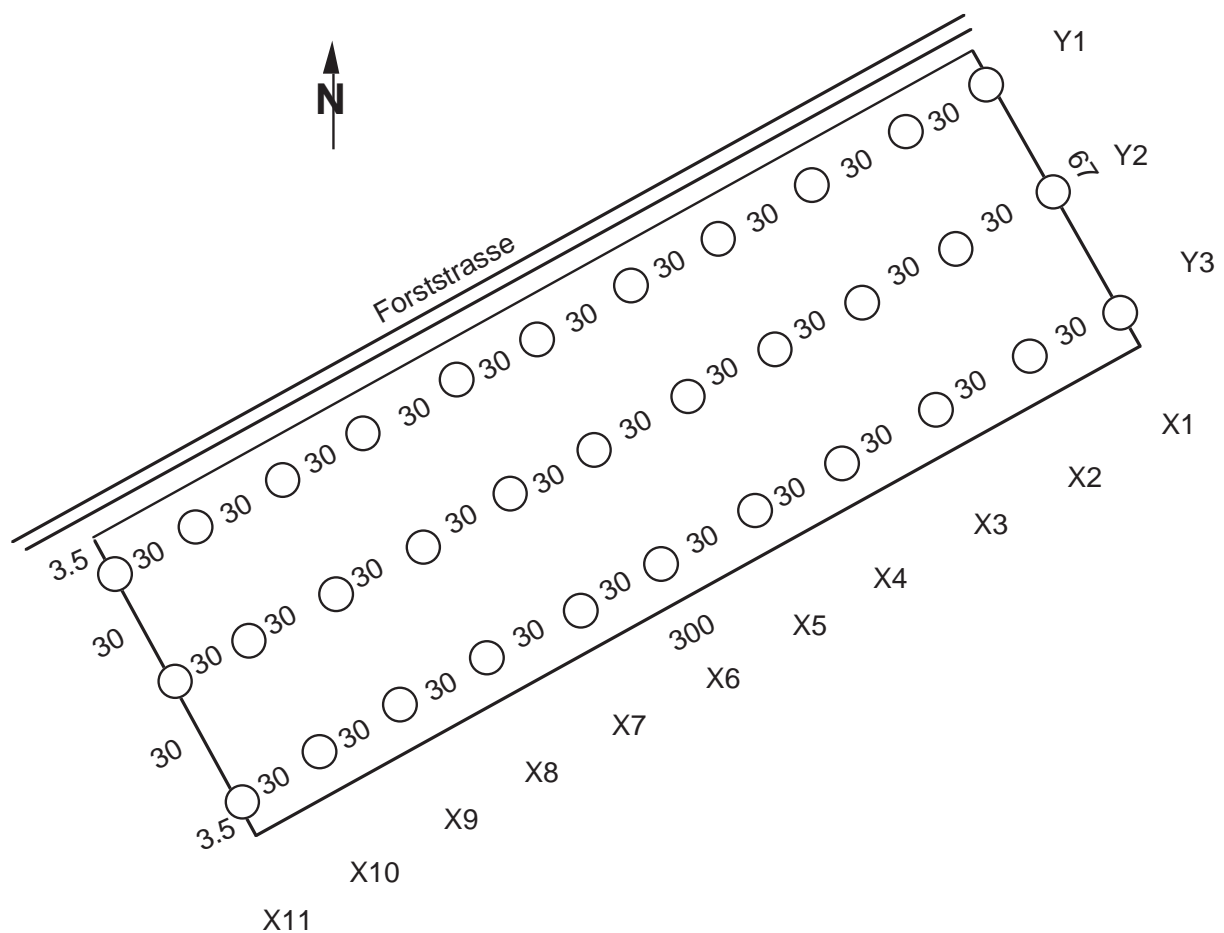
**36 Beispiel Bodenkarte**

---

## 31 Beispiel Kartier raster

### LWF-Musterfläche / Kernprojekt Bodenmatrix

Raster der Bodenkartierung



Masse in m

Alle Distanzen wurden schräg gemessen (nicht orthogonal)

Karte ist nicht masstabgetreu

## 32 Beispiel Kartierschlüssel

### Bodenkartierung LWF-Musterfläche

#### Erhobene Merkmale und Kriterien

**Bohrtiefe:** Die Bodenerschliessung erfolgte mit dem Rahmenbohrer.  
Bohrtiefe bis auf **Kalkgrenze**. Wo diese tiefer als 150 cm verläuft, bis auf **150 cm**. An einigen Rasterpunkten > 150 cm, zur Erhebung der Kalkgrenze.

**Horizontierung:** Die Farbansprache erfolgt an **feuchten** Bodenproben

Ln, Lv, [F]	F ist zersetzt und faserig
Ah	10 YR 4/2-3 oder dunkler
EA	10 YR 5/2-3
E	10 YR 6/3-4 sowie 5/4 oder heller
Bt	mit Tonhäuten, Dichte erhöht
B1,2,3	ohne Tonhäute, <b>braun</b>
BC	sandig, grau-braun, <b>kalkfrei</b>
Cv	<b>kalkhaltig</b> , Einfluss Muttergestein markant
R	Molasseuntergrund, kalkhaltig, <b>fest</b>

Die Horizonte sind, wo nötig, mit **S** oder **(S)** zu kombinieren:

(S)X	mit einzelnen, kleinflächigen Vernässungsmerkmalen
SX	mit mässig vielen, mittelgrossen Vernässungsmerkmalen
S	mit vielen Vernässungsmerkmalen, Verbraunung gestört

**Wechsel Geologie:** **II** vor Horizontbezeichnungen beifügen

**Skelettgehalt:** Ansprache horizontweise  
skelettfrei: 0  
mässig skeletthaltig: 1  
skelettreich: 2

**Körnung:** Ansprache horizontweise  
Codes 1-10

**Lagerungsdichte:** Ansprache während dem Bohren, Tiefenbereich angeben  
sehr locker: 0 (org. Auflage)  
locker: 1  
mittel: 2  
dicht: 3

**Hydromorphie:** quali-und quantitativ, Ansprache horizontweise  
0 keine Vernässungsmerkmale  
1 **mit** Vernässungsmerkmalen

#### **Klassierung der Bodenvernässung:**

*keine Vernässung (0):* oberhalb 90 cm ohne Vernässungsmerkmale

*sehr schwach pseudovergleyt (ssp):* (S)X oberhalb 90 cm Tiefe

*schwach pseudovergleyt (sp):* SX zwischen 60 und 90 cm Tiefe

*pseudovergleyt (p):* S zwischen 60 und 90 cm Tiefe

*stark pseudovergleyt (stp):* S zwischen 40 und 90 cm Tiefe

#### **Gewichtung der Bodenvernässung:**

Böden, welche sich nicht nach den oben angeführten Tiefenbereichen der Vernässung klassieren lassen, werden wie folgt behandelt:

Greift eine bestimmte Vernässungsintensität höher als **10 cm** über eine definierte

Bodentiefengrenze, wird der Boden um eine Vernässungsstufe hydromorpher klassiert.

<b>Säuregrad:</b>	Beprobung nach fixen Tiefen und bodengenetischen Horizonten <b>5-10 cm, 70 cm (+- 10 cm), 150 cm (+- 10 cm)</b> unterhalb der Kalkgrenze werden keine pH-Proben entnommen
<b>Humusformindex:</b>	wenn F- oder Ahh- Horizonte vorhanden ----> <b>0.9</b> , sonst <b>1.0</b>
<b>Humusform:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Ah &gt; 8 cm, ohne Auflage</li> <li>2 Ah &lt; 8 cm, ohne Auflage</li> <li>3 F- und/oder Ahh-Auflage <b>bis max. 0.5 cm</b> und Ah &lt; 8 cm</li> <li>4 F- und/oder Ahh-Auflage <b>0.5-3 cm</b> und Ah &lt; 8 cm</li> </ol>
<b>Bodentypen:</b>	<b>Parabraunerde:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>0 ohne Vernässung</li> <li>1 sehr schwach pseudovergleyt (ssp)</li> <li>2 schwach pseudovergleyt (sp)</li> <li>3 pseudovergleyt (p)</li> <li>4 stark pseudovergleyt (stp)</li> </ol>



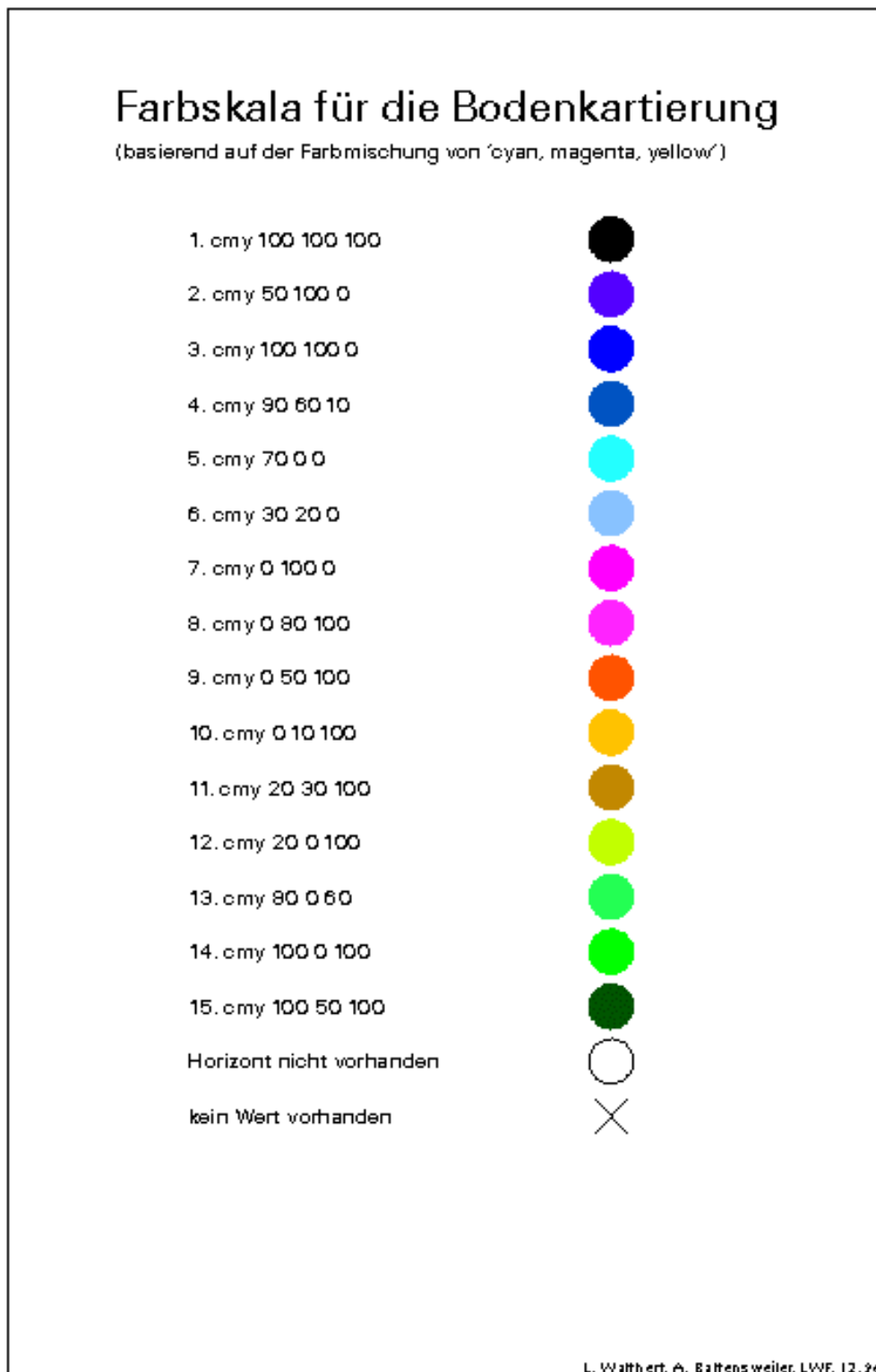
### 34 Beispiel Farbschlüssel

<b>Farbschlüssel für Kartierung</b>			
LWF-Kernprojekt Bodenmatrix			
Musterfläche			
Parameter	Klassen	Farbcodes	Vergleichbarkeit LWF-Flächen
Mächtigkeit F-/H-Horizonte	F/H fehlt F/H 0.1-0.5 cm F/H 0.6-1 cm F/H 1.1-2 cm F/H 2.1-3 cm F/H 3.1-4 cm F/H 4.1-5 cm F/H 5.1-10 cm F/H 10.1-20 cm F/H > 20 cm kein Wert vorhanden	- 888 (als Kreis in Karte) 15 cmy 100 50 100 14 cmy 100 0 100 13 cmy 80 0 60 12 cmy 20 0 100 10 cmy 0 10 100 9 cmy 0 50 100 8 cmy 0 80 100 7 cmy 0 100 0 2 cmy 50 100 0 - 999 (als X in Karte)	Alle Flächen sind untereinander vergleichbar.  Daten in Datentabelle eingeben.
Mächtigkeit F-/H-/Ahh-Horizonte	F-/H-/Ahh fehlt F-/H-/Ahh 0.1-2 cm F-/H-/Ahh 2.1-4 cm F-/H-/Ahh 4.1-6 cm F-/H-/Ahh 6.1-8 cm F-/H-/Ahh 8.1-10 cm F-/H-/Ahh 10.1-15 cm F-/H-/Ahh 15.1-20 cm F-/H-/Ahh 20.1-30 cm F-/H-/Ahh >30 cm kein Wert vorhanden	- 888 (als Kreis in Karte) 15 cmy 100 50 100 14 cmy 100 0 100 13 cmy 80 0 60 12 cmy 20 0 100 10 cmy 0 10 100 9 cmy 0 50 100 8 cmy 0 80 100 7 cmy 0 100 0 2 cmy 50 100 0 - 999 (als X in Karte)	Wegen uneinheitlicher Farbgebung beim Ahh-Horizonte sind nur die LWF-Flächen CE, CH, NP, LS, VP, LA, IS, JU und OT untereinander vergleichbar. Die Farbe des Ahh-Horizontes muss zwecks Vergleichbarkeit unter den Flächen im Bereich von 1.7 bis und mit der 2 er Linie in Munsell chart liegen.  Daten in Datentabelle eingeben.
pH CaCl <sub>2</sub>	< 3.00 3.00-3.33 3.34-3.66 3.67-4.00 4.01-4.33 4.34-4.66 4.67-5.00 5.01-5.33 5.34-5.66 5.67-6.00 6.01-6.33 6.34-6.66 6.67-7.00 > 7.00 kein Wert vorhanden	1 cmy 100 100 100 2 cmy 50 100 0 3 cmy 100 100 0 4 cmy 90 60 10 5 cmy 70 0 0 6 cmy 30 20 0 7 cmy 0 100 0 8 cmy 0 80 100 9 cmy 0 50 100 10 cmy 0 10 100 11 cmy 20 30 100 12 cmy 20 0 100 13 cmy 80 0 60 14 cmy 100 0 100 - 999 (als X in Karte)	Alle Flächen sind untereinander vergleichbar.  Daten in Datentabelle eingeben.

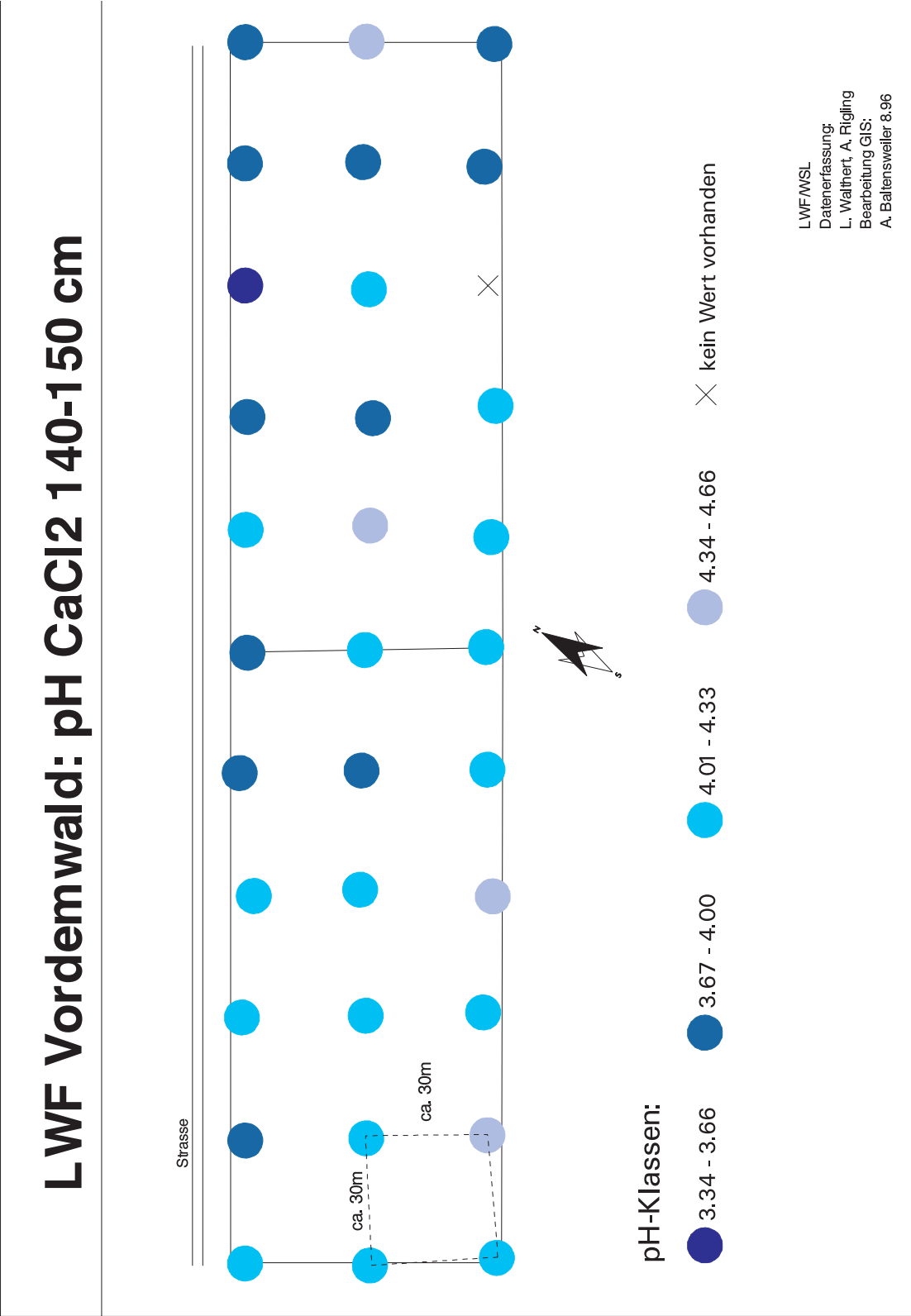
Skelettgehalt	gering mittel hoch kein Wert vorhanden	14 cmy 100 0 100 10 cmy 0 10 100 8 cmy 0 80 100 - 999 (als X in Karte)	Alle Flächen sind untereinander vergleichbar.  Farbcode in Datentabelle eingeben.
Skelettgrösse	fein mittel grob blockig kein Wert vorhanden	14 cmy 100 0 100 10 cmy 0 10 100 8 cmy 0 80 100 2 cmy 50 100 0 - 999 (als X in Karte)	Nicht vergleichbar. Nur innerhalb einer Fläche gültig.  Farbcode in Datentabelle eingeben.
Bodenvernässung	ohne Vernässung P: sehr schwach pseudovergleyt P: schwach pseudovergleyt G: schwach grundnass P: pseudovergleyt G: grundnass P: stark pseudovergleyt G: stark grundnass P: sehr stark pseudovergleyt G: sehr stark grundnass G: sumpfig kein Wert vorhanden	- 888 (als Kreis in Karte) 13 cmy 80 0 60 5 cmy 70 0 0 5 cmy 70 0 0 4 cmy 90 60 10 4 cmy 90 60 10 3 cmy 100 100 0 3 cmy 100 100 0 2 cmy 50 100 0 2 cmy 50 100 0 1 cmy 100 100 100 - 999 (als X in Karte)	Flächen mit pseudovergleyten bzw. gleyigen Böden sind jeweils untereinander vergleichbar. P: Pseudovergleyung (Stauanässe) G: Vergleyung (Grundwasser)  Farbcode in Datentabelle eingeben.
Lagerungsdichte	sehr locker locker mittel dicht kein Wert vorhanden	14 cmy 100 0 100 10 cmy 0 10 100 8 cmy 0 80 100 2 cmy 50 100 0 - 999 (als X in Karte)	Nicht vergleichbar. Nur innerhalb einer Fläche gültig.  Farbcode in Datentabelle eingeben.
Tiefe der Kalkgrenze	0-15 cm 16-30 cm 31-70 cm 71-110 cm 111-150 cm 151-200 cm 201-250 cm 251-300 cm > 300 cm > Profiltiefe	15 cmy 100 50 100 14 cmy 100 0 100 13 cmy 80 0 60 12 cmy 20 0 100 10 cmy 0 10 100 9 cmy 0 50 100 8 cmy 0 80 100 7 cmy 0 100 0 2 cmy 50 100 0 - 999 (als X in Karte)	Alle Flächen sind untereinander vergleichbar.  Daten in Datentabelle eingeben.  Profiltiefe in Kartenlegende angeben
Mächtigkeit ausgewählter Horizonte	frei wählbar Horizont nicht vorhanden ... ... ... ... ... ... ... ... ... kein Wert vorhanden	- 888 (als Kreis in Karte) 2 cmy 50 100 0 7 cmy 0 100 0 8 cmy 0 80 100 9 cmy 0 50 100 10 cmy 0 10 100 12 cmy 20 0 100 13 cmy 80 0 60 14 cmy 100 0 100 15 cmy 100 50 100 - 999 (als X in Karte)	Nicht vergleichbar. Nur innerhalb einer Fläche gültig.  Farbcode in Datentabelle eingeben.

Bodentypen	frei wählbar ... ... ... ... ... ... ... ... ... kein Wert vorhanden	2 cmy 50 100 0 7 cmy 0 100 0 8 cmy 0 80 100 9 cmy 0 50 100 10 cmy 0 10 100 12 cmy 20 0 100 13 cmy 80 0 60 14 cmy 100 0 100 15 cmy 100 50 100 - 999 (als X in Karte)	Innerhalb einer Fläche gültig. Die Flächen sind untereinander bezüglich Bodentypen nur bedingt vergleichbar.  Farbcode in Datentabelle eingeben.
Gründigkeit (mutmassliche maximale Tiefe, die durch Baumwurzeln erschlossen wird)	0-25 cm 26-50 cm 51-75 cm 76-100 cm 101-150 cm 151-200 cm 201-250 cm 251-300 cm > 300 cm > Profiltiefe	15 cmy 100 50 100 14 cmy 100 0 100 13 cmy 80 0 60 12 cmy 20 0 100 10 cmy 0 10 100 9 cmy 0 50 100 8 cmy 0 80 100 7 cmy 0 100 0 2 cmy 50 100 0 - 999 (als X in Karte)	Alle Flächen sind untereinander vergleichbar.  Daten in Datentabelle eingeben.  Profiltiefe in Kartenlegende angeben
Vegetation im Bereich der Kartierpunkte	frei wählbar ... ... ... ... ... ... ... ... kein Wert vorhanden	2 cmy 50 100 0 7 cmy 0 100 0 8 cmy 0 80 100 9 cmy 0 50 100 10 cmy 0 10 100 12 cmy 20 0 100 13 cmy 80 0 60 14 cmy 100 0 100 15 cmy 100 50 100 - 999 (als X in Karte)	Nicht vergleichbar. Nur innerhalb einer Fläche gültig.  Farbcode in Datentabelle eingeben.
Kartierer	Name (n) angeben	-	-
Verschiebung Rasterpunkt	Meter / Neugrad oder Himmelsrichtung	-	-

## 35 Farbskala



# 36 Beispiel Bodenkarte



**41 Beispiel Lage Bodenprofile**

**42 Beispiel Kommentar Beprobung**

**43 Beispiel Aufnahmeprotokoll**

**44 Übersicht Labornummern**

**45 Bestimmung Wassergehalt**

**46 Bestimmung Trockenraumdichte und Skelettgehalt**

**47 Bestimmung Textur**

**48.1 Bestimmung reelle Dichte**

**48.2 Angaben zu Pyknometer**

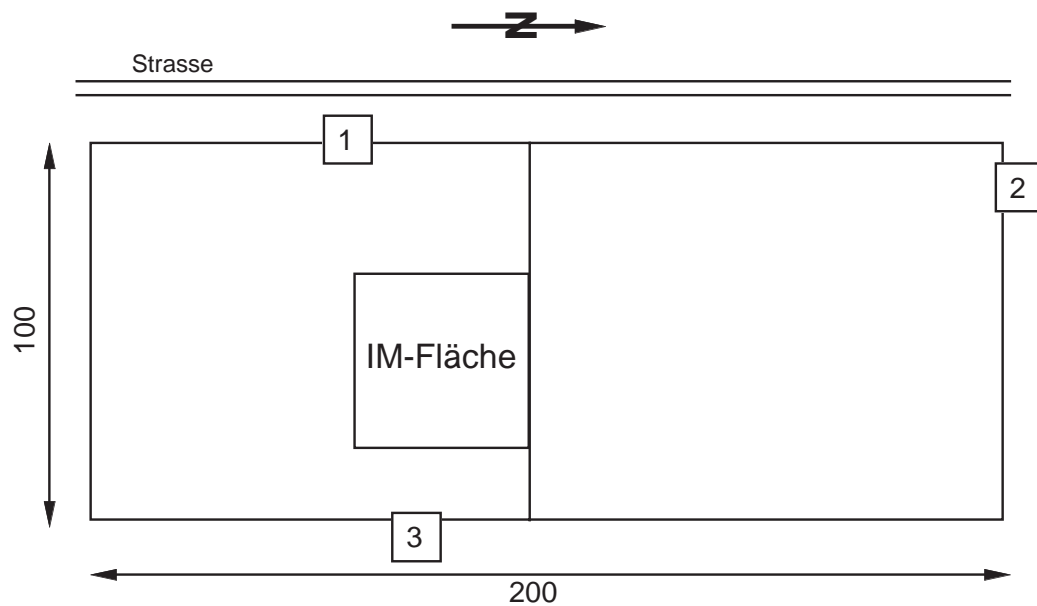
**49 Bestimmung Porosität**

---

## 41 Beispiel Lage Bodenprofile

### LWF-Musterfläche / Kernprojekt Bodenmatrix

#### Lage der Bodenprofile



#### Legende:

1 Standort Bodenprofil Nr. 1

Alle Masse in m

Alle Distanzen sind schräg gemessen (nicht orthogonal)

Karte ist nicht massstabgetreu

IM-Fläche: Intensivmonitoring-Fläche

## 42 Beispiel Kommentar Beprobung

<b>Kommentar zur Beprobung und Aufarbeitung der Proben</b>	
<b>LWF-Kernprojekt Bodenmatrix</b>	
<b>LWF-Fläche</b>	Musterfläche
<b>Beteiligte Personen</b>	Lorenz Walthert Andreas Rigling Rolf Lüscher
<b>Datum der Beprobung</b>	5. 6. - 10. 6. 1997
<b>Phänologie</b>	Blüte von <i>Cephalanthera longifolia</i> (Weisses Waldvögelein)
<b>Beprobung</b>	[ x ] vor Blattfall [ ] während Blattfall [ ] nach Blattfall
<b>Wetter</b>	meist trocken und warm
<b>Aktuelle Bodenfeuchte</b>	frisch
<b>Zwischenlagerung der Bodenproben</b>	Höchstens 2 Tage im VW-Bus. Dieser stand stets im Schatten von Bäumen. Danach im Kühlraum der WSL bei rund 2 °C.
<b>Besonderes</b> <i>Beprobung IM-Fläche</i>	Infolge extrem hohen Skelettgehaltes wurde nur bis 40 cm Tiefe beprobt. Dichteproben wurden nur in den Bodenprofilen entnommen. Die Beprobung der Streu war extrem aufwendig, weil sehr viele Buchennüsschen und nicht als Streu geltendes Kleinmaterial aussortiert werden mussten. Ebenfalls sehr zeitraubend war das Aussortieren grösserer Steine während der Beprobung. Ansonsten verlief die Beprobung in der IM-Fläche ohne Zwischenfälle. Zeitaufwand: 6 Manntage.
<b>Besonderes</b> <i>Beprobung Bodenprofile</i>	Die Dichteproben mussten infolge sehr hoher Gesteinsgehalte oft als Volumenersatzproben entnommen werden. Ansonsten verlief die Probenahme reibungslos. Zeitaufwand: 1 Manntag.
<b>Besonderes</b> <i>Probenaufarbeitung</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vor dem Mahlen der L+F-Proben im Staubraum musste alles Material aussortiert werden, das nicht zur Streu gehört. Um sich eine bildliche Vorstellung von diesem Arbeitsgang zu verschaffen, haben wir ihn mit Photos festgehalten (siehe LWF-Papierarchiv). Das auf den Photos dargestellte Material wurde als nicht zur Streu gehörend aussortiert.</li><li>• Bei der Aufarbeitung der Mineralerde musste der Backenbrecher eingesetzt werden (siehe Aufnahmeanleitung LWF-Bodenmatrix).</li></ul>



## 44 Übersicht Labornummern

<b>Labornummern Bodenprofile</b>			
LWF-Kernprojekt Bodenmatrix			
Die Labornummer für bodenchemische Proben besteht aus 9 Ziffern:			
Ziffer 1	Projekt		
Ziffer 2	Probenart		
Ziffer 3	Parameter, Analysemethode		
Ziffer 4+5	LWF-Fläche		
Ziffer 6+7	Jahrzahl der Beprobung		
Ziffer 8+9	Bodenprofil / Tiefe / Horizont		
<i>(Ziffer 10</i>	<i>A,B,C oder 1,2,3 für Mehrfachbestimmungen im Labor)</i>		
<b>Beispiel</b>	<b>Lp 1 La 95 23</b>		
<b>Ziffer 1</b> Projekt	<b>L</b> steht für LWF-Projekt		
<b>Ziffer 2</b> Probenart	<b>p</b> steht für Bodenprobe aus Bodenprofil		
<b>Ziffer 3</b> Parameter	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <b>1</b> Lakanen  <b>2</b> frei  <b>3</b> HNO<sub>3</sub> - Extrakt  <b>4</b> NH<sub>4</sub>Cl - Extrakt  <b>5</b> frei  <b>6</b> Oxalat  <b>7</b> Pyrophosphat  <b>8</b> C/N  <b>9</b> ORGFE  <b>0</b> wässrige Extrakte                 </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <b>A</b> Borax-Aufschluss  <b>B</b> frei  <b>C</b> frei  <b>D</b> Dithionit  <b>E</b> BaCl<sub>2</sub> - Extakt  <b>F</b> Königswasser  <b>G</b> KCl-Extrakt (Azidität, pH KCl)  <b>H</b> CaCO<sub>3</sub> Calcimeter  <b>J</b> P total (Methode P<sub>org.</sub>)  <b>K</b> P anorg. (Methode P<sub>org.</sub>)  <b>L</b> P verfügbar NH<sub>4</sub>F  <b>M</b> P verfügbar HCO<sub>3</sub> </td> </tr> </table>	<b>1</b> Lakanen <b>2</b> frei <b>3</b> HNO <sub>3</sub> - Extrakt <b>4</b> NH <sub>4</sub> Cl - Extrakt <b>5</b> frei <b>6</b> Oxalat <b>7</b> Pyrophosphat <b>8</b> C/N <b>9</b> ORGFE <b>0</b> wässrige Extrakte	<b>A</b> Borax-Aufschluss <b>B</b> frei <b>C</b> frei <b>D</b> Dithionit <b>E</b> BaCl <sub>2</sub> - Extakt <b>F</b> Königswasser <b>G</b> KCl-Extrakt (Azidität, pH KCl) <b>H</b> CaCO <sub>3</sub> Calcimeter <b>J</b> P total (Methode P <sub>org.</sub> ) <b>K</b> P anorg. (Methode P <sub>org.</sub> ) <b>L</b> P verfügbar NH <sub>4</sub> F <b>M</b> P verfügbar HCO <sub>3</sub>
<b>1</b> Lakanen <b>2</b> frei <b>3</b> HNO <sub>3</sub> - Extrakt <b>4</b> NH <sub>4</sub> Cl - Extrakt <b>5</b> frei <b>6</b> Oxalat <b>7</b> Pyrophosphat <b>8</b> C/N <b>9</b> ORGFE <b>0</b> wässrige Extrakte	<b>A</b> Borax-Aufschluss <b>B</b> frei <b>C</b> frei <b>D</b> Dithionit <b>E</b> BaCl <sub>2</sub> - Extakt <b>F</b> Königswasser <b>G</b> KCl-Extrakt (Azidität, pH KCl) <b>H</b> CaCO <sub>3</sub> Calcimeter <b>J</b> P total (Methode P <sub>org.</sub> ) <b>K</b> P anorg. (Methode P <sub>org.</sub> ) <b>L</b> P verfügbar NH <sub>4</sub> F <b>M</b> P verfügbar HCO <sub>3</sub>		
<b>Ziffer 4+5</b> LWF-Fläche	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <b>At</b> Alptal  <b>Bb</b> Beatenberg  <b>Bs</b> Bettlachstock  <b>Ce</b> Celerina  <b>Ch</b> Chironico  <b>Is</b> Isonne  <b>Ju</b> Jussy  <b>La</b> Lausanne                 </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <b>Ls</b> Lens  <b>Nk</b> Neunkirch  <b>No</b> Novaggio  <b>Np</b> Nationalpark  <b>Ot</b> Othmarsingen  <b>Sc</b> Schänis  <b>Vs</b> Visp  <b>Vw</b> Vordemwald                 </td> </tr> </table>	<b>At</b> Alptal <b>Bb</b> Beatenberg <b>Bs</b> Bettlachstock <b>Ce</b> Celerina <b>Ch</b> Chironico <b>Is</b> Isonne <b>Ju</b> Jussy <b>La</b> Lausanne	<b>Ls</b> Lens <b>Nk</b> Neunkirch <b>No</b> Novaggio <b>Np</b> Nationalpark <b>Ot</b> Othmarsingen <b>Sc</b> Schänis <b>Vs</b> Visp <b>Vw</b> Vordemwald
<b>At</b> Alptal <b>Bb</b> Beatenberg <b>Bs</b> Bettlachstock <b>Ce</b> Celerina <b>Ch</b> Chironico <b>Is</b> Isonne <b>Ju</b> Jussy <b>La</b> Lausanne	<b>Ls</b> Lens <b>Nk</b> Neunkirch <b>No</b> Novaggio <b>Np</b> Nationalpark <b>Ot</b> Othmarsingen <b>Sc</b> Schänis <b>Vs</b> Visp <b>Vw</b> Vordemwald		
<b>Ziffer 6+7</b> Beprobungsjahr	<b>95</b> steht für das Beprobungsjahr 1995		
<b>Ziffer 8+9</b> Horizont/Tiefe	<b>23</b> steht für die beprobte Tiefenstufe 0-5 cm (SAh-Horizont) des Bodenprofiles Nr. 2		

# 45 Bestimmung Wassergehalt

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	<b>Bestimmung Wassergehalt</b>									
2	LWF-Kernprojekt Bodenmatrix									
3	LWF-Fläche:									
4	Bodenprofil Nr.:									
5	Beprobungsdatum:									
6	Analysedatum: Bearbeitung:									
7	1. Messung					2. Messung				
8	Labornummer	Gewicht Aluschale [g]	Gewicht Einwaage vor Trocknung (inkl. Aluschale) [g]	Gewicht Einwaage nach Trocknung 105 °C (inkl. Aluschale) [g]	Wassergehalt [%]	Gewicht Aluschale [g]	Gewicht Einwaage vor Trocknung (inkl. Aluschale) [g]	Gewicht Einwaage nach Trocknung 105 °C (inkl. Aluschale) [g]	Wassergehalt [%]	Resultat
9					$\frac{(C12-D12)/(D12-B12)}{100} * 100$				$\frac{(G12-H12)/(H12-F12)}{100} * 100$	Wassergehalt [%]
10										$\frac{(G12-H12)/(H12-F12)}{100} * 100$
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										

# 46 Bestimmung Trockenraumdichte und Skelettgehalt

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	<b>Bestimmung der Trockenraumdichte Boden und Feinerde / Skelettgehalt</b>												
2	LWF-Kernprojekt Bodenmatrix												
3	LWF-Fläche:												
4	Bodenprofil Nr.:												
5	Datum der Beprobung:												
6	Datum der Analyse:												
7	Bearbeitung:												
8	Bodenprofil	Tiefe	Volumen Zylinder 3x	Gewicht Schale leer	Gewicht Boden feucht inkl. Schale	Gewicht Boden ofentrocken inkl. Schale	Gewicht Skelett	Spez. Gewicht Skelett	Volumen Skelett G/H	Skelettgehalt I/Cx100	Trockenraumdichte Feinerde (F-D-G)/(C-1)	Trockenraumdichte Boden (F-D)/C	Wassergehalt Feinerde (E-F)/(E-D-G)*100
9	Probe-Nr.	[cm]	[cm <sup>3</sup> ]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g/cm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[v-%]	[Mg/m <sup>3</sup> ]	[Mg/m <sup>3</sup> ]	[g-%]
10	14	0-5	1374				2,65	=G14/H14	=114/C14*100		=(F14-D14-G14)/(C14-114)	=(F14-D14)/C14	=(E14-F14)/(E14-D14-G14)*100
11	15	5-10	1374				2,65	=G15/H15	=115/C15*100		=(F15-D15-G15)/(C15-115)	=(F15-D15)/C15	=(E15-F15)/(E15-D15-G15)*100
12	16	10-20	3000				2,65	=G16/H16	=116/C16*100		=(F16-D16-G16)/(C16-116)	=(F16-D16)/C16	=(E16-F16)/(E16-D16-G16)*100
13	17	25-35	3000				2,65	=G17/H17	=117/C17*100		=(F17-D17-G17)/(C17-117)	=(F17-D17)/C17	=(E17-F17)/(E17-D17-G17)*100
14	18	65-75	3000				2,65	=G18/H18	=118/C18*100		=(F18-D18-G18)/(C18-118)	=(F18-D18)/C18	=(E18-F18)/(E18-D18-G18)*100
15	19	....	....				....	....	....	....	....	....	....
16	20	....	....				....	....	....	....	....	....	....
17	21	....	....				....	....	....	....	....	....	....

# 47 Bestimmung Textur

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	<b>Bestimmung Textur</b>													
2	LWF-Kernprojekt Bodenmatrix													
3														
4														
5	LWF-Fläche:													
6	Bodenprofil Nr.:													
7	Beprobungsdatum:													
8	<b>Bodenprobe</b>	<b>Tiefenbereich</b>	<b>1. Messung</b>			<b>Kontrolle</b>	<b>2. Messung</b>			<b>Kontrolle</b>	<b>Mittelwerte</b>			<b>Kontrolle</b>
9	Labornummer	[cm]	Sand %	Silt %	Ton %	auf 100%	Sand %	Silt %	Ton %	auf 100%	Sand %	Silt %	Ton %	auf 100%
10						=SUMME(C10:E10)				=SUMME(G10:I10)	=C10+G10)/2	=(D10+H10)/2	=(E10+I10)/2	=SUMME(K10:M10)
11						...				...	...	...	...	...
12						...				...	...	...	...	...
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														

Analysedatum:  
Bearbeitung:

## 48.1 Bestimmung reelle Dichte

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	<b>Bestimmung reelle Dichte</b>										
2	LWF-Kernprojekt Bodenmatrix										
3											
4											
5	LWF-Fläche:										
6	Bodenprofil Nr.:										
7	Beprobungsdatum:										
8	Bearbeitung: Datum:										
9	Bodenprobe Labornummer	Nr. Pykno- meter	Volumen Pyknometer (aus Tabelle)	M1 Gewicht Pyknometer (aus Tabelle)	M2 Gewicht Probe (Messwert)	T1 Temperatur (Messwert)	Wasserdichte bei T1 (aus Tabelle)	Gewicht Wasser (gerechnet)	M3 Gewicht Wasser + M1 (gerechnet)	M4 Gewicht Pyknometer + Probe + Wasser (Messwert)	Reelle Dichte Feinerde (gerechnet)
10			[cm <sup>3</sup> ]	[g]	[g]	[°C]	[g/cm <sup>3</sup> ]	[g]	[g]	[g]	[Mg/m <sup>3</sup> ]
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											

## 48.2 Angaben zu Pyknometer

Angaben zu Pyknometern					
LWF-Kernprojekt Bodenmatrix					
		Pyknometer Nr.1 316.72 cm <sup>3</sup> 136.05 g	Pyknometer Nr. 2 320.42 cm <sup>3</sup> 138.53 g	Pyknometer Nr. 3 315.46 cm <sup>3</sup> 140.46 g	Pyknometer Nr. 4 320.37 cm <sup>3</sup> 134.11 g
Temperatur	Dichte	Gewicht	Gewicht	Gewicht	Gewicht
Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser
[°C]	-	[g]	[g]	[g]	[g]
16.0	0.99897	316.39	320.09	315.14	320.04
17.0	0.99880	316.34	320.04	315.08	319.99
17.5	0.99871	316.31	320.01	315.05	319.96
18.0	0.99862	316.28	319.98	315.02	319.93
18.5	0.99853	316.25	319.95	315.00	319.90
19.0	0.99843	316.22	319.92	314.96	319.87
19.5	0.99833	316.19	319.88	314.93	319.83
20.0	0.99823	316.16	319.85	314.90	319.80
20.5	0.99813	316.13	319.82	314.87	319.77
21.0	0.99802	316.09	319.79	314.84	319.74
21.5	0.99791	316.06	319.75	314.80	319.70
22.0	0.99780	316.02	319.72	314.77	319.67
22.5	0.99768	315.99	319.68	314.73	319.63
23.0	0.99756	315.95	319.64	314.69	319.59
23.5	0.99744	315.91	319.60	314.65	319.55
24.0	0.99732	315.87	319.56	314.62	319.51
24.5	0.99719	315.83	319.52	314.57	319.47
25.0	0.99707	315.79	319.48	314.54	319.43

## 49 Bestimmung Porosität

	A	B	C	D	E
1	<b>Bestimmung Porosität</b>				
2	LWF-Kernprojekt Bodenmatrix				
3					
4					
5					
5	LWF-Fläche:				
6	Bodenprofil Nr.:		Bearbeitung:		
7	Beprobungsdatum:		Datum:		
8	Bodenprobe	Entnahmetiefe	Trockenraumdichte	Reelle Dichte	Porosität
9	Labornummer	[cm]	[Mg/m <sup>3</sup> ]	[Mg/m <sup>3</sup> ]	–
10					=1-(C10/D10)
11					=1-(C11/D11)
12					...
13					...
14					
15					
16					
17					

**51 Beispiel Lage Intensivmonitoring-Fläche (IM-Fläche)**

**52 Beispiel Beprobungsprotokoll (Bodenplots A1-D4)**

**531 Übersicht Labornummern**

**532 Beispiel Labornummern**

**541 Berechnungsformular Gewicht L+F-Horizonte**

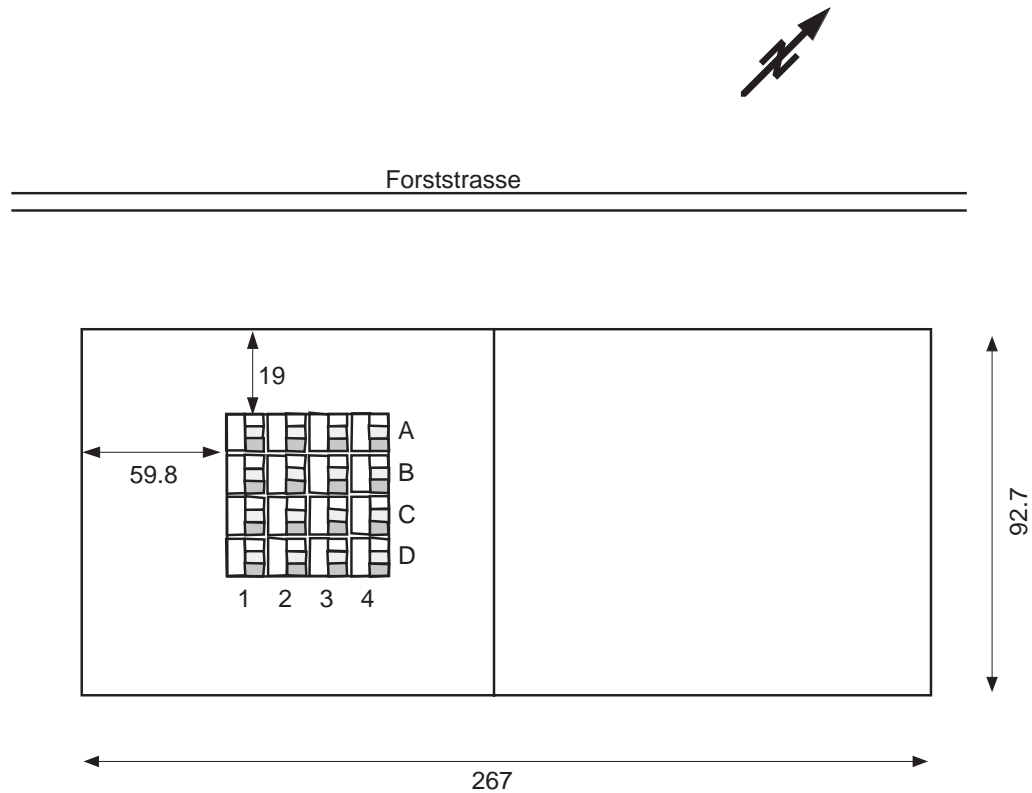
**542 Berechnungsformular Gewicht H-Horizont**

---

## 51 Beispiel Lage Intensivmonitoring-Fläche (IM-Fläche)

### LWF-Musterfläche / Kernprojekt Bodenmatrix

#### Lage der IM-Fläche



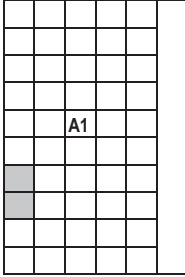
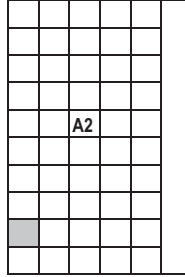
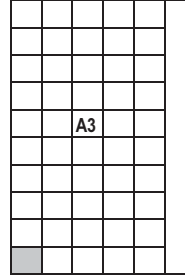
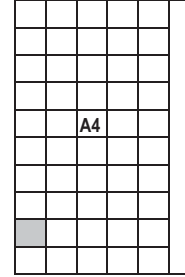
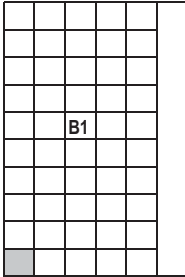
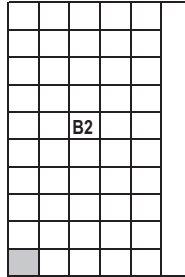
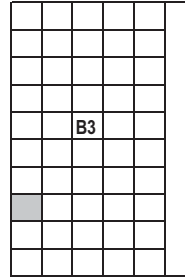
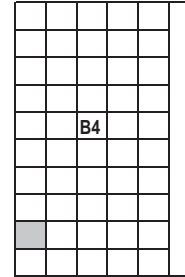
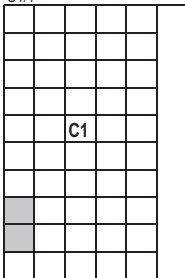
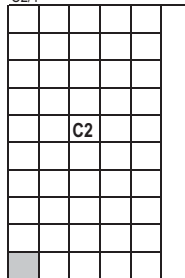
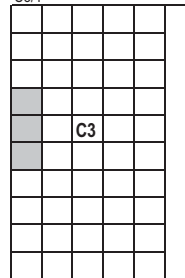
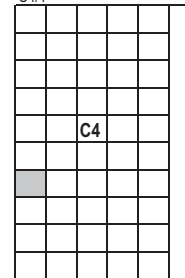
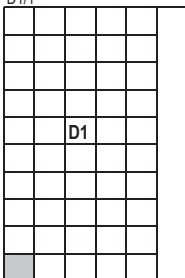
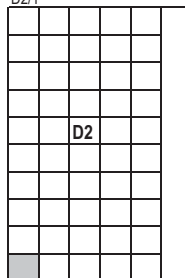
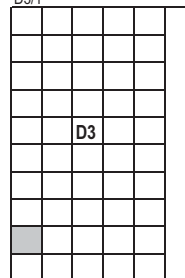
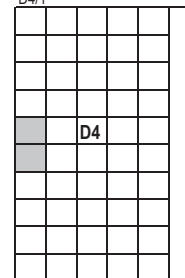
#### Legende:

Alle Masse in m

Distanzen sind schräg gemessen (nicht orthogonal)

Karte ist nicht masstabgetreu

## 52 Beispiel Beprobungsprotokoll (Bodenplots A1-D4)

Beprobungsprotokoll IM-Fläche			
LWF-Kernprojekt Bodenmatrix			
LWF-Fläche:	Musterfläche		
Beprobungsdatum:	12.-14. September 1997 (Erstbeprobung)		
Phänologie:	erste Verfärbung der Beeren des Vogelbeerbaumes		
Bearbeitung:	Peter Muster		
A1/1	A2/1	A3/1	A4/1
			
B1/1	B2/1	B3/1	B4/1
			
C1/1	C2/1	C3/1	C4/1
			
D1/1	D2/1	D3/1	D4/1
			
<div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #cccccc; border: 1px solid black;"></div> <span>durch Beprobung beeinträchtigte Beprobungsquadrate</span> </div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px; margin-top: 5px;"> <span>A1-D4</span> <span>Teilquadrate (Bodenplots)</span> </div>			

## 531 Übersicht Labornummern

Labornummern Monitoring Bodenmatrix	
LWF-Kernprojekt Bodenmatrix	

Die Labornummer besteht aus 9 Ziffern:	
Ziffer 1	Projekt
Ziffer 2	Probenart
Ziffer 3	Parameter, Analysemethode
Ziffer 4+5	LWF-Fläche
Ziffer 6+7	Jahrzahl der Beprobung
Ziffer 8+9	Bodenplot / Tiefenstufe / (Auflagehorizonte)
(Ziffer 10)	A,B,C oder 1,2,3 für Mehrfachbestimmungen im Labor)

Beispiel	Lm 3 La 95 23	
<b>Ziffer 1</b> Projekt	L steht für LWF-Projekt	
<b>Ziffer 2</b> Probenart	m steht für Mischprobe	(e steht für Einzelprobe)
<b>Ziffer 3</b> Parameter	3 steht für HNO <sub>3</sub> - Extrakt	
	1 Lakanen	A Borax-Aufschluss
	2 frei	B frei
	3 HNO <sub>3</sub> - Extrakt	C frei
	4 NH <sub>4</sub> Cl - Extrakt	D Dithionit
	5 frei	E BaCl <sub>2</sub> - Extakt
	6 Oxalat	F Königswasser
	7 Pyrophosphat	G KCl-Extrakt (Azidität, pH KCl)
	8 C/N	H CaCO <sub>3</sub> Calcimeter
	9 ORGFE	J P total (Methode P <sub>org.</sub> )
	0 wässrige Extrakte	K P anorg. (Methode P <sub>org.</sub> )
		L P verfügbar NH <sub>4</sub> F
		M P verfügbar HCO <sub>3</sub>
<b>Ziffer 4+5</b> LWF-Fläche	At Alptal	Ls Lens
	Bb Beatenberg	Nk Neunkirch
	Bs Bettlachstock	No Novaggio
	Ce Celerina	Np Nationalpark
	Ch Chironico	Ot Othmarsingen
	Is Isonne	Sc Schänis
	Ju Jussy	Vs Visp
	La Lausanne	Vw Vorderwald
<b>Ziffer 6+7</b> Beprobungsjahr	95 steht für das Beprobungsjahr 1995	
<b>Ziffer 8+9</b> Tiefenstufe (Auflagehorizonte)	23 steht für die beprobte Tiefenstufe 0-5 cm der Bodenplots C1, C2, D1, D2	

## 532 Beispiel Labornummern

Einzelproben aus Intensivmonitoring-Fläche								
Die Zuordnung der Ziffern 8 und 9 zu Beprobungsquadrat und Tiefenstufe (Auflagehorizonte) ist für alle LWF-Flächen identisch (fix).								
Beprobungsquadrat B1	Beprobungsquadrat A2	Beprobungsquadrat B3	Beprobungsquadrat A4	Beprobungsquadrat D1	Beprobungsquadrat C2	Beprobungsquadrat D3	Beprobungsquadrat C4	Horizont / Tiefenstufe [cm]
01	11	21	31	41	51	61	71	L+F
02	12	22	32	42	52	62	72	H
03	13	23	33	43	53	63	73	0-5
04	14	24	34	44	54	64	74	5-10
05	15	25	35	45	55	65	75	10-20
06	16	26	36	46	56	66	76	20-40
07	17	27	37	47	57	67	77	60-80

**Beispiel: L e . La 95 34**

L LWF-Projekt  
 e Einzelprobe  
 . Analysemethode  
 La LWF-Fläche Lausanne  
 95 Beprobungsjahr  
 34 Quadrat A4 / Tiefenstufe 5-10 cm

Mischproben aus Intensivmonitoring-Fläche				
Die Zuordnung der Ziffern 8 und 9 zu Beprobungsquadraten und Tiefenstufe (Auflagehorizonte) ist für alle LWF-Flächen identisch (fix).				
M1: Beprobungsquadrat A1, A2, B1, B2	M2: Beprobungsquadrat A3, A4, B3, B4	M3: Beprobungsquadrat C1, C2, D1, D2	M4: Beprobungsquadrat C3, C4, D3, D4	Horizont / Tiefenstufe [cm]
01	11	21	31	L+F
02	12	22	32	H
03	13	23	33	0-5
04	14	24	34	5-10
05	15	25	35	10-20
06	16	26	36	20-40
07	17	27	37	60-80

**Beispiel: L m . La 95 34**

L LWF-Projekt  
 m Mischprobe  
 . Analysemethode  
 La LWF-Fläche Lausanne  
 95 Beprobungsjahr  
 34 Quadrate C3, C4, D3, D4 / Tiefenstufe 5-10 cm

# 541 Berechnungsformular Gewicht L+F-Horizonte

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Gewicht L+F-Horizonte / Wassergehalt</b>							
2								
3								
4	LWF-Fläche:		Musterfläche					
5	Datum Beprobung:		12.-14. Mai 1997					
6	Phänologie:		Vollblüte des Bärlauchs					
7	Beprobung:		vor Blattfall X...	während Blattfall ....	nach Blattfall ....			
8	Analysedatum:		17. Mai 1997					
9	Bearbeitung:		Peter Muster					
10								
11	Mischproben	Beprobungs-	Gewicht Mischprobe	Gewicht org. Auflage	Gewicht	Gewicht Einwaage inkl. Aluschale	Gewicht Einwaage inkl. Aluschale	Wassergehalt
12		fläche	nach Trocknung	nach Trocknung	Aluschale	getrocknet bei 40 °C	nach Trocknung	Mischprobe
13		[m <sup>2</sup> ]	bei 40 °C	bei 40 °C	leer	(gemahlen)	bei 105 °C	
14	Labornr.		[g]	[t/ha]	[g]	[g]	[g]	[%]
15	.....1	0.36		=SUMME(C15:C18)/144				$=((F15-G15)/(F15-E15))*100$
16	.....11	0.36						$=((F16-G16)/(F16-E16))*100$
17	.....21	0.36						$=((F17-G17)/(F17-E17))*100$
18	.....31	0.36						$=((F18-G18)/(F18-E18))*100$

# 542 Berechnungsformular Gewicht H-Horizont

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Gewicht H-Horizonte / Wassergehalt</b>							
2								
3								
4			Musterfläche					
5		Datum Beprobung:	12.-14. Mai 1997					
6		Phänologie:	Vollblüte des Bärlauchs					
7		Beprobung:	vor Blattfall .X... während Blattfall .... nach Blattfall ....					
8		Analysedatum:	17. Mai 1997					
9		Bearbeitung:	Peter Muster					
10								
11	Mischproben	Beprobungsfläche	Gewicht Mischprobe nach Trocknung bei 40 °C	Gewicht org. Auflage nach Trocknung bei 40 °C	Gewicht Aluschale leer	Gewicht Einwaage inkl. Aluschale getrocknet bei 40 °C (gemahlen)	Gewicht Einwaage inkl. Aluschale nach Trocknung bei 105 °C	Wassergehalt Mischprobe
12		[m <sup>2</sup> ]	[g]	[t/ha]	[g]	[g]	[g]	[%]
13								
14	Labornr.							
15	.....2	0.36		=SUMME(C15:C18)/144				=(F15-G15)/(F15-E15)*100
16	.....12	0.36						=(F16-G16)/(F16-E16)*100
17	.....22	0.36						=(F17-G17)/(F17-E17)*100
18	.....32	0.36						=(F18-G18)/(F18-E18)*100

## **Anhang 6 Laborvorschriften Bodenmatrix**

---

**61 pH CaCl<sub>2</sub>, pH H<sub>2</sub>O, pH KCl**

**62 Carbonat**

**63 Azidität**

**64 NH<sub>4</sub>Cl-Extrakt**

**65 HNO<sub>3</sub>-Extrakt**

**66 Totalgehalte**

**67 P-Parameter**

---

# 61 pH CaCl<sub>2</sub>, pH H<sub>2</sub>O, pH KCl

## pH CaCl<sub>2</sub>-Bestimmung

### *Auflagehorizonte*

#### 1. Probenbezeichnung

Gemäss den Vorschriften für die Labornummerierung im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix (siehe Anhang 44 und 53) ohne Methodenbezeichnung (Ziffer 3)

#### 2. Literatur

Schachtschabel et al., 1998, modifiziert nach UN ECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, 1993.

#### 3. Reagenzien

0.01 M CaCl<sub>2</sub>: 1.47 g CaCl<sub>2</sub> x 2H<sub>2</sub>O p.A. / L H<sub>2</sub>O deion

Pufferlösung pH 7.0: Merck Titrisol

Pufferlösung pH 4.0: Merck Titrisol

#### 4. Geräte

pH-Meter mit "Single Pore" Plastik-Elektrode (Hamilton Art. Nr. 238'130)

#### 5. Probebestimmung

1.0 g Feinerde werden in eine Weithals-Plastikflasche mit Deckel eingewogen.

Es werden 20 ml CaCl<sub>2</sub>-Lösung zudosiert.

Die Proben werden 2 Std. auf dem Überkopfschüttler extrahiert und anschliessend 0.5 Std. stehen gelassen.

Das pH-Meter wird mit Puffer pH 7.0 und 4.0 gemäss Bedienungsanleitung geeicht.

Die Proben werden mit einem Magnetrührer gut aufgerührt und in Suspension gemessen.

Es werden Doppelbestimmungen angesetzt.

Bemerkung: Messungen im Überstand der abgesetzten Proben ergeben dieselben Resultate. Da nicht gerührt wird, dauert es jedoch 10–40 Minuten bis der Messwert konstant ist.

#### 6. Resultate

pH in CaCl<sub>2</sub> 0.01 M

#### 7. Qualitätssicherung

Pro Messprotokoll (Formular pH CaCl<sub>2</sub>) wird eine Eichung des pH-Meters vorgenommen. Pro Messprotokoll und wenn die CaCl<sub>2</sub>-Lösung frisch angesetzt wird, muss eine Referenzprobe (2-fach Bestimmung) mitgemessen werden.

Weitere Angaben zur Datenreproduzierbarkeit sind der Aufnahmeanleitung, Kapitel 7.2.7, zu entnehmen.

#### 8. Entsorgung von Chemikalien

0.01 M CaCl<sub>2</sub> (überschüssiges Extraktionsmittel, Suspensionen mit Boden): Suspensionen filtrieren; Boden in Abfall, Filtrat in Ausguss.

# *Mineralerde*

## **1. Probenbezeichnung**

Gemäss den Vorschriften für die Labornummerierung im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix (siehe Anhang 44 und 53) ohne Methodenbezeichnung (Ziffer 3)

## **2. Literatur**

Schachtschabel et al., 1998, modifiziert nach UN ECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, 1993.

## **3. Reagenzien**

0.01 M CaCl<sub>2</sub>: 1.47 g CaCl<sub>2</sub> x 2H<sub>2</sub>O p.A. / L H<sub>2</sub>O deion  
Pufferlösung pH 7.0: Merck Titrisol  
Pufferlösung pH 4.0: Merck Titrisol

## **4. Geräte**

pH-Meter mit "Single Pore" Plastik-Elektrode (Hamilton Art. Nr. 238'130)

## **5. Probestimmung**

4 g Feinerde werden in eine Weithals-Plastikflasche mit Deckel eingewogen.

Es werden 20 ml CaCl<sub>2</sub>-Lösung zudosiert.

Die Proben werden 2 Std. auf dem Überkopfschüttler extrahiert und anschliessend 0.5 Std. stehen gelassen.

Das pH-Meter wird mit Puffer pH 7.0 und 4.0 gemäss Bedienungsanleitung geeicht.

Die Proben werden mit einem Magnetrührer gut aufgerührt und der pH in Suspension gemessen. Es werden Doppelbestimmungen angesetzt.

Bemerkung: Messungen im Überstand der abgesetzten Proben ergeben dieselben Resultate. Da nicht gerührt wird, dauert es jedoch 10–40 Minuten bis der Messwert konstant ist.

## **6. Resultate**

pH in CaCl<sub>2</sub> 0.01 M

## **7. Qualitätssicherung**

Pro Messprotokoll (Formular pH CaCl<sub>2</sub>) wird eine Eichung des pH-Meters vorgenommen. Pro Messprotokoll und wenn die CaCl<sub>2</sub>-Lösung frisch angesetzt wird, muss eine Referenzprobe (2-fach Bestimmung) mitgemessen werden.

Weitere Angaben zur Datenreproduzierbarkeit sind der Aufnahmeanleitung, Kapitel 7.2.7, zu entnehmen.

## **8. Entsorgung von Chemikalien**

0.01 M CaCl<sub>2</sub> (überschüssiges Extraktionsmittel, Suspensionen mit Boden): Suspensionen filtrieren; Boden in Abfall; Filtrat in Ausguss

# pH H<sub>2</sub>O-Bestimmung

## *Auflagehorizonte*

### 1. Probenbezeichnung

Gemäss den Vorschriften für die Labornumerierung im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix (siehe Anhang 44 und 53) ohne Methodenbezeichnung (Ziffer 3)

### 2. Literatur

Schachtschabel et al., 1998, modifiziert nach UN ECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, 1993.

### 3. Reagenzien

H<sub>2</sub>O deion.

Pufferlösung pH 7.0: Merck Titrisol

Pufferlösung pH 4.0: Merck Titrisol

### 4. Geräte

pH-Meter mit "Single Pore" Plastik-Elektrode (Hamilton Art. Nr. 238'130)

### 5. Probebestimmung

1.0 g Feinerde wird in eine Weithals-Plastikflasche mit Deckel eingewogen.

Es werden 20 ml H<sub>2</sub>O zudosiert.

Die Proben werden 2 Std. auf dem Überkopfschüttler extrahiert und anschliessend 0.5 Std. stehen gelassen.

Das pH-Meter wird mit Puffer pH 7.0 und 4.0 gemäss Bedienungsanleitung geeicht.

Die Proben werden mit einem Magnetrührer gut aufgerührt und in Suspension gemessen.

Es werden Doppelbestimmungen angesetzt.

Bemerkung: Messungen im Überstand der abgesetzten Proben ergeben dieselben Resultate. Da nicht gerührt wird, dauert es jedoch 10–40 Minuten bis der Messwert konstant ist.

### 6. Resultat

pH in H<sub>2</sub>O

### 7. Qualitätssicherung

Pro Messprotokoll (Formular pH H<sub>2</sub>O) wird eine Eichung des pH-Meters vorgenommen. Pro Messprotokoll und wenn die H<sub>2</sub>O-Lösung frisch angesetzt wird, muss eine Referenzprobe (2-fach Bestimmung) mitgemessen werden.

Weitere Angaben zur Datenreproduzierbarkeit sind der Aufnahmeanleitung, Kapitel 7.2.7, zu entnehmen.

# *Mineralerde*

## **1. Probenbezeichnung**

Gemäss den Vorschriften für die Labornummerierung im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix (siehe Anhang 44 und 53) ohne Methodenbezeichnung (Ziffer 3)

## **2. Literatur**

Schachtschabel et al., 1998, modifiziert nach UN ECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, 1993.

## **3. Reagenzien**

H<sub>2</sub>O deion.

Pufferlösung pH 7.0: Merck Titrisol

Pufferlösung pH 4.0: Merck Titrisol

## **4. Geräte**

pH-Meter mit "Single Pore" Plastik-Elektrode (Hamilton Art. Nr. 238'130)

## **5. Probebestimmung**

4 g Feinerde wird in eine Weithals-Plastikflasche mit Deckel eingewogen.

Es werden 20 ml H<sub>2</sub>O zudosiert.

Die Proben werden 2 Std auf dem Überkopfschüttler extrahiert und anschliessend 0.5 Std. stehen gelassen.

Das pH-Meter wird mit Puffer pH 7.0 und 4.0 gemäss Bedienungsanleitung geeicht.

Die Proben werden mit einem Magnetrührer gut aufgerührt und in Suspension gemessen.

Es werden Doppelbestimmungen angesetzt.

Bemerkung: Messungen im Überstand der abgesetzten Proben ergeben dieselben Resultate. Da nicht gerührt wird, dauert es jedoch 10–40 Minuten bis der Messwert konstant ist.

## **6. Resultat**

pH in H<sub>2</sub>O

## **7. Qualitätssicherung**

Pro Messprotokoll (Formular pH H<sub>2</sub>O) wird eine Eichung des pH-Meters vorgenommen. Pro Messprotokoll muss eine Referenzprobe (2-fach Bestimmung) mitgemessen werden.

Weitere Angaben zur Datenreproduzierbarkeit sind der Aufnahmeanleitung, Kapitel 7.2.7, zu entnehmen.

# pH KCl-Bestimmung

## *Auflagehorizonte und Mineralerde*

### **Voraussetzung**

Nur Proben mit  $\text{pH CaCl}_2 \geq 6$ ; bei Proben mit  $\text{pH CaCl}_2 \leq 6$  wird der pH KCl bei der Bestimmung der "austauschbaren Azidität" bestimmt.

### **1. Probenbezeichnung**

Gemäss den Vorschriften für die Labornummerierung im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix (siehe Anhang 44 und 53) ohne Methodenbezeichnung (Ziffer 3)

### **2. Literatur**

Thomas, 1982, modifiziert nach UN ECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, 1993.

### **3. Reagenzien**

1 M Kaliumchlorid: 74.56 g KCl p.A / L H<sub>2</sub>O deion.

Pufferlösung pH 7.0: Merck Titrisol

Pufferlösung pH 4.0: Merck Titrisol

### **4. Geräte**

pH-Meter mit "Single Pore" Plastik-Elektrode (Hamilton Art. Nr. 238'130)

### **5. Probebestimmung**

5 g Feinerde werden in 100 ml Polyethylen-Fläschchen eingewogen, mit 50 ml 1 M KCl versetzt und 60 min. auf dem Überkopfschüttler extrahiert.

Das pH-Meter wird mit Puffer pH 7.0 und 4.0 gemäss Bedienungsanleitung geeicht.

Die Proben werden mit einem Magnetrührer gut aufgerührt und in Suspension gemessen.

Es werden Doppelbestimmungen angesetzt.

Bemerkung: Messungen im Überstand der abgesetzten Proben ergeben dieselben Resultate. Da nicht gerührt wird, dauert es jedoch 10–40 Minuten bis der Messwert konstant ist.

### **6. Resultat**

pH in KCl 1M

### **7. Qualitätssicherung**

Pro Messprotokoll (Formular pH KCl) wird eine Eichung des pH-Meters vorgenommen. Pro Messprotokoll und wenn die KCl-Lösung frisch angesetzt wird, muss eine Referenzprobe (2-fach Bestimmung) mitgemessen werden.

Weitere Angaben zur Datenreproduzierbarkeit sind der Aufnahmeanleitung, Kapitel 7.2.7, zu entnehmen.

### **8. Entsorgung von Chemikalien**

1M KCl (überschüssiges Extraktionsmittel, Suspensionen mit Boden): Suspensionen filtrieren; Extraktionsmittel bzw. Filtrate in kleineren zeitlich verteilten Portionen unter Verdünnen in den Ausguss geben.

## 62 Carbonat

### Bestimmung des Carbonatgehaltes

(Voraussetzung: nur für Proben mit  $\text{pH CaCl}_2 \geq 6$ )

#### 1. Probenbezeichnung

Gemäss den Vorschriften für die Labornummerierung im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix (siehe Anhang 44 und 53)  
Abkürzung für Methode: **H**

#### 2. Prinzip

Carbonat wird mit Eisen(II)sulfat enthaltender Schwefelsäure als  $\text{CO}_2$  aus der Bodenprobe ausgetrieben. Das Eisen(II)sulfat verhindert Oxidation von organischem Kohlenstoff zu  $\text{CO}_2$ . Das entstehende  $\text{CO}_2$  wird in Natronlauge auf Trägermaterial (es bildet sich Natriumcarbonat) aufgefangen und gravimetrisch bestimmt. Die Bestimmung wird in einer konstant mit von  $\text{CO}_2$  befreitem Stickstoff (durchleiten durch 30% NaOH) durchspülter Apparatur durchgeführt (siehe Kap. 4). Beim Passieren der Probe/Schwefelsäure-Suspension nimmt der Stickstoff-Strom das entstehende  $\text{CO}_2$  mit und führt es quantitativ auf das Absorptionsrohr. Ebenfalls mitgeführtes Wasser wird vor dem Absorptionsrohr in konzentrierter Schwefelsäure aufgefangen. Die Methode wurde übernommen vom Institut für Terrestrische Ökologie. Sie basiert auf der gravimetrischen Methode aus untenstehenden Literatur.

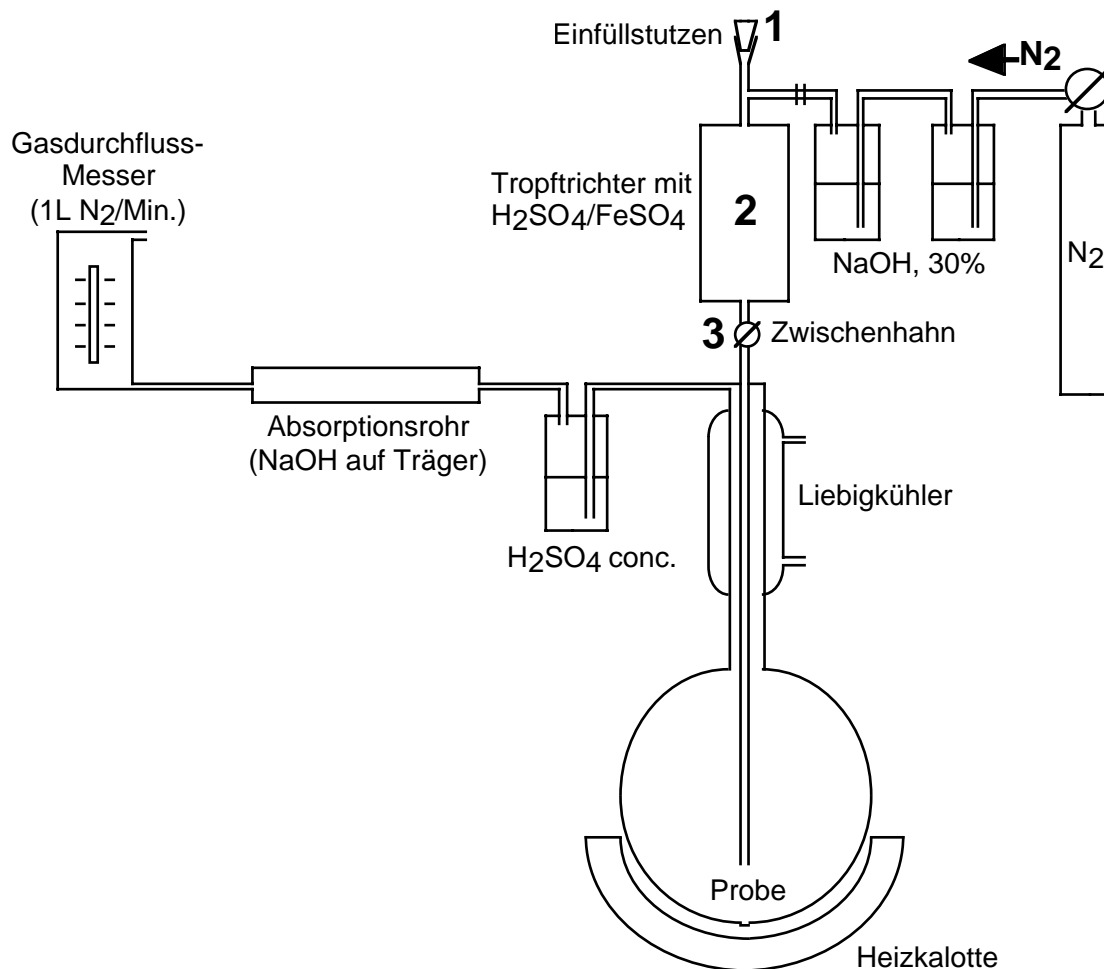
*Literatur:*

Nelson, 1982.

#### 3. Reagenzien

- NaOH 30 % 333.3 g NaOH-Plätzchen / l
- Schwefelsäure, konz. 95-97 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (p.A.)
- Salzsäure ca. 10 % 100 ml HCl konz. (30 %) + 200 ml deion.  $\text{H}_2\text{O}$
- NatriumCarbonat  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (Urtiterqualität)
- Schwefelsäure-Eisensulfat: 100 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  konz.(p.A.) + 1600 ml deion.  $\text{H}_2\text{O}$   
+ 156 g  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  (p.A.)

## 4. Apparatur



- Alle Verbindungen mit Schnellkupplungen oder Schraubverschluss befestigen
- Ganze Apparatur mit Normschliffen NS 14
- Bei Nichtgebrauch die Absorptionsrohre mit feinen Stopfen gut verschliessen

## 5. Absorptionsrohre

Selbst gepackt mit:

NaOH auf Trägermaterial 0,8-1,6 mm Merck 1567 und Magnesiumperchlorat-Hydrat Merck Nr. 1.05874

### 5.1 Packen und Behandeln

Füllung: Die leeren Reaktionsrohre früherer Bestimmungen werden mit NaOH auf Trägermaterial gefüllt und gut verschlossen. Am Anfang und am Ende des Rohres wird 2-3 cm hoch Mg-perchlorat eingefüllt, damit die Rohre nicht verstopfen.

Das Trägermaterial ist hygroskopisch und muss im Exsikkator aufbewahrt werden.

### 5.2 Rohr-Test

Ein leerer 100 ml Rundkolben und ein Absorptionsrohr werden an die Apparatur gehängt.

Das System wird mit N<sub>2</sub> während 20-30 Min durchgeblasen

(Einfüllstutzen Nr. 1 geschlossen, Zwischenhahn Nr. 3 offen).

Die Reaktionsrohre werden gewogen (Analysewaage; mit Zange oder Tüchlein anfassen, damit keine Fettfehler entstehen; für Wägung in Weithals-Erlenmeyerkolben stellen)

Das Kühlwasser wird angestellt und die Heizkalotte erhitzt (Stufe 3-4).

Der Einfüllstutzen Nr. 1 wird geöffnet, der Zwischenhahn Nr. 3 geschlossen. In den Tropftrichter werden ca. 50 ml Schwefelsäure -Eisensulfat eingefüllt

(Es empfiehlt sich die Schlauch-Verbindung "II" beim Einfüllstutzen Nr. 1 etwas zu lösen, da sonst die Säure unregelmässig mit Rückspritzern in den Trichter läuft).

In einen 100 ml Rundkolben werden ca. 200 mg getrocknetes  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  exakt eingewogen und an die Stelle des leeren Rundkolbens montiert.

Der Zwischenhahn Nr. 3 wird geöffnet, damit die Säure in den Rundkolben fließen kann. Der Belüftungshahn Nr. 1 wird schnell geschlossen. Die Probe wird 15 Minuten unter konstanter  $\text{N}_2$ -Zufuhr (Durchflussmesser 1 l/min), erhitzt (ca. 50 °C).

Damit kein Rückschlag in der Destillationsapparatur entsteht, wird zuerst der Rundkolben entfernt, und erst dann die Stickstoffzufuhr unterbrochen.

Das Absorptionsrohr wird abgehängt, die Enden des Rohres werden sofort verschlossen (hygroskopisch) und das Rohr nach Abkühlen auf Raumtemperatur gewogen (Analysenwaage). Die Gewichtszunahme der Absorptionsrohre entspricht dem aus der Probe ausgetriebenen  $\text{CO}_2$  (für die Umrechnung auf den  $\text{CO}_3$ -Gehalt siehe Kap. 7;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  liefert 41.5% ausgetriebenes  $\text{CO}_2$ ; die gewogene Ausbeute sollte zwischen 93 und 100% sein; diese Berechnungen sind im Auswerteformular "CO<sub>2</sub>-Bestimmung" vorgegeben)

Die Rohre können mehrmals verwendet werden, solange sie bei Nichtgebrauch gut verschlossen und im Exsikkator aufbewahrt werden. Nach ca. 8-10 Bestimmungen (je nach  $\text{CO}_2$ -Sättigungsgrad) müssen sie neu gefüllt werden (siehe 5.1 Packen und Behandeln).

## 6. Probebestimmung

### 6.1 Vorprobe, Bestimmung der Einwaage

Die pro Bestimmung ausgetriebene Menge an  $\text{CO}_2$  sollte > 10 mg sein. Die Einwaage wird basierend auf dem Resultat eines Tests mit 10%iger HCl mit Hilfe der nachfolgenden Tabelle ermittelt. Dazu wird ein wenig Boden auf ein Urglas gegeben und mit einem Tropfen Salzsäure 10% versetzt.

Resultat HCl-Test	Einwaage [g]
kein Aufbrausen	keine Bestimmung
schwaches nicht anhaltendes Aufbrausen	ca. 5 g
schwaches anhaltendes Aufbrausen	1 bis 2 g
starkes anhaltendes Aufbrausen	0.5 -1 g

### 6.2. Bestimmung

Der feingemahlene Boden (Scheibenschwingmühle Bleuler) wird in einen 100 ml Rundkolben eingewogen (Menge gemäss obiger Tabelle).

Der Einfüllstutzen Nr. 1 wird geöffnet, der Zwischenhahn Nr. 3 geschlossen. In den Tropftrichter werden ca. 50 ml Schwefelsäure -Eisensulfat eingefüllt.

(Es empfiehlt sich die Schlauch-Verbindung "II" beim Einfüllstutzen Nr. 1 etwas zu lösen, da sonst die Säure unregelmässig mit Rückspritzern in den Trichter läuft).

Der Zwischenhahn Nr. 3 wird geöffnet, damit die Säure in den Rundkolben fließen kann. Der Einfüllstutzen Nr.1 wird schnell geschlossen. Die Probe wird ca. 15 Minuten unter konstanter  $\text{N}_2$ -Zufuhr (Durchflussmesser 1 l / min) gekocht. Damit kein Rückschlag in der Destillationsapparatur entsteht, wird zuerst der Rundkolben entfernt, erst dann wird die Stickstoffzufuhr unterbrochen.

Das Absorptionsrohr wird abgehängt und gewogen. Die Enden des Rohres werden sofort verschlossen (hygroskopisch).

## 7. Berechnung

Die Gewichtszunahme der Absorptionrohre entspricht dem aus der Probe ausgetriebenen  $\text{CO}_2$ .

$$\frac{\text{g CO}_2 \times 100}{\text{g Einwaage}} = \% \text{CO}_2$$

$$\% \text{CO}_2 \times 0.27 = \% \text{C}$$

$$\% \text{CO}_2 \times 1.36 = \% \text{CO}_3$$

$$\% \text{CO}_2 \times 2.27 = \% \text{CaCO}_3$$

Bestimmungsgrenze : 0.1%  $\text{CO}_2$

## 8. Qualitätssicherung

Absorptionsrohr-Test (Kap. 5.2): Ausbeute zwischen 93 und 100 %. Dieser Test muss zu Beginn jeden Messtages sowie bei jedem Wechsel, bzw. jeder Neufüllung des Absorptionsrohres als Doppelbestimmung durchgeführt werden. Zusätzlich muss nach jeweils 5 Bestimmungen der Test als Einzelbestimmung durchgeführt werden. Weitere Angaben zur Datenreproduzierbarkeit sind der Aufnahmeanleitung, Kapitel 7.2.7, zu entnehmen.

## 9. Bemerkungen zu möglichen Fehlerquellen

- Die Absorptionsrohre werden im Exsikkator aufbewahrt. Vor der ersten Messung müssen sie ca. eine halbe Stunde mit Stickstoff konditioniert werden. Während einer Messerie sollten die Rohre nicht in den Exsikkator zurückgelegt werden.
- Der Stickstoffdurchfluss muss mit Durchflussmessern konstant gehalten werden.  
(1 l N<sub>2</sub>/min.)
- Die Glasschliffe der Apparatur müssen gut gefettet sein, was von Zeit zu Zeit wiederholt werden muss.
- Die Schwefelsäure in der Gaswaschflasche wird schnell gelb und sollte öfters ersetzt werden. Die NaOH wird ersetzt wenn sie trübe wird oder, wenn sich Niederschläge und Fetzen bilden.
- Besonders aufmerksam müssen die Absorptionsrohre behandelt werden.  
Das Trägermaterial ist hygroskopisch. Die Rohre immer gut schliessen oder Stickstoff durchblasen. Nach einigen Bestimmungen bildet sich am Rohreingang ein weisser Carbonatpfropfen. Das Rohr kann dadurch verstopfen und muss in der Folge neu gefüllt werden (siehe Kap. 5. 1).
- Nach besonders heftigen Reaktionen kann das Absorptionsrohr warm sein und muss vor dem Auswägen, gut verschlossen, an der Luft abgekühlt werden.
- Einzelne Teile, besonders die Schraubverschlüsse, können verkrusten. Sorgfältig reinigen! Silikondichtungen auf Risse kontrollieren und wenn nötig auswechseln.

## 10. Entsorgung von Chemikalien

- NaOH auf Träger: normaler Abfall.
- 30% NaOH (Gaswasch-Lösung): in kleineren zeitlich verteilten Portionen unter Verdünnen in den Ausguss.
- 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/Fe-Sulfat (überschüssiges Austriebsmittel, Aufschlammung mit Boden) bzw. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> conc. (Gaswasch-Lösung): Aufschlammung filtrieren, Filtrat bzw. überschüssiges sammeln z.H. Hausdienst.

## 63 Azidität

### Bestimmung der KCl-austauschbaren Azidität

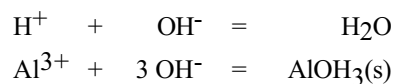
(Voraussetzung: nur für Proben mit  $\text{pH CaCl}_2 \leq 6$ )

#### 1. Probenbezeichnung

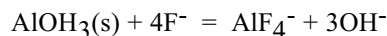
Gemäss den Vorschriften für die Labornummerierung im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix (siehe Anhang 44 und 53)  
Abkürzung für Methode: **G**

#### 2. Prinzip

Austauschbare  $\text{H}^+$  und  $\text{Al}^{3+}$  werden mit 1 M KCl extrahiert.  
Der KCl-Extrakt wird mit NaOH bis pH 8.2 titriert, wobei folgende Reaktionen ablaufen (vereinfacht):



Als Ergebnis erhält man die totale austauschbare Azidität. ( $\text{AZ}_{\text{tot}}$ )  
Titriertes Al wird anschliessend mit Fluorid maskiert:



Das dabei freigesetzte  $\text{OH}^-$  wird mit HCl zurücktitriert. Als Ergebnis erhält man die austauschbare Al-Azidität. ( $\text{AZ}_{\text{Al}}$ )  
Die austauschbare H-Azidität ( $\text{AZ}_{\text{H}}$ ) erhält man als Differenz von  $\text{AZ}_{\text{tot}}$  und  $\text{AZ}_{\text{Al}}$

$$\text{AZ}_{\text{H}} = \text{AZ}_{\text{tot}} - \text{AZ}_{\text{Al}}$$

#### Literatur:

Thomas, 1982, modifiziert nach UN ECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, 1993.

#### 3. Reagenzien

- 1 M Kaliumchlorid: 74.56 g KCl p.A / 1 H<sub>2</sub>O (Milli-Q)
- 1 M Kaliumfluorid: 58.10 g KF p.A / 1 H<sub>2</sub>O (Milli-Q)  
(mit 0.1M NaOH auf pH 8.2 einstellen).
- 0.05 M Salzsäure: Merck Titrisol
- 0.05 M Natronlauge: Merck Titrisol
- Kaliumhydrogenphthalat: (Urtiterqualität)
- Natriumkarbonat: (Urtiterqualität)

#### 4. Material

- Witt-Sauggefäss
- Büchnertrichter
- 0.45 µm Filtersystem
- Blaubandrundfilter ø 7 cm
- 0.45 µm Rundfilter ø 4.5 cm
- pH Puffer 4, 7 und 9 (Merck Titrisol)
- 2 Dosimaten
- Titroprocessor 670 Metrohm mit kombinierter Glas-Elektrode (Metrohm Art.Nr.6.0232.100)
- Separates pH-Meter mit "Single Pore" Plastik-Elektrode (Hamilton Art. Nr. 238'130)

## 5. Eichen und Faktorbestimmen

### 5.1 Eichung des separaten pH - Meters

Eichung mit Puffern pH 4 und pH 7 gemäss Bedienungsanleitung des pH-Meters.

### 5.2 Eichung des Titroprozessors

Nach Einschalten des Titroprozessors wird der Titriprozessor kalibriert (Programm p2).

*Programmablauf:*

Titroprozessor, dann Dosimate einschalten (Reihenfolge wichtig!)

P2            (eintippen)  
(enter)        (Taste drücken)  
el12          (eintippen)  
(enter)        (Taste drücken)  
7.000         (eintippen)

pH-Elektrode in Puffer 7 eintauchen und Rührwerk einschalten

(enter)        (Taste drücken)

Gerät misst pH und schaltet automatisch auf die nächste Linie (EL13)

pH-Elektrode in Puffer 4 eintauchen

4.000         (eintippen)  
(enter)        (Taste drücken)

Gerät misst pH und schaltet automatisch auf die nächste Linie (EL14)

pH-Elektrode in Puffer 9 eintauchen

9.000         (eintippen)  
(enter)        (Taste drücken)

Gerät misst pH und schaltet automatisch auf die nächste Linie (EL15)

(control Q)    (Taste drücken)

Gerät berechnet die Steilheit der Eichkurve autom.

Wert unter 0.93 nicht akzeptieren (--> Diaphragma reinigen; evtl. neue Elektrode)

### 5.3 Titer-Faktor-Bestimmung der 0.05 M NaOH

Ca. 100 mg bei 105 °C (1h) getrocknetes Kaliumhydrogenphthalat (Urtiterqualität) werden mit Hilfe der Analysenwaage in eine Wägeschale abgewogen, quantitativ mit H<sub>2</sub>O Millipore in ein 100 ml Becherglas gespült und mit ca. 30 ml H<sub>2</sub>O Millipore versetzt. Anschliessend wird mit der 0.05 M NaOH bis zum Endpunkt bei pH 8.2 titriert (Titroprozessor Programm 13).

Theoretischer Verbrauch:

10.00 ml 0.05M NaOH für 102.1 mg Kaliumhydrogenphthalat (Urtiter)

$$f_{\text{NaOH}} = \frac{0.05 \times 10\text{ml} \times \text{mg Einwaage Phthalat}}{102.1\text{mg} \times \text{ml NaOH}}$$

#### 5.4 Titer-Faktor-Bestimmung der 0.05 M HCl

Ca. 25 mg frisch bei 105 °C (1h) getrocknetes Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Urtiterqualität) werden mit Hilfe der Analysenwaage in eine Wägeschale abgewogen, quantitativ mit H<sub>2</sub>O Millipore in ein 100 ml Becherglas gespült und mit ca. 30 ml H<sub>2</sub>O Millipore versetzt. Anschliessend wird mit der 0.05 M HCl bis zum Endpunkt bei pH 4.3 titriert. (Titroprozessor Programm 12)

Theoretischer Verbrauch:

10.0 ml 0.05M HCl für 26.5 mg Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Urtiter)

$$f_{\text{HCl}} = \frac{0.05 \times 10\text{ml} \times \text{mg Einwaage Na}_2\text{CO}_3}{26.5\text{mg} \times \text{ml HCl}}$$

#### 5.5 Blindwertbestimmungen NaOH:

50 ml 1 M KCl werden 60 min. über Kopf geschüttelt (1 Umdrehung / 5 sec.).

Die Lösung wird direkt in ein 100 ml PE-Becherglas über Blaubandfilter abgenutscht und anschliessend über 0.45 µm Rundfilter filtriert.

Ein Aliquot von 30 ml wird in ein 100 ml Becherglas pipettiert.

Mit Hilfe des Titroprozessors wird mit 0.05 M NaOH auf pH 8.2 titriert (Programm 14).

#### 5.6 Blindwertbestimmungen HCl:

Anschliessend werden 10 ml KF-Lösung zugesetzt und mit 0.05 M HCl am Titroprozessor (Programm 15) auf pH 8.2 titriert.

Die Probe wird nun 30 min. stehen gelassen und wenn nötig nachtitriert.

Pro KCl-Ansatz werden 3-4 NaOH und HCl Blindwerte bestimmt und mit den entsprechenden Titer-Faktoren korrigiert.

Anschliessend werden die Resultate gemittelt und im Titroprozessor auf Seite 7 (p 7) eingegeben.

Bemerkung:

Bisherige Erfahrung zeigt, dass der HCl-Blindwert bei den verwendeten KCl- und Wasser-Qualitäten "Null" ist.

#### 5.7 Eingabe von Rechenwerten in den Titroprozessor Seite 7 (p 7)

- Titer-Faktor NaOH Methode 14
- gemittelter NaOH-Blindwert
- Titer-Faktor HCl Methode 15
- gemittelter HCl-Blindwert

Enter:

Comand:

p1	Enter	Uebersicht
rl14	Enter	Schreibschutz löschen
me14	Enter	Methode laden (p8 erscheint)
p7	Enter	p7 erscheint
el1	Enter	Edit line1 (Zeile für Faktor)
Wert Faktor-NaOH	Enter	Comand
Enter	Enter	C3 (Zeile für Blind-Wert)
Blind-Wert NaOH	Enter	Comand
Enter	Enter	C4
ctrl.Q	Enter	Methode verlassen
p1	Enter	Uebersicht
st14	Enter	Occupied (Methode speichern)
Enter		
sc14	Enter	Schreibschutz

Gleiches Vorgehen mit Methode 15 "Titer-Faktor HCl"!

## 6. Probe-Bestimmung

Jede Probe wird zweimal extrahiert und gleich anschliessend titriert.

5 g Feinerde werden in 100 ml PE-Fläschchen (braun) mit 50 ml 1 M KCl versetzt und 60 min. über Kopf geschüttelt (1 Umdrehung / 5 sec.).

In der Suspension wird der pH-Wert (separates geeichtes pH-Meter mit "Hamilton" Elektrode) gemessen (Rührgeschwindigkeit so einstellen, dass die Suspension gerade gut aufgerührt wird). --> Resultat pH<sub>KCl</sub>.

Die Suspension wird nun direkt in ein 100 ml PE-Becherglas über Blaubandfilter abgenutscht und anschliessend über 0.45 µm Rundfilter in ein weiteres 100 ml PE-Becherglas filtriert.

### 6.1 Bestimmung der totalen austauschbaren KCl-Azidität:

Ein Aliquot von 30 ml wird in ein 100 ml Becherglas (Grösse des Becherglases wichtig) pipettiert.

Mit Titroprozessor wird mit 0.05 M NaOH auf pH 8.2 titriert (Programm 14; Rührgeschwindigkeit Stufe 3!)

### 6.2 Bestimmung der austauschbaren Aluminium-Azidität:

Anschliessend an die obige Bestimmung werden 10 ml KF-Lösung zugesetzt

und mit 0.05 M HCl am Titroprozessor (Programm 15) auf pH 8.2 titriert (Rührgeschwindigkeit Stufe 3).

Die Probe wird nun 30 Min. stehen gelassen und nachtitriert.

## 7. Resultate/Berechnungen

### 7.1 pH KCl

–

### 7.2 totale austauschbare Azidität

$$AZ_{\text{tot}} [\text{meq/kg}] = \frac{(\text{ml NaOH} - \text{ml NaOH Blind}) \times \text{Molarität NaOH} \times f \text{ NaOH} \times \text{ml Extr.mittel} \times 1000}{\text{Aliquot} [\text{ml}] \times \text{Einwaage} [\text{g}]}$$

### 7.3 austauschbare Al-Azidität

$$AZ_{\text{Al}} [\text{meq/kg}] = \frac{(\text{ml HCl} - \text{ml HCl Blind}) \times \text{Molarität HCl} \times f \text{ HCl} \times \text{ml Extr.mittel} \times 1000}{\text{Aliquot} [\text{ml}] \times \text{Einwaage} [\text{g}]}$$

### 7.4 austauschbare H-Azidität

$$AZ_{\text{H}} [\text{meq/kg}] = AZ_{\text{tot}} - AZ_{\text{Al}}$$

## 8. Abbruchkriterien und besondere Bestimmungen

### 8.1. Abbruchkriterien

- Verbrauch 0.05 M NaOH > 20 ml      kleineres Aliquot nehmen
- Verbrauch 0.05 M NaOH < 0.1 ml      Wiederholung mit 2. Probe

wenn Verbrauch wieder < 0.1 ml

Resultat  $AZ_{\text{tot}} < 1.7 \text{ meq / kg}$

Resultat  $AZ_{\text{Al}}$  : N.B.

Resultat  $AZ_{\text{H}}$  : N.B.

### 8.2. Besondere Bestimmungen

- Anzahl Bestimmungen      normalerweise Doppelbestimmung

Falls RSD Verbrauch NaOH oder RSD Verbrauch HCl > 5 %, dann 3. Bestimmung.

Bei 3 Bestimmungen den eindeutig ausreissenden Wert nicht in die Mittelwert-Berechnungen einbeziehen. Falls auch nach 3 Bestimmungen keine zwei Werte mit RSD < 5% resultieren, Resultate markieren (siehe unten).

- Resultate markieren wenn
  - Verbrauch NaOH zwischen 0.1 und 0.5 ml
  - RSD  $AZ_{\text{tot}} > 7 \%$
  - RSD  $AZ_{\text{Al}} > 7 \%$
  - RSD  $AZ_{\text{H}} > 15 \%$

## 9. Qualitätssicherung

### 9.1 Blindproben und Referenzboden

Nach jeder Eichung, Faktorbestimmung oder wenn frische Lösungen angesetzt werden, muss eine Referenzprobe (mind. 2-fach Bestimmung) mitgemessen werden.

Zusätzlich werden für jede frische KCl-Lösung Blindwerte ermittelt (mind. 2-fach Bestimmung).

### 9.2 Referenzbodensollwerte

Sofort nach der Messung werden die Resultate überprüft (siehe Kap. 8)

Weitere Angaben zur Datenreproduzierbarkeit sind der Aufnahmeanleitung, Kapitel 7.2.7, zu entnehmen.

## 10. Umgang mit Chemikalien, Entsorgung

- 1M KCl (überschüssiges Extraktionsmittel, Extrakte ohne KF):

*Entsorgung:* in kleineren zeitlich verteilten Portionen unter Verdünnen in den Ausguss geben.

- 1M KF (überschüssiges Extraktionsmittel) bzw. 0.25M KF/0.75 M KCl (Extrakte aus Aziditäts-Bestimmung):

Arbeitsschutz: Hautkontakt vermeiden, Handschuhe tragen!

Entsorgung: Die Abfälle werden so gesammelt, dass man die ungefähre Fluorid-konzentration kennt und dass diese einen pH-Wert grösser als 7 aufweisen. Nun wird eine entsprechend höher konzentrierte Ca-Lösung (z.B.  $\text{CaCl}_2$ ) hergestellt. Unter Rühren wird dann soviel dieser Lösung zugesetzt, dass alles Fluorid gefällt wird.  $\text{CaF}_2$  absetzen lassen und klaren Überstand absaugen oder abdekantieren (in kleineren zeitlich verteilten Portionen unter Verdünnen in den Ausguss).

Die verbleibende Suspension wird durch einen LS 14 1/2 - Faltenfilter filtriert. Solange das Filtrat noch trübe ist, wird es aufgefangen und nochmals filtriert. Der Filter muss zuerst ein wenig mit der feinen Ausfällung belegt sein.

Das trockene  $\text{CaF}_2$  wird gesammelt und in geeigneter Verpackung im Gifthaus entsorgt (Beschriftung: "Calciumfluorid-Abfälle"). Das Filtrat wird in kleineren zeitlich verteilten Portionen unter Verdünnen in den Ausguss gegeben.

## 64 NH<sub>4</sub>Cl-Extrakt

# Bestimmung der 1 M NH<sub>4</sub>Cl - extrahierbaren Elemente

(Bestimmung der austauschbaren Kationen)

### 1. Probenbezeichnung

Gemäss den Vorschriften für die Labornummerierung im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix (siehe Anhang 44 und 53)  
Abkürzung für Methode: 4

### 2. Prinzip

Austauschbare Kationen im Boden werden gegen Ammonium-Ionen ausgetauscht.  
Ihr Gehalt im Extrakt wird mit ICP/AES bestimmt.

### 3. Reagenzien

Ammoniumchlorid	NH <sub>4</sub> Cl, p.a.
H <sub>2</sub> O	2 x deion. Wasser aus der Elgacan-Apparatur
1 M Ammoniumchlorid	53.49 g NH <sub>4</sub> Cl / L

#### Herstellung der Extraktionslösung (5L Ansatzmenge)

267.45g NH<sub>4</sub>Cl in einen 5L Messkolben einwiegen und mit "Elgacan"- H<sub>2</sub>O zur Marke auffüllen.

### 4. Extraktion der Bodenprobe

Die Bodenproben müssen vor dem Einwiegen mit einem sauberen Spatel gut gemischt werden.

5.0 g Feinerde werden in 100 ml Polyethylen Weithals-Flaschen eingewogen und mit 50 ml Extraktionslösung (20 °C) versetzt.

Die Proben werden auf dem Überkopfschüttler während 1 Stunde bei 20 ° C (Klimaraum) geschüttelt (ca. 12 U/min).  
Nach kurzem Absetzen (ca. 5 min) wird der Überstand über Faltenfilter Schleicher & Schuell Nr. 0790 1/2 (Mg frei) abfiltriert.

Im Filtrat werden die Elemente mittels ICP/AES bestimmt (Zentral-Labor).

### 5. Qualitätssicherung

Bis zur Messung werden die Extrakte im Kühlraum (2 °C) aufbewahrt. Achtung: Proben nicht ansäuern!

Die Extrakte sollten innerhalb von 2 Wochen gemessen werden (Gefahr der Schimmelbildung) --> Koordination mit Zentrallabor !

Für jede frisch angesetzte NH<sub>4</sub>Cl-Extraktionslösung müssen eine Referenz- und eine Blindprobe (3-fach Bestimmung) mitextrahiert werden. Zusätzlich muss pro Überkopfschüttler (40-48 Extrakte) eine Referenzprobe (3-fach Bestimmung) mitgemessen werden.

Weitere Angaben zur Datenreproduzierbarkeit sind der Aufnahmeanleitung, Kapitel 7.2.7, zu entnehmen.

### 6. Entsorgung von Chemikalien

Überschüssiges Extraktionsmittel, Extrakte: in kleineren zeitlich verteilten Portionen unter Verdünnen in den Ausguss.

## 65 HNO<sub>3</sub>-Extrakt

### Bestimmung der 2 M HNO<sub>3</sub> - extrahierbaren Elemente

#### 1. Probenbezeichnung

Gemäss den Vorschriften für die Labornummerierung im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix (siehe Anhang 44 und 53)  
Abkürzung für Methode: 3

#### 2. Prinzip

Mit heisser HNO<sub>3</sub> wird ein rein operationell definierter Gehalt an Elementen extrahiert, der als "total extrahierbar" bezeichnet wird.

*Literatur:*

Aitang et al., 1983 und BUWAL/FAC, 1987.

#### 3. Reagenzien

Die Extraktionslösung wird entweder mit gekaufter 65 %-iger HNO<sub>3</sub> (Merck, p.a.) hergestellt oder mit dem Rückstand aus der Subboiling-Apparatur des Zentrallabors. Im zweiten Fall muss die Konzentration mit Titration vorgängig wie folgt bestimmt werden:

1 ml HNO<sub>3</sub> aus der Subboiling-Apparatur wird in ein Becherglas vorgelegt, mit ca. 20 ml Millipore-Wasser verdünnt und mit einem Tropfen Methylorange versetzt. Anschliessend wird mit 1 M NaOH (Titer entsprechend der Anleitung "KCl-austauschbare Azidität" bestimmt) von gelb nach orange titriert.

1 ml 1 M NaOH = 1 ml 1 M HNO<sub>3</sub>; somit ergibt der Verbrauch an 1 M NaOH in ml direkt die Molarität der titrierten Säure.

#### Herstellung der Extraktionslösung (2 L Ansatzmenge)

280 ml HNO<sub>3</sub> conc. (65 % Merck) bzw.

$$\frac{280 \text{ ml} \cdot 2 \text{ M}}{\text{bestimmte Molarität}} \quad (\text{HNO}_3 \text{ aus Subboiling-Apparatur})$$

in einen 2L-Messkolben, in dem etwas "Elgacan"-Wasser vorgelegt ist, geben. Anschliessend mit "Elgacan"-Wasser zur Marke auffüllen.

#### 4. Extraktion der Bodenprobe

Die Bodenproben müssen vor dem Einwiegen mit einem sauberen Spatel gut gemischt werden.

2.5 g Boden werden zusammen mit einer Achatkugel in eine hitzebeständige 150 ml Polypropylenflasche mit einem 2 mm Loch im Deckel eingewogen und mit 25 ml 2 M HNO<sub>3</sub> versetzt. (spröde Flaschen in den Abfall! Auf Haarrisse im Boden achten!)

*Vorsicht!* Stark kalkhaltige Proben können schäumen und dürfen erst ins heisse Wasserbad gestellt werden, wenn die Reaktion abgeklungen ist.

Die Proben werden während 2 Stunden im kochenden Wasserbad (Temp. 94 - 97 °C) unter Schütteln (100 U / min) extrahiert. Anschliessend werden die Proben heiss über Faltenfilter, Nr. 0790 1/2 Mg-frei in 50 ml Polyethylen-Fläschchen filtriert. Es muss in der Kapelle gearbeitet werden (Nitrose Gase)!

Das Filtrat wird im Zentral-Labor vor dem Messen mit dem ICP/AES 10 x mit HNO<sub>3</sub> (10 % Vol.) verdünnt.

#### 5. Qualitätssicherung

Achtung! Konstante Temperatur des Wasserbades (94-97 Grad-Celsius), exakte Konzentration des Extraktionsmittels sowie genaue Extraktionszeit und rasche Filtration sind die wichtigsten Faktoren für reproduzierbare Resultate.

Für jede frisch angesetzte HNO<sub>3</sub>-Extraktionslösung müssen eine Referenz- und eine Blindprobe (3-fach Bestimmung) mitextrahiert werden. Zusätzlich muss pro Wasserbadfüllung (24 Extrakte) eine Referenzprobe (3-fach Bestimmung) mitgemessen werden.

Weitere Angaben zur Datenreproduzierbarkeit sind der Aufnahmeanleitung, Kapitel 7.2.7, zu entnehmen.

#### 6. Entsorgung von Chemikalien

- 2 M HNO<sub>3</sub> (überschüssiges Extraktionsmittel, Extrakte): sammeln z.H. Hausdienst
- 0.2 M HNO<sub>3</sub> (ICP-Messlösungen): Ausguss unter Verdünnen.

## 66 Totalgehalte

### Laborvorschrift Borax-Aufschluss

#### ACHTUNG!

Die untenstehende Methode zur Bestimmung der Totalgehalte ist im Laboralltag (Routine) nicht praktikabel. Es treten verschiedene Probleme beim Messen auf, insbesondere:

- hohe Bor- und Natriumkontaminationen
- schlechte Reproduzierbarkeit

Die Methode stammt von Stefan Zimmermann. Er hat sie in seiner Dissertation verwendet.

Als Alternative wurden die Proben mit XRF-Analytik gemessen.

Die Bodenprofil-Proben wurden zu diesem Zweck zu Cherbukin nach Kanada geschickt. Leider sind keine verlässlichen Angaben zur Datenreproduzierbarkeit der XRF-Analytik von Cherbukin verfügbar. Wir wissen also nicht, wie gut die Messwerte sind.

### Laborvorschrift

#### 1. Prinzip

Die Probe wird zusammen mit Borax im Ofen bei 1050°C zu einer Glasperle verschmolzen. Ein Teil der Glasperle wird in 0.1 M HNO<sub>3</sub> gelöst und am ICP-MS werden die Elementgehalte bestimmt.

#### 2. Chemikalien

- di-Natriumtetraborat wasserfrei p.a. (Merck Nr. 6306) Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>
- HNO<sub>3</sub> suprapur (65 %ig)

#### 3. Material

- Pt/Au-Tiegel, lange Greifzange, hitzebeständige Glasplatte
- Teflonbeschichteter Stab oder Laborspatel
- Ofen bis mind. 1050°C heizbar
- feuerfeste Handschuhe, Schutzbrille (!), Schutzbekleidung
- 250 ml PE-Flaschen

#### 4. Ausführung

Die Probe muss vor dem Aufschluss in der Scheibenschwingmühle feingemahlen werden. Von der gemahlene Probe ca. 1 g genau in Pt/Au-Tiegel einwiegen, mit Borax (ca. 4.5 g genau) versetzen und mit einem teflonbeschichteten Stab im Tiegel gut durchmischen. Ein Beispiel eines Protokolles mit allen unbedingt zu protokollierenden Informationen findet sich in Tab. 1.

Tab. 1: Beispiel eines Protokollblattes für die Borax-Aufschlüsse

Tiegel-Nr.	Proben-Nr.	Tiegel leer [g]	Probe [g]	Borax [g]	Total vor [g]	Total nach [g]	Glüh- verlust [g]
F 135	36.001	21.4894	1.0076	4.5026	26.9999	26.5009	0.4990
F 134	36.002	21.5281	0.9996	4.5273	27.0553	26.6177	0.4376
E 554	36.003	20.1609	1.0286	4.6400	25.8296	25.3949	0.4347
F 137	36.004	21.2656	0.9999	4.5652	26.8309	26.3986	0.4323
F 136	36.005	19.0479	1.0008	4.5018	24.5508	24.1434	0.4074
F 132	36.006	21.1495	1.0026	4.5014	26.6535	26.3718	0.2817

Den Tiegel mit dem Gemisch nochmals wägen und dann während 1 Stunde in den Ofen bei 1050°C stellen. Den Tiegel herausnehmen, auf eine hitzebeständige Glasplatte stellen, abkühlen lassen und zurückwägen. Die Gewichtsabnahme ergibt den Glühverlust.

Den Tiegel nochmals in den Ofen stellen, bis die Glasperle wieder geschmolzen ist (ca. 5 Min.) und ca. 1 Min. nach dem Herausnehmen in einem Wasserbad abschrecken. Dadurch zerspringt die sich bildende Glasperle. Das Abschrecken muss sehr vorsichtig erfolgen. Einerseits besteht die Gefahr von zu grossen Spannungen in der Glasperle, was zur Zersplitterung führen kann (deshalb Schutzbrille!), andererseits leiden die Tiegel bei allzu grossem Temperaturschock. Die Glasperle muss allerdings zerspringen, da für die Auflösung in  $\text{HNO}_3$  nur 1 g der Glasperle eingewogen werden muss.

## **5. Reinigung der Tiegel**

Die Tiegel werden mit Borax so weit gefüllt, bis alle an der Wand heftenden Rückstände der Glasperle gedeckt sind. Die Tiegel nochmals eine halbe Stunde in den Ofen stellen, herausnehmen, abschrecken und erstarrtes Borax ausklopfen.

## **6. Vorbereitung der Probe für ICP-MS**

Ca. 1 g genau der Pille wird in eine 250 ml PE-Flasche eingewogen (Flasche vorher mit Säure spülen), mit 50 g Milli-Q Wasser versetzen und 2.4 g konz.  $\text{HNO}_3$  (65 %ig) suprapur dazugeben. Unter Rotation (ca. 20 rpm) wird die Pille gelöst und danach mit Milli-Q Wasser auf 250 g auffüllen. Dadurch ergibt sich eine Lösung der Glasperle in 0.1 M  $\text{HNO}_3$ .

## **7. Bestimmung der Elementgehalte**

Am ICP-MS werden folgende Elemente bestimmt:

Al, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Ge, K, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Si, Ti, Y, Zn und Zr.

## 67 P-Parameter

# Bestimmung der P-Parameter

### 1. Probenbezeichnung

Gemäss den Vorschriften für die Labornummerierung im LWF-Kernprojekt Bodenmatrix (siehe Anhang 44 und 53)  
Abkürzung für Methode: **J** (P total) und **K** (P anorganisch)

### 2. Prinzip

Zur Schätzung des organisch gebundenen Phosphors werden indirekte Methoden angewendet. Die hier angewandte Methode beruht auf der Schwefelsäure-Extraktion von Phosphat aus dem unbehandelten Boden (anorganischer Phosphor,  $P_{\text{anorg}}$ ) und aus dem Boden nach trockener Veraschung der organischen Substanzen (total extrahierbarer Phosphor,  $P_{\text{tot}}$ ). Die Bestimmung des Phosphates in den Extrakten erfolgt kolorimetrisch mit der Molybdänblau-Methode. Der organisch gebundene Phosphor ( $P_{\text{org}}$ ) ergibt sich als Differenz zwischen total extrahierbarem und anorganischem Phosphor.

*Literatur:*

Olsen et al., 1982.

### 3. Reagenzien

0.5 M  $H_2SO_4$     28.0 ml  $H_2SO_4$  94 % / L  $H_2O$   
Wasserqualität     $H_2O$  "Millipore"

### 4. Extraktion der Bodenprobe

Die Bodenproben müssen vor dem Einwiegen mit einem sauberen Spatel gut gerührt werden.

#### 4.1. Einwaage der unbehandelt zu extrahierenden Probe

1 g Feinerde wird in eine 100 ml PE-Flasche eingewogen.

#### 4.2. Vorbereitung der verglüht zu extrahierenden Probe

1 g Feinerde wird in einen Porzellan-Tiegel eingewogen und dieser in den kalten Muffelofen gestellt. Die Temperatur wird im Laufe von 1-2 Stunden langsam auf 550 °C erhöht. Diese Temperatur wird während 2 Stunden gehalten. Der Glührückstand wird sorgfältig und quantitativ in eine 100 ml PE-Flasche überführt.

#### 4.3. Extraktion des Phosphors

Beide Proben (unbehandelt und verascht) werden je mit 50 ml 0.5 M  $H_2SO_4$ -Lösung versetzt und während 16 Stunden (über Nacht) auf dem Überkopfschüttler extrahiert.

Die Abtrennung des Extraktes erfolgt durch Filtration über einen Blaubandfaltenfilter 589/3 1/2.

### 5. kolorimetrische Phosphat-Bestimmung

#### 5.1. Reagenzien

Ammoniumheptamolybdat	$(NH_4)_6 Mo_7 O_{24} \cdot 4H_2O$ p. A
Kalium-antimon-tartrat	$(KSbO C_4H_4O_6)$ p. A
Schwefelsäure	$H_2SO_4$ conc. (94 - 97 %)
L(+) Ascorbinsäure	$C_6H_8O_6$ p. A
p-Nitrophenol (0.25 %)	$C_6H_5NO_3$ z. S
Kaliumdihydrogenphosphat	$KH_2PO_4$ p. A
0.5 M $H_2SO_4$	28.00 ml konz. $H_2SO_4$ / L
5.0 M NaOH	200.05 g NaOH-Plätzchen / L

#### Reagens A

In einem 2 l Messkolben werden nacheinander 12 g Ammoniumheptamolybdat in 250 ml destilliertem Wasser und 0.291 g Kalium-antimon-tartrat in 100 ml Millipore-Wasser gelöst. Anschliessend werden noch einmal destilliertes Wasser vorgelegt und vorsichtig 148 ml konz.  $H_2SO_4$  dazugemischt.

Achtung! Bei der Zugabe der Säure entsteht Wärme! Nach dem Abkühlen wird die Lösung mit Millipore-Wasser bis zur Marke aufgefüllt.

#### Reagens B

1.06 g Ascorbinsäure werden in 200 ml Reagens A Lösung gelöst und gut geschüttelt. Reagens B ist nicht lagerbar und

muss täglich frisch hergestellt werden.

## 5.2. Eichlösungen

In einem 1 L Messkolben werden 4.393 g ofengetrocknetes  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  in destilliertem Wasser gelöst, mit 1.00 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  96 % stabilisiert und mit Millipore-Wasser bis zur Marke aufgefüllt (--> konzentrierte Stocklösung).

Die konzentrierte Stocklösung wird 1: 100 verdünnt (1 ml /100 ml) (--> verdünnte Stocklösung). Diese Lösung wird täglich frisch hergestellt.

Die Eichlösungen werden aus der verdünnten Stocklösung hergestellt. Verdünnung, Neutralisation und Reagenzienzugabe erfolgen wie bei den Bodenextrakten ohne Eigenfärbung (siehe Kap. 5.3.1).

Die Eichreihen werden mit den folgenden Aliquots an verdünnter Stocklösung hergestellt:

Eichung mit 1 cm Küvette

0.0 ml verd. Stocklsg.	Conz = 0.0 mg P / L	Abs. $\approx$ 0.000
0.5 ml verd. Stocklsg	Conz = 0.1 mg P / L	Abs. $\approx$ 0.054
1.0 ml verd. Stocklsg.	Conz = 0.2 mg P / L	Abs. $\approx$ 0.110
2.0 ml verd. Stocklsg.	Conz = 0.4 mg P / L	Abs. $\approx$ 0.220
4.0 ml verd. Stocklsg.	Conz = 0.8 mg P / L	Abs. $\approx$ 0.437
6.0 ml verd. Stocklsg.	Conz = 1.2 mg P / L	Abs. $\approx$ 0.645

Eichung mit 5 cm Küvette

0.00 ml verd. Stocklsg.	Conz = 0.0 mg P / L	Abs. $\approx$ 0.000
0.25 ml verd. Stocklsg	Conz = 0.05 mg P / L	Abs. $\approx$ 0.136
0.50 ml verd. Stocklsg.	Conz = 0.1 mg P / L	Abs. $\approx$ 0.272
0.75 ml verd. Stocklsg.	Conz = 0.15 mg P / L	Abs. $\approx$ 0.407
1.00 ml verd. Stocklsg.	Conz = 0.2 mg P / L	Abs. $\approx$ 0.544

## 5.3. Probe-Bestimmung

### *5.3.1 Boden-Extrakte ohne Eigenfärbung*

Ein Aliquot (ca.5.0 ml) der Extraktprobe wird in einen 50 ml Messkolben pipettiert und mit ca. 25 ml Millipore- $\text{H}_2\text{O}$  verdünnt. Zur Neutralisation wird die Probe mit 2 Tropfen p-Nitrophenol (0.25 %) Indikator versetzt und mit 5 M NaOH tropfenweise von farblos auf gelb titriert. Anschliessend wird sofort mit 0.5 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  wieder tropfenweise titriert, bis die Gelbfärbung verschwindet. Es wird noch ein Tropfen 0.5 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  im Überschuss dazugegeben (pH = 2.2-2.5).

Nun werden 8.0 ml Reagenz B dazu pipettiert und mit  $\text{H}_2\text{O}$  (Milli-Q) bis zur Marke aufgefüllt.

Gut schütteln und mindestens 60 min. stehen lassen (die Farbe ist ab da bis 48 Stunden sicher stabil).

Messung der Absorption bei 710 nm am Photometer gegen Null-Eichlösung in der Referenzküvette.

### *5.3.2. Boden-Extrakte mit Eigenfärbung*

Ein Aliquot (ca.5.0 ml) der gefärbten Extraktprobe wird in Becherglas pipettiert, mit ca. 25 ml  $\text{H}_2\text{O}$  deion. verdünnt und am pH-Meter auf pH 2.2–2.5 eingestellt. Diese Probe wird nun quantitativ in ein 50 ml-Messkölbchen überführt. Nun werden 8.0 ml Reagenz B dazu pipettiert (allfällige Trübungen und Ausflockungen verschwinden bei diesem Schritt) und mit  $\text{H}_2\text{O}$  (Milli-Q) bis zur Marke aufgefüllt.

Gut schütteln und mindestens 60 min. stehen lassen (die Farbe ist ab da bis 48 Stunden sicher stabil).

Die starke Eigenfärbung der Probe muss am Photometer kompensiert werden. Dies wird dadurch erreicht, dass in der Referenzküvette anstelle der Null-Eichlösung die gleich verdünnte Probe verwendet wird, bei der anstelle von Reagenz B 8 ml Reagenz A dazu pipettiert wurde.

*Achtung!* Die Neutralisation der Extrakte ist ein sehr heikler Punkt und muss sehr exakt durchgeführt werden. Bei zu tiefen pH-Werten ist die Methode nicht mehr reproduzierbar, bei zu hohem pH kommt es zu braunen Ausfällungen. Diese Ausfällung löst sich in den meisten Fällen wieder auf, teilweise bei Rücktitration mit  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , vollständig bei Zugabe von Reagens B.

*Wichtig!* Der pH-Wert sollte nicht unter 2,1 sein! Die Standardreihe muss denselben pH-Wert wie die Extrakte haben.

## 6. Berechnungen

### 6.1 Berechnung des Phosphor-Gehaltes in den unverglühten und verglühten Bodenproben

$$\text{mg P/kg Boden} = \frac{\text{mg P/L Messlösung} * 50 \text{ ml Messlösung} * 50 \text{ ml Extraktionslösung}}{\text{ml Aliquot Extrakt} * 1 \text{ g Boden}}$$

Beispiel:	Verdünnungsfaktor	Konzentration
Messlösung	-	0.3 mg/L
Extrakt	50 ml Messlösung / 2 ml Aliquot	7.5 mg/L
Bodenprobe	50 ml Extraktionslösung / 1 g Boden	375 mg/kg

### 6.2 Berechnung des organischen P-Gehaltes

Das organische Phosphat ( $P_{\text{org}}$ ) im Boden wird berechnet, indem der Phosphat-Gehalt der unverglühten Probe ( $P_{\text{anorg}}$ ) von demjenigen der verglühten Probe ( $P_{\text{tot}}$ ) abgezogen wird.

$$P_{\text{org}} = P_{\text{tot}} - P_{\text{anorg}}$$

## 7. Qualitätssicherung

Für jede frisch angesetzte Extraktionslösung müssen eine Referenz- und eine Blindprobe (3-fach Best.) mitgemessen werden. Zusätzlich muss für jede Schüttlerladung und bei jeder Photometer-Eichung eine Referenzprobe (3-fach Best.) mitgemessen werden. Sofort nach der Messung werden die Resultate überprüft.

Weitere Angaben zur Datenreproduzierbarkeit sind der Aufnahmeanleitung, Kapitel 7.2.7, zu entnehmen.

## 8. Entsorgung von Chemikalien

- 0.5 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (überschüssiges Extraktionsmittel, Extrakte): sammeln z.H. Hausdienst; mit Farbreagens versehene Lösungen: siehe unten.
- Farbreagens (0.005 M Molybdat/0.001 M KSb-Tartrat/1.25 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  mit und ohne Ascorbinsäure) bzw. mit Farbreagens versetzte Probelösung: mit NaOH leicht alkalisch stellen, dann in gelbem Sammelbehälter ins GiftHaus; Beschriftung: "Antimonhaltige Salzlösungen: K-Antimontartrat/Molybdat/Sulfat/Ascorbinsäure".

### Wiederholbarkeit ausgewählter chemischer Parameter

71.1  $\text{NH}_4\text{Cl}_{\text{Al/Fe}}$

71.2  $\text{NH}_4\text{Cl}_{\text{Ca/Mg}}$

71.3  $\text{NH}_4\text{Cl}_{\text{K}}$

72 Azidität<sub>H</sub>

73.1  $\text{HNO}_3_{\text{Cr/Pb}}$

73.2  $\text{HNO}_3_{\text{Ni/Zn}}$

73.3  $\text{HNO}_3_{\text{Cu/Cd}}$

74 Carbonat<sub>C<sub>anorg</sub></sub>

75  $\text{C}_{\text{tot}}/\text{N}_{\text{tot}}$

76  $\text{P}_{\text{tot}}/\text{P}_{\text{anorg}}$

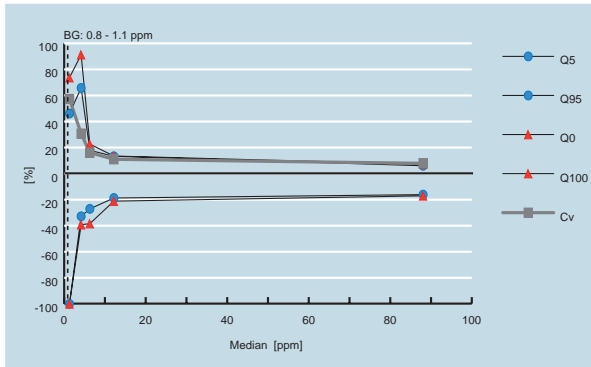
---

# 71.1 NH<sub>4</sub>Cl<sub>-</sub>Al/Fe

Wiederholbarkeit von Laboranalysen  
in Abhängigkeit der Stoffgehalte von Bodenproben

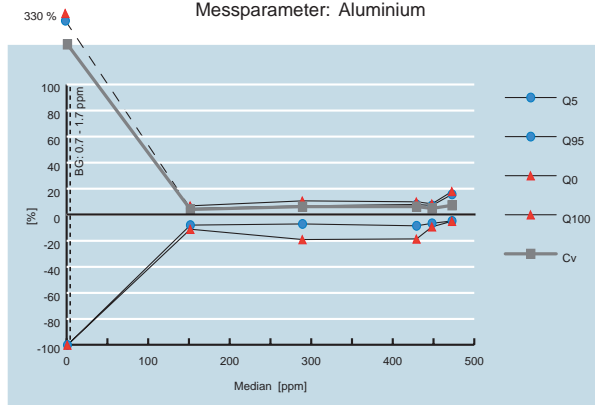
Methode: 1 M NH<sub>4</sub>Cl-Extraktion

Messparameter: Eisen



Boden		Nk36	Nk33	La26	Ref	No15	La23	Bb02
n Wiederholungen		14	15	16	52	15	16	14
Mittelwert	[ppm]	0.1	0.2	1.2	4.3	6.2	12.0	85.9
Median	[ppm]	0.0	0.0	1.3	4.2	6.3	12.2	88.1
sd	[ppm]	0.4	1.0	0.7	1.3	1.0	1.3	6.8
<b>CV</b>	[%]	374.2	387.3	57.3	30.7	16.1	11.0	7.9
Q100	[%]	nb	nb	73.7	91.3	22.7	13.5	7.2
Q0	[%]	nb	nb	-100.0	-39.2	-38.4	-21.1	-17.1
Q95	[%]	nb	nb	46.1	65.8	17.9	13.3	6.0
Q5	[%]	nb	nb	-100.0	-32.8	-27.1	-18.7	-16.1
n Extraktionen		42	41	45	146	44	47	42

Messparameter: Aluminium



Boden		Nk36	Nk33	Ref	La26	La23	Bb02	No15
n Wiederholungen		14	15	52	16	16	14	15
Mittelwert	[ppm]	0.7	1.1	150.3	289.1	428.2	450.0	485.4
Median	[ppm]	0.0	1.0	151.8	289.3	429.2	448.2	472.7
sd	[ppm]	1.5	1.5	6.1	18.0	26.8	21.9	35.1
<b>CV</b>	[%]	221.6	130.8	4.1	6.2	6.3	4.9	7.2
Q100	[%]	nb	332.2	6.9	10.7	9.9	8.4	17.9
Q0	[%]	nb	-100.0	-11.1	-19.0	-18.5	-9.2	-5.0
Q95	[%]	nb	330.5	4.8	6.8	7.9	7.1	15.7
Q5	[%]	nb	-100.0	-7.9	-7.1	-8.5	-6.6	-4.7
n Extraktionen		40	40	153	47	48	42	44

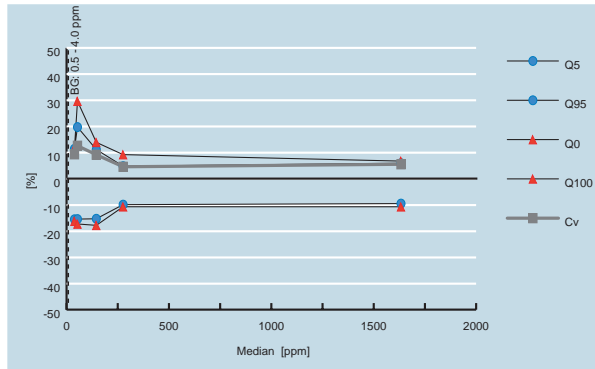
## 71.2 NH<sub>4</sub>Cl\_Ca/Mg

### Wiederholbarkeit von Laboranalysen

in Abhängigkeit der Stoffgehalte von Bodenproben

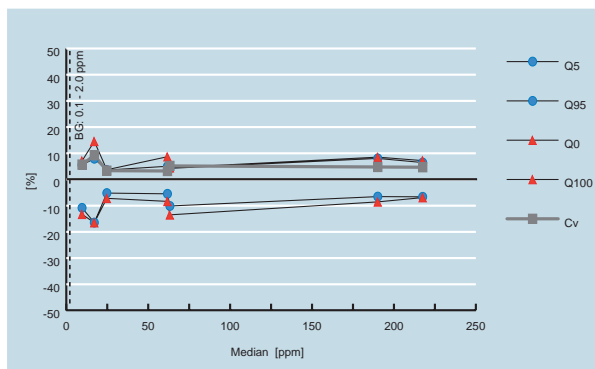
Methode: 1 M NH<sub>4</sub>Cl-Extraktion

Messparameter: Calcium



Boden		La26	No15	La23	Ref	Bb02	Nk36	Nk33
n Wiederholungen		16	15	16	52	14	14	15
Mittelwert	[ppm]	38	54	144	274	1626	7688	10716
Median	[ppm]	39	53	145	276	1633	7733	10674
sd	[ppm]	4	7	13	13	91	408	547
CV	[%]	9.4	12.6	9.2	4.6	5.6	5.3	5.1
Q100	[%]	11.7	29.7	13.9	9.3	6.8	6.6	7.9
Q0	[%]	-16.2	-17.2	-17.7	-10.6	-10.6	-12.9	-11.0
Q95	[%]	11.5	19.8	11.2	4.9	6.0	5.7	7.2
Q5	[%]	-15.4	-15.4	-15.2	-9.8	-9.4	-10.5	-8.9
n Extraktionen		45	42	48	154	42	42	43

Messparameter: Magnesium



Boden		La26	No15	La23	Ref	Nk36	Nk33	Bb02
n Wiederholungen		16	15	16	52	14	15	14
Mittelwert	[ppm]	9.5	16.6	24.6	61.8	62.4	190.7	218.2
Median	[ppm]	9.6	17.1	24.7	61.8	63.2	190.1	217.5
sd	[ppm]	0.5	1.5	0.8	2.0	3.2	9.1	10.2
CV	[%]	5.7	9.3	3.4	3.2	5.2	4.8	4.7
Q100	[%]	7.1	14.6	3.7	8.7	4.5	8.5	7.2
Q0	[%]	-13.3	-16.5	-7.2	-8.4	-13.5	-8.5	-6.9
Q95	[%]	5.6	7.9	3.6	5.1	4.3	8.0	6.5
Q5	[%]	-10.8	-16.5	-5.2	-5.5	-10.1	-6.5	-6.6
n Extraktionen		47	44	48	154	42	43	42

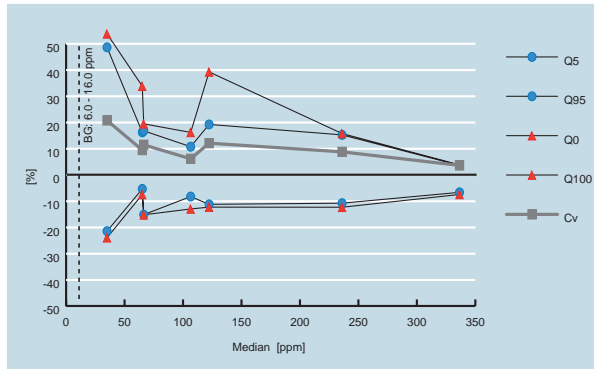
## 71.3 NH<sub>4</sub>Cl\_K

### Wiederholbarkeit von Laboranalysen

in Abhängigkeit der Stoffgehalte von Bodenproben

Methode: 1 M NH<sub>4</sub>Cl-Extraktion

Messparameter: Kalium



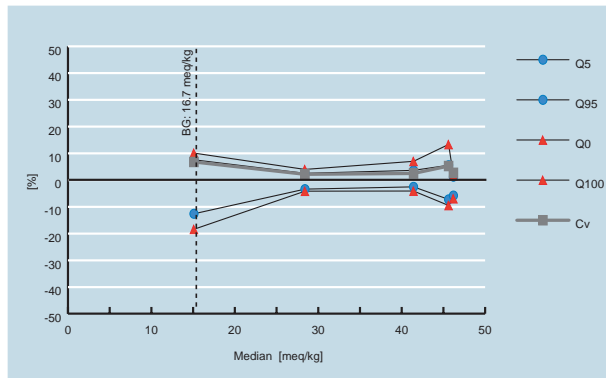
Boden		La26	La23	No15	Ref	Nk36	Nk33	Bb02
n Wiederholungen		16	16	15	52	14	15	14
Mittelwert	[ppm]	37	67	65	108	125	237	333
Median	[ppm]	35	65	66	107	122	236	336
sd	[ppm]	8	6	8	7	15	21	12
<b>CV</b>	[%]	20.8	9.5	11.5	6.2	12.1	8.8	3.7
<b>Q100</b>	[%]	53.8	33.9	19.5	16.2	39.3	15.8	3.9
<b>Q0</b>	[%]	-23.9	-7.4	-15.2	-12.9	-12.2	-12.3	-7.4
<b>Q95</b>	[%]	48.7	16.3	16.8	10.8	19.3	15.3	3.7
<b>Q5</b>	[%]	-21.4	-5.3	-15.1	-8.2	-11.2	-10.7	-6.6
n Extraktionen		45	47	43	153	42	42	42

## 72 Azidität\_H

Wiederholbarkeit von Laboranalysen  
in Abhängigkeit der Stoffgehalte von Bodenproben

Methode: Azidität

Messparameter: H



Boden		Ref	La26	La23	No15	Bb02	Nk36	Nk33
n Wiederholungen		57	16	15	17	11	nb	nb
Mittelwert	[meq/kg]	14.9	28.4	41.4	45.3	45.6	nb	nb
Median	[meq/kg]	15.1	28.4	41.4	45.6	46.2	nb	nb
sd	[meq/kg]	1.0	0.6	1.0	2.4	1.2	nb	nb
<b>CV</b>	[%]	6.8	2.2	2.5	5.3	2.7	nb	nb
<b>Q100</b>	[%]	10.1	4.0	7.0	13.3	1.7	nb	nb
<b>Q0</b>	[%]	-18.4	-4.1	-4.1	-9.5	-6.9	nb	nb
<b>Q95</b>	[%]	7.6	2.5	3.6	5.6	1.3	nb	nb
<b>Q5</b>	[%]	-12.6	-3.4	-2.5	-7.2	-5.8	nb	nb
n Extraktionen		122	30	30	28	22	nb	nb

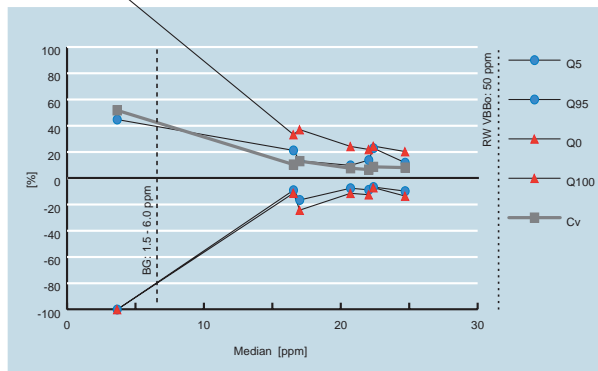
## 73.1 HNO<sub>3</sub>\_Cr/Pb

### Wiederholbarkeit von Laboranalysen

in Abhängigkeit der Stoffgehalte von Bodenproben

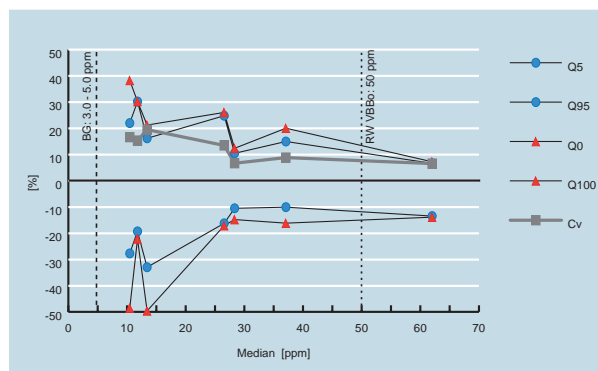
Methode: 2 M HNO<sub>3</sub>-Extraktion

Messparameter: Chrom



Boden		Bb02	No15	Nk36	La23	Ref	La26	Nk33
n Wiederholungen		17	18	18	18	100	18	18
Mittelwert	[ppm]	3.6	17.0	16.9	20.9	22.2	23.0	24.8
Median	[ppm]	3.7	16.5	17.0	20.7	22.0	22.4	24.7
sd	[ppm]	1.9	1.8	2.2	1.6	1.5	2.0	2.0
<b>CV</b>	<b>[%]</b>	<b>51.8</b>	<b>10.4</b>	<b>13.0</b>	<b>7.6</b>	<b>6.6</b>	<b>8.7</b>	<b>8.1</b>
<b>Q100</b>	<b>[%]</b>	<b>143.5</b>	<b>33.3</b>	<b>37.1</b>	<b>24.2</b>	<b>21.9</b>	<b>24.5</b>	<b>20.3</b>
<b>Q0</b>	<b>[%]</b>	<b>-100.0</b>	<b>-11.3</b>	<b>-24.3</b>	<b>-11.5</b>	<b>-12.5</b>	<b>-7.1</b>	<b>-13.6</b>
<b>Q95</b>	<b>[%]</b>	<b>44.7</b>	<b>21.2</b>	<b>13.2</b>	<b>9.8</b>	<b>13.8</b>	<b>22.9</b>	<b>11.9</b>
<b>Q5</b>	<b>[%]</b>	<b>-100.0</b>	<b>-9.1</b>	<b>-16.6</b>	<b>-7.6</b>	<b>-8.8</b>	<b>-6.7</b>	<b>-9.8</b>
n Extraktionen		51	53	53	53	292	53	54

Messparameter: Blei



Boden		Ref	La26	Nk36	No15	La23	Nk33	Bb02
n Wiederholungen		100	18	18	18	18	18	17
Mittelwert	[ppm]	10.3	11.9	13.1	27.5	28.2	37.6	61.0
Median	[ppm]	10.5	11.8	13.4	26.6	28.3	37.1	62.0
sd	[ppm]	1.7	1.8	2.6	3.7	1.9	3.3	4.0
<b>CV</b>	<b>[%]</b>	<b>16.6</b>	<b>15.4</b>	<b>19.5</b>	<b>13.5</b>	<b>6.7</b>	<b>8.9</b>	<b>6.6</b>
<b>Q100</b>	<b>[%]</b>	<b>38.3</b>	<b>30.2</b>	<b>21.3</b>	<b>26.1</b>	<b>12.4</b>	<b>20.1</b>	<b>7.3</b>
<b>Q0</b>	<b>[%]</b>	<b>-48.5</b>	<b>-22.1</b>	<b>-49.5</b>	<b>-17.1</b>	<b>-14.7</b>	<b>-16.1</b>	<b>-13.8</b>
<b>Q95</b>	<b>[%]</b>	<b>22.0</b>	<b>30.2</b>	<b>16.2</b>	<b>24.8</b>	<b>10.5</b>	<b>15.0</b>	<b>6.7</b>
<b>Q5</b>	<b>[%]</b>	<b>-27.7</b>	<b>-19.2</b>	<b>-32.9</b>	<b>-16.2</b>	<b>-10.5</b>	<b>-10.0</b>	<b>-13.4</b>
n Extraktionen		287	54	53	53	53	54	51

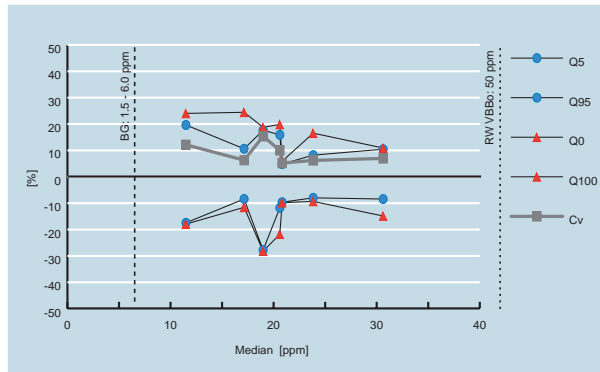
## 73.2 HNO<sub>3</sub>\_Ni/Zn

### Wiederholbarkeit von Laboranalysen

in Abhängigkeit der Stoffgehalte von Bodenproben

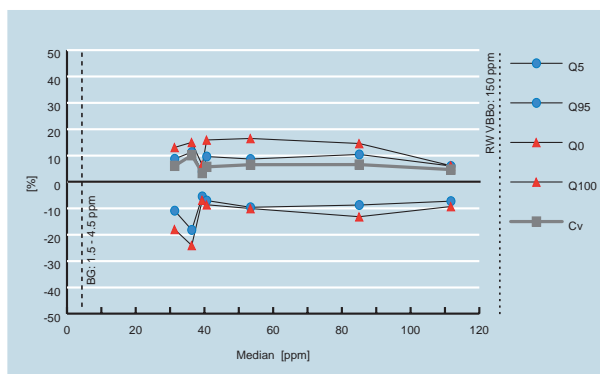
Methode: 2 M HNO<sub>3</sub>-Extraktion

Messparameter: Nickel



Boden		No15	Ref	Bb02	Nk36	La23	La26	Nk33
n Wiederholungen		18	100	17	18	18	18	18
Mittelwert	[ppm]	11.7	17.3	18.3	20.6	20.5	24.0	30.7
Median	[ppm]	11.5	17.1	19.0	20.6	20.8	23.8	30.6
sd	[ppm]	1.4	1.1	2.8	2.1	1.1	1.5	2.1
CV	[%]	12.1	6.3	15.4	10.0	5.2	6.2	7.0
Q100	[%]	24.0	24.5	18.8	19.8	5.9	16.5	10.9
Q0	[%]	-17.9	-11.6	-28.2	-21.8	-9.8	-9.3	-14.9
Q95	[%]	19.6	10.6	17.7	15.9	4.8	8.2	10.5
Q5	[%]	-17.4	-8.4	-27.8	-11.8	-9.6	-8.0	-8.4
n Extraktionen		53	292	51	53	53	54	54

Messparameter: Zink



Boden		Ref	Nk36	La23	La26	No15	Nk33	Bb02
n Wiederholungen		100	16	18	18	18	18	17
Mittelwert	[ppm]	31.2	36.0	39.0	41.0	53.8	85.0	111.9
Median	[ppm]	31.3	36.3	39.4	40.7	53.4	85.1	111.7
sd	[ppm]	1.9	3.6	1.3	2.4	3.5	5.6	5.3
CV	[%]	6.1	10.1	3.4	5.7	6.6	6.6	4.7
Q100	[%]	13.1	15.0	6.4	15.9	16.5	14.6	6.2
Q0	[%]	-18.0	-24.0	-6.9	-8.6	-10.1	-13.2	-9.3
Q95	[%]	8.8	11.3	3.9	9.7	8.7	10.5	6.1
Q5	[%]	-10.9	-18.2	-5.5	-7.0	-9.6	-8.7	-7.3
n Extraktionen		292	47	53	54	53	54	51

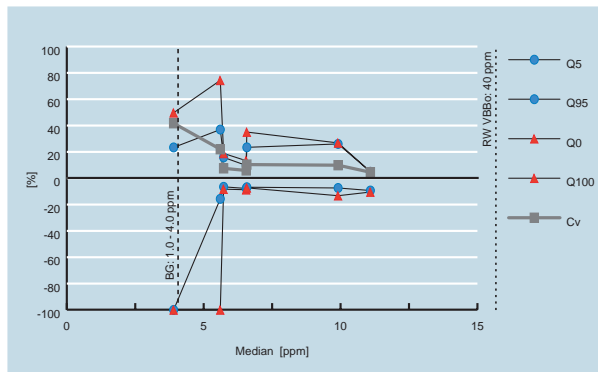
## 73.3 HNO<sub>3</sub>\_Cu/Cd

### Wiederholbarkeit von Laboranalysen

in Abhängigkeit der Stoffgehalte von Bodenproben

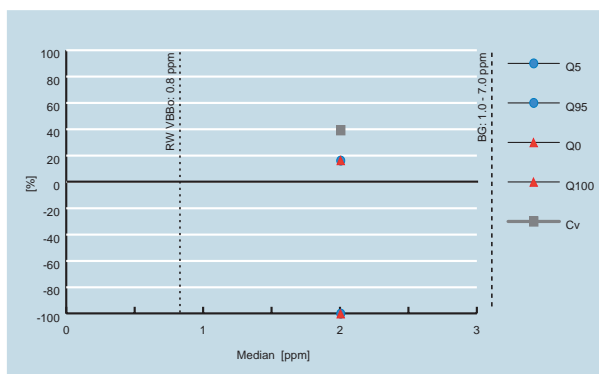
Methode: 2 M HNO<sub>3</sub>-Extraktion

Messparameter: Kupfer



Boden		Nk36	Ref	La26	La23	No15	Nk33	Bb02
n Wiederholungen		18	100	18	18	18	18	17
Mittelwert	[ppm]	3.5	5.8	5.8	6.5	6.8	10.2	11.0
Median	[ppm]	3.9	5.6	5.7	6.6	6.6	9.9	11.1
sd	[ppm]	1.4	1.3	0.4	0.4	0.7	1.0	0.5
Cv	[%]	41.7	22.0	7.5	5.9	10.4	9.9	4.5
Q100	[%]	49.7	74.3	18.8	13.3	35.1	26.8	5.1
Q0	[%]	-100.0	-100.0	-8.3	-8.8	-7.3	-13.3	-10.5
Q95	[%]	23.4	37.0	15.8	9.7	23.5	26.0	4.9
Q5	[%]	-100.0	-15.7	-6.5	-7.8	-6.8	-7.4	-9.3
n Extraktionen		51	291	54	52	53	54	51

Messparameter: Cadmium



Boden		Nk36	La23	La26	Nk33	Ref	No15	Bb02
n Wiederholungen		18	18	18	18	100	18	17
Mittelwert	[ppm]	0.1	0.2	0.2	0.4	0.7	0.8	1.8
Median	[ppm]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
sd	[ppm]	0.4	0.5	0.5	0.7	2.2	1.9	0.7
Cv	[%]	291.6	232.9	232.6	200.6	312.8	223.3	39.3
Q100	[%]	nb	nb	nb	nb	nb	nb	16.4
Q0	[%]	nb	nb	nb	nb	nb	nb	-100.0
Q95	[%]	nb	nb	nb	nb	nb	nb	16.2
Q5	[%]	nb	nb	nb	nb	nb	nb	-100.0
n Extraktionen		51	53	53	54	292	50	51

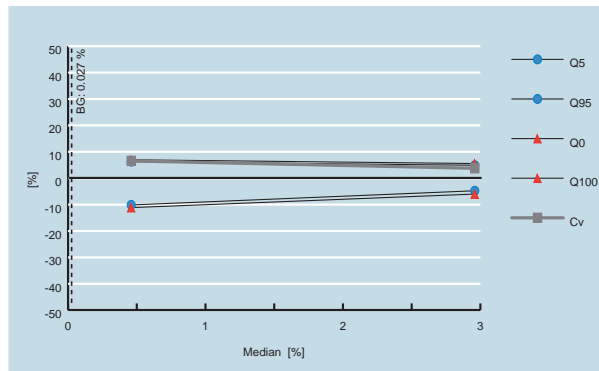
## 74 Carbonat\_C<sub>anorg</sub>

### Wiederholbarkeit von Laboranalysen

in Abhängigkeit der Stoffgehalte von Bodenproben

Methode: Carbonatbestimmung

Messparameter: C<sub>anorg</sub>



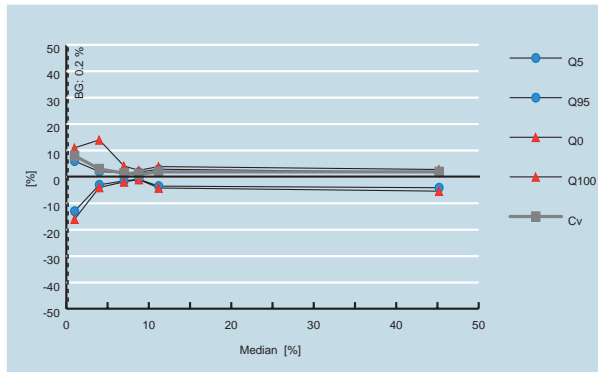
Boden		Nk33	Nk36	Bb02	Ref	La23	La26	No15
n Wiederholungen		8	7	nb	nb	nb	nb	nb
Mittelwert	[%]	0.45	2.97	nb	nb	nb	nb	nb
Median	[%]	0.46	2.96	nb	nb	nb	nb	nb
sd	[%]	0.03	0.11	nb	nb	nb	nb	nb
<b>Cv</b>	[%]	6.6	3.8	nb	nb	nb	nb	nb
<b>Q100</b>	[%]	7.0	5.6	nb	nb	nb	nb	nb
<b>Q0</b>	[%]	-11.1	-6.0	nb	nb	nb	nb	nb
<b>Q95</b>	[%]	6.3	4.9	nb	nb	nb	nb	nb
<b>Q5</b>	[%]	-10.1	-4.8	nb	nb	nb	nb	nb
n Extraktionen		16	15	nb	nb	nb	nb	nb

# 75 C<sub>tot</sub>/N<sub>tot</sub>

## Wiederholbarkeit von Laboranalysen in Abhängigkeit der Stoffgehalte von Bodenproben

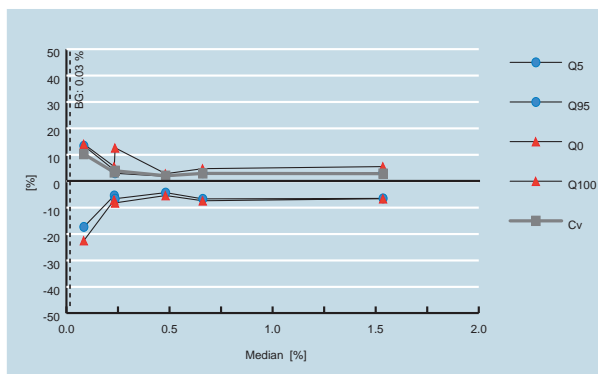
Methode: C/N-Totalanalyse

Messparameter: Kohlenstoff



Boden		La26	La23	Nk36	No15	Nk33	Bb02	Ref
n Wiederholungen		22	24	22	22	22	22	nb
Mittelwert	[%]	0.98	3.57	7.01	8.85	11.16	44.90	nb
Median	[%]	1.01	3.57	6.99	8.83	11.16	45.17	nb
sd	[%]	0.07	0.12	0.10	0.09	0.21	0.87	nb
<b>Cv</b>	[%]	7.5	3.3	1.4	1.0	1.9	1.9	nb
<b>Q100</b>	[%]	10.9	14.0	4.1	2.5	3.9	2.8	nb
<b>Q0</b>	[%]	-15.6	-3.8	-1.9	-1.0	-4.2	-5.4	nb
<b>Q95</b>	[%]	5.8	2.0	1.6	1.8	2.9	1.7	nb
<b>Q5</b>	[%]	-13.5	-2.9	-1.5	-0.9	-3.5	-4.1	nb
n Extraktionen		44	48	44	44	44	44	nb

Messparameter: Stickstoff



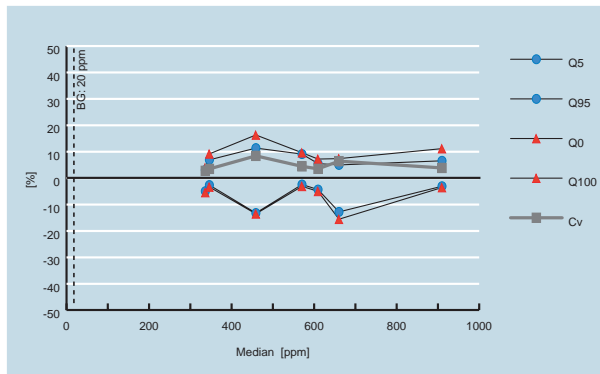
Boden		La26	Nk36	La23	No15	Nk33	Bb02	Ref
n Wiederholungen		22	22	24	22	22	22	nb
Mittelwert	[%]	0.08	0.23	0.23	0.48	0.66	1.53	nb
Median	[%]	0.08	0.23	0.24	0.48	0.66	1.54	nb
sd	[%]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	nb
<b>Cv</b>	[%]	10.3	3.3	4.0	2.1	3.0	2.9	nb
<b>Q100</b>	[%]	14.1	5.5	12.6	2.8	4.8	5.5	nb
<b>Q0</b>	[%]	-22.5	-7.1	-8.2	-5.4	-7.4	-6.6	nb
<b>Q95</b>	[%]	13.4	4.2	3.0	1.9	3.0	3.2	nb
<b>Q5</b>	[%]	-17.3	-5.4	-6.6	-4.3	-6.7	-6.5	nb
n Extraktionen		44	44	48	44	44	44	nb

# 76 $P_{\text{tot}}/P_{\text{anorg}}$

## Wiederholbarkeit von Laboranalysen in Abhängigkeit der Stoffgehalte von Bodenproben

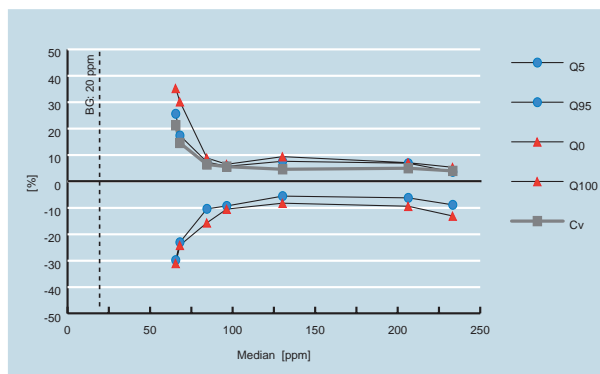
Methode: P-Parameter

Messparameter:  $P_{\text{tot}}$



Boden		Ref	La26	No15	La23	Bb02	Nk36	Nk33
n Wiederholungen		32	12	13	13	10	13	13
Mittelwert	[ppm]	335	349	457	585	610	647	917
Median	[ppm]	336	346	459	571	609	660	910
sd	[ppm]	9	12	39	26	22	42	35
<b>Cv</b>	<b>[%]</b>	2.8	3.5	8.4	4.5	3.5	6.4	3.9
<b>Q100</b>	<b>[%]</b>	3.9	9.2	16.3	9.6	7.2	7.4	11.2
<b>Q0</b>	<b>[%]</b>	-5.4	-3.3	-13.5	-3.1	-5.0	-15.5	-3.6
<b>Q95</b>	<b>[%]</b>	3.1	6.9	11.4	9.1	5.5	5.0	6.6
<b>Q5</b>	<b>[%]</b>	-4.9	-2.6	-13.2	-2.4	-4.3	-12.8	-3.1
n Extraktionen		98	34	38	37	30	35	38

Messparameter:  $P_{\text{anorg}}$



Boden		Bb02	No15	Nk33	Nk36	La26	La23	Ref
n Wiederholungen		11	14	14	14	14	14	34
Mittelwert	[ppm]	65	68	83	95	131	207	231
Median	[ppm]	66	68	84	96	130	206	233
sd	[ppm]	14	10	5	5	6	10	9
<b>Cv</b>	<b>[%]</b>	21.3	14.6	6.4	5.6	4.6	5.0	4.0
<b>Q100</b>	<b>[%]</b>	35.2	30.2	8.9	6.5	9.4	7.1	5.4
<b>Q0</b>	<b>[%]</b>	-31.0	-24.2	-15.6	-10.5	-8.2	-9.4	-13.1
<b>Q95</b>	<b>[%]</b>	25.6	17.4	7.4	5.7	7.6	6.9	3.6
<b>Q5</b>	<b>[%]</b>	-29.8	-23.0	-10.4	-9.3	-5.5	-6.2	-8.8
n Extraktionen		31	37	41	38	40	42	112

## Anhang 8 Literaturverzeichnis

---

- Aitang, H., Häni, H. 1983: Dissolving Heavy Metals from Soils with Acids in order to Approximate Total Element Content, *Z. Pflanzenernährung und Bodenkunde* 146, 481–493.
- BUWAL/FAC 1987: Wegleitung für die Probenahme und Analyse von Schadstoffen im Boden, Druck und Vertrieb: EDMZ 3000 Bern, EDMZ-Nr.730.950d.
- BUWAL/FAC 1993: Schriftenreihe Umwelt Nr. 200, Boden. Messresultate NABO 1985-1991. Bezugsquelle: Dokumentationsdienst BUWAL.
- Desaules, A., Dahinden, R.: VBBo-Ringversuche anorganische Schadstoffe. FAL und NABO. Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft (IUL), Bern.
- Gee, G.W., Bauder, J.W. 1986: Particle-size analysis. In: Klute, A., (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods*, 2nd edition. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 383-411.
- Nelson, R.E. 1982: Carbonate and Gypsum. In: Page, A.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, 2. Auflage; *Agronomy* 9 (2); S. 181-197.
- Olsen, S.R., Sommers, L.E. 1982: Phosphorus. In: Page, A.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, 2. Auflage; *Agronomy* 9 (2); S. 403-430.
- Richard, F., Lüscher, P., Strobel, T. 1978-1987: *Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz (Lokalformen)*. Hrsg. Eidg. Anst. für das forstl. Versuchsw. und Eidg. Techn. Hochschule Zürich, Inst. für Wald- und Holzforschung, Fachbereich Bodenphysik. Band 1, 1978. Kapitel Grundlagen, S. 16-34. Symbole und Signaturen für bodenkundliche Feldaufnahmen.
- Schachtschabel, P., Blume, H.P., Hartge, K.H., Schwertmann, U. 1998: Scheffer / Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde. 14. Auflage. Enke, Stuttgart.
- Standard Soil Color charts 1994: Revised Standard Soil Color charts according to the Munsell system (Munsell Color Company Inc., Baltimore). Soil colour book 08.11. Eijkelkamp Agrisearch Equipment.
- Thomas, G.W. 1982: Exchangeable Cations. In: Page, A.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, 2. Auflage; *Agronomy* 9 (2); S. 159-165.
- UN-ECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution 1993: Manual for Integrated Monitoring. Environment Data Centre, Helsinki; S. 47.
- VBBo 1998: Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens (VBBo). SR 814.12. EDMZ, Bern.

**CD-Rom Mac- und PC-kompatibel (Hybrid-CD-R)**

Die CD-ROM ist bei den Autoren zu beziehen.