

**Eduard FRANK  
Andrea HANUS  
Gerhard HOBIGER  
Walter PICHLER  
Sigrid SCHWARZ**

## **Reports**

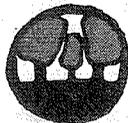
**UBA-92-067**

### **INTEGRATED MONITORING LABORMETHODEN**

**Niederschlagswasser, Fließgewässer,  
Bodenwasser, Mineralboden und  
Humusaufgabe**

Wien, November 1992

Bundesministerium für Umwelt,  
Jugend und Familie



Texterstellung: B. Lackner

**Impressum:**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5  
Druck: Riegeltechnik, 1080 Wien.

© Umweltbundesamt, Wien, November 1992  
Alle Rechte vorbehalten  
ISBN 3-85457-101-1

---

**INTEGRATED MONITORING – LABORMETHODEN**  
**(Report UBA-92-067) – Kurzzusammenfassung**

Im Rahmen des Integrated Monitoring Programmes werden Langzeit- Umweltbeobachtungsgebiete eingerichtet. Um Veränderungen oder Trends zu erfassen und richtig zu interpretieren müssen die Untersuchungsmethoden über Jahrzehnte konstant bzw. exakt nachvollziehbar bleiben. Dazu ist es unerlässlich die Analysemethoden international abzu-

stimmen und alle Arbeitsschritte detailliert festzulegen. In diesem Bericht werden daher – in Ergänzung zum Integrated Monitoring Draft Manual – Probenahme, Probenvorbereitung und Analyse von Niederschlag (Deposition), Bodenwasser, Fließwasser und Boden für die Österreichischen IM-Gebiete ausführlich beschrieben.

**INTEGRATED MONITORING – LABORATORY METHODS**  
**(Report no. UBA-92-067) – Short Summary**

Within the framework of the Integrated Monitoring Programme several areas have been designated for long-term monitoring. In order to allow perception and correct interpretation of changes and trends, the same methods of investigation have to be applied over the decades, at least the original methods have to be known so that they can be adapted in case. For this reason the

methods of analysis have to be standardized on the international scale and the single steps defined exactly. Thus in the report at hand, in addition to the Integrated Monitoring Draft Manual, sampling, sample preparation and methods of analyzing precipitation, soil water, runoff water, and soil are described in great detail.

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. EINLEITUNG</b>	1
1.1    Untersuchungsgebiet	1
1.2    Untersuchungsparameter	2
<b>2. WASSER</b>	3
2.1    Niederschlagswasser	3
2.2    Bodenwasser	3
2.3    Fließgewässer	4
2.4    Labormethoden	7
2.4.1    Parameter, die aus der unfiltrierten Teilprobe analysiert werden	7
2.4.1.1    pH-Wert	7
2.4.1.2    Leitfähigkeit	7
2.4.1.3    Chlorid, Nitrat, Sulfat	7
2.4.1.4    Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium	8
2.4.1.5    Ammonium	8
2.4.1.6    Fluorid	8
2.4.1.7    Alkalinität	9
2.4.1.8    N <sub>Kjeldahl</sub> (Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl)	9

2.4.1.9	Gesamtphosphor	10
2.4.2	Parameter, die aus der filtrierten Teilprobe (0,45 µm Polycarbonat) analysiert werden	10
2.4.2.1	Ortho-Phosphat	10
2.4.2.2	Metallionen	11
2.4.2.3	DOC (gelöster organisch gebundener Kohlenstoff)	11
3.	<b>BODEN</b>	12
3.1	Arbeiten im Gelände	12
3.2	Probenaufbereitung im Labor	12
3.3	Parameter	13
3.4	Methoden	14
3.4.1	pH-Wert	14
3.4.2	Basenneutralisierungskapazität	14
3.4.3	Carbonatgehalt	14
3.4.4	Gesamtkohlenstoff	15
3.4.5	Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl bzw. Gesamtstickstoffbestimmung	15
3.4.6	Gesamtschwefel	16
3.4.7	Salpetersäure - Perchlorsäureaufschluß	16
3.4.8	Austauschbare Kationen	17
3.4.9	Mobile Schwermetallanteile im 0,1 m Bariumchlorid-Extrakt 1 : 2,5	17

## 1. EINLEITUNG

Integrated Monitoring ist die Abkürzung für "International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems". Ziel dieses Programmes der ECE ist die Einrichtung eines europaweiten Netzes von Umweltbeobachtungsgebieten, wodurch eine Datenbasis als Voraussetzung für Maßnahmen zur Reduktion grenzüberschreitender Luftverschmutzungen geschaffen wird\*).

Wesentlich dabei ist die Anwendung international vergleichbarer Analysemethoden.

Derzeit wird das Manual für das Integrated Monitoring Programm unter Koordination des finnischen Environmental Data Centers neu überarbeitet. Der vorliegende Bericht stellt einerseits einen Beitrag Österreichs zur Neufassung des Manuals dar und dient andererseits der für eine Langzeitstudie unumgänglichen Dokumentation der Analysemethoden.

### 1.1 Untersuchungsgebiet

Das Umweltbundesamt wurde Ende 1990 als National Focal Center für die Einrichtung von Integrated Monitoring Gebieten in Österreich nominiert. 1991 wurden potentielle Integrated Monitoring Standorte getestet\*) und die Region Sengengebirge - Reichraminger Hintergebirge im geplanten Nationalpark Kalkalpen ausgewählt. 1992 wurde nach ausführlichen Erhebungen der Zöbelboden im Reichraminger Hintergebirge als Integrated Monitoring Gebiet festgelegt.

---

\*) Weitere Ziele des Programmes und Auswahl der Gebiete siehe UBA-IB-323: Integrated Monitoring in Österreich

## 1.2 Untersuchungsparameter

Für die Durchführung einer langfristigen Ökosystem-Studie ist die Dokumentation des momentanen Zustandes des Ökosystems sowie die Erfassung der Stoffeinträge und -austräge erforderlich. Der Zustand wird durch Kartierungen (Geologie, Boden, Vegetation ...) und Analysen (Boden, Moose ...) erhoben. Die Stoffflüsse werden durch kontinuierliche Analysen der Einträge (Luft, Deposition im Freiland und im Bestand, Streu ...) sowie der Austräge (Bodenwasser, Bachwasser ...) festgestellt. In der Mikroklimastation erfaßte meteorologische Daten erleichtern die Interpretation von jahreszeitlichen Schwankungen.

## 2. WASSER

### 2.1 Niederschlagswasser

Die Proben werden aus dem Freiflächenniederschlag (Wados, Bulksammler), dem Bestandsniederschlag und dem Stammablauf gewonnen (Abb. 1 und 2).

Die Wasserproben werden ins Labor gebracht und die Gesamtmenge erhoben. Ein Teil wird unfiltriert versandt, ein Teil wird durch einen 0,45 µm Polycarbonat-Filter filtriert und stabilisiert (siehe Pkt. 2.4).

<u>Parameter</u>	Menge
	pH-Wert
	Leitfähigkeit
	SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , Cl
	NH <sub>4</sub>
	N <sub>Kjeldahl</sub>
	Ca, Mg, K, Na
	Alkalinität
	Fe, Mn, Cd, Cr, Pb, Cu
	Zn, Ni, As, Al, Hg
	DOC
	PO <sub>4</sub> -P

### 2.2 Bodenwasser

Bodenwasser wird wöchentlich in Keramikkerzen (Soil moisture) durch Anlegen von Unterdruck in den Tiefenstufen 15 cm, 30 cm und 60 cm gewonnen (Abb. 3).

<u>Parameter</u>	Menge
	pH-Wert
	Leitfähigkeit
	SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , Cl, F
	NH <sub>4</sub>
	Ca, Mg, K, Na
	N <sub>Kjeldahl</sub>
	DOC
	P <sub>Ges</sub>
	Alkalinität
	Mn, Al, Fe, Cd, Zn, Cu, Pb, Hg, (SiO <sub>2</sub> )

### 2.3 Fließgewässer

Die Probenahme erfolgt wöchentlich durch Autosampler oder manuell.

<u>Parameter</u>	pH-Wert
	Leitfähigkeit
	SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , Cl
	NH <sub>4</sub>
	N <sub>Kjeldahl</sub>
	DOC
	PO <sub>4</sub> -P
	P <sub>Ges</sub>
	Ca, Mg, K, Na
	Alkalinität
	Fe, Mn, Cd, Cr, Pb, Cu, Zn, Ni, As, Al, Hg

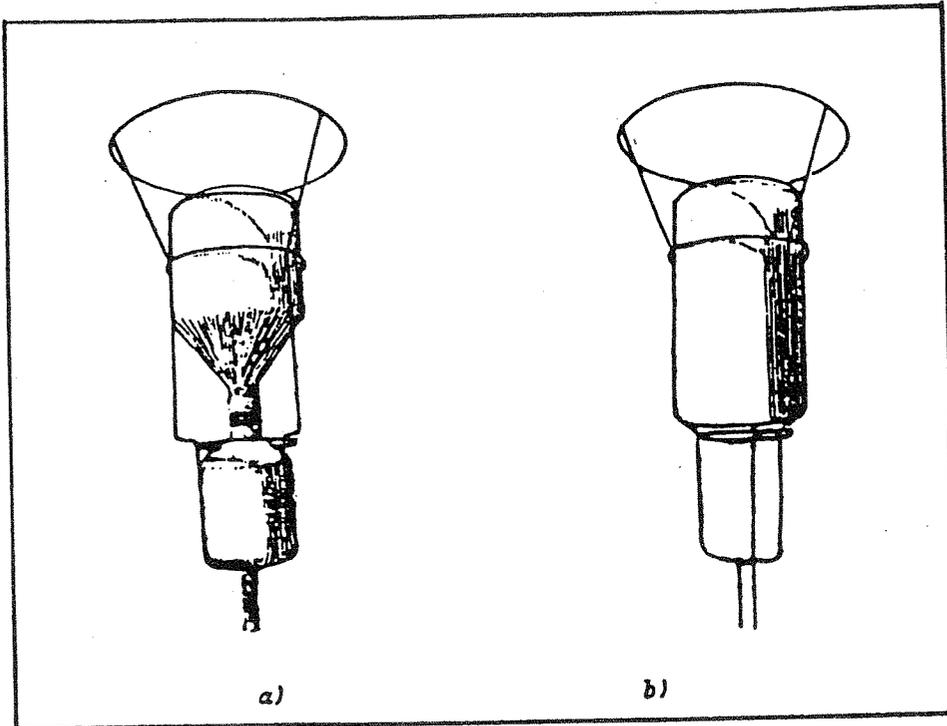


Abbildung 1: Depositionssammler

a) Regensammler

b) Schneesammler

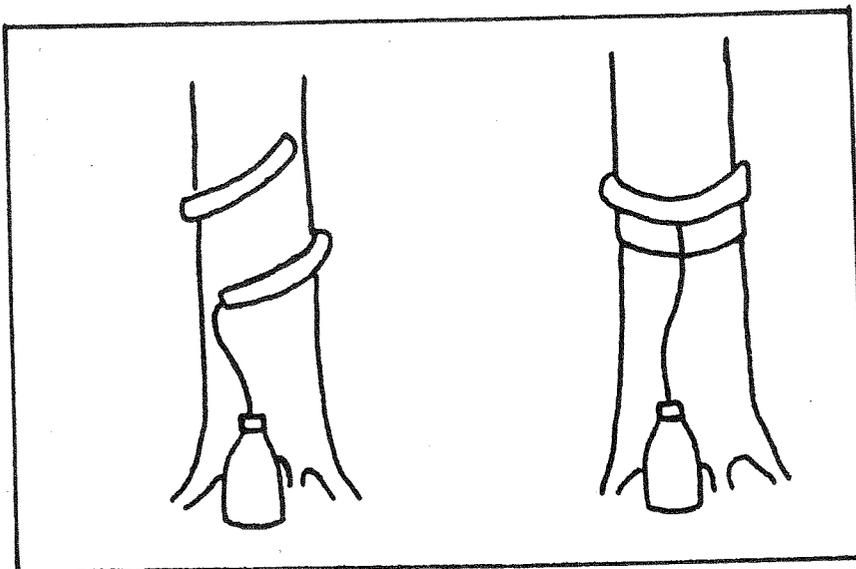


Abbildung 2: Stammablaufsammler



Abbildung 3: Keramiksaugkerze

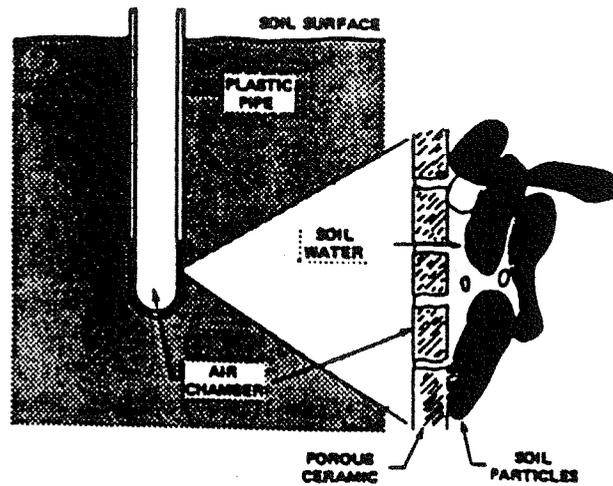


Abbildung 4: Schnitt durch eine Keramiksaugkerze

## 2.4 Labormethoden

### 2.4.1 Parameter, die aus der unfiltrierten Teilprobe analysiert werden

#### 2.4.1.1 pH-Wert

Potentiometrische Bestimmung mittels Einstabmeßkette Glaselektrode - Ag/AgCl-Referenzelektrode, entsprechend DIN 38404, Teil 5; Orion Autotitrator EA 960

#### 2.4.1.2 Leitfähigkeit

Konduktometrie nach DIN 38404, Teil 8

#### 2.4.1.3 Chlorid, Nitrat, Sulfat

ÖNORM M 6283

Ionenchromatographie nach EPA 300.6

Analysengerät:	Dionex-IC-System Serie 4000i
Detektion:	Leitfähigkeit mit Suppressionstechnik
Säulen:	Vorsäule: HPIC-AG4A, Dionex Trennsäule: HPIC-AS4A, Dionex Suppressor: AMMS-1, Dionex
Eluent:	1,8 mM Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> /1,7 mM NaHCO <sub>3</sub>
Flow:	2 ml/min
Regenerierlösung für Suppressor:	25 mM H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Probenschleife:	200 µl

#### 2.4.1.4 Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium

Ionenchromatographie (modifizierte EPA Norm 300.7) (Modifikation des Eluenten)

Analysengerät: Dionex-IC-System Serie 4000i  
Detektion: Leitfähigkeit mit Suppressionstechnik  
Säulen: Vorsäule: HPIC-CG 10, Dionex  
Trennsäule: HPIC-CS10, Dionex  
Suppressor: CMMS-II  
Eluent: 40 mM HCl, 4 mM 2,3-Diaminopropionsäure (DAP)  
Flow: 1 ml/min  
Regenerierlösung für  
Suppressor: 0,1 M TBAOH  
Probenschleife: 200 µl

#### 2.4.1.5 Ammonium

Photometrische Bestimmung nach ÖNORM ISO 7150 Teil 1 unter Anwendung einer Küvettenlänge von 5 cm.

#### 2.4.1.6 Fluorid

Ionenchromatographie

Analysengerät: Dionex-IC-System Serie 4000i  
Detektion: Leitfähigkeit mit Suppressionstechnik  
Säulen: Vorsäule: AG4A, Dionex  
Trennsäule: AS4A, Dionex  
Suppressor: AMMS-1, Dionex  
Eluent: 2 mM Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>, nach sechs Minuten Elutionszeit  
1,8 mM Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/1,7 mM NaHCO<sub>3</sub>-Lösung

Regenerierlösung für

Suppressor: 25 mM H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Probenschleife: 200 µl

#### 2.4.1.7 Alkalinität

DIN 38409 Teil 7

Acidimetrische Titration mit 0,1 N HCl. Die Wasserprobe wird mittels Autotitrator (Orion EA 960) auf pH 4.3 titriert.

#### 2.4.1.8 N<sub>Kjeldahl</sub> (Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl)

DIN 38409 H 11, modifiziert (ohne vorherige Abtrennung von Ammonium)

Die Probe wird vor dem Versand gemäß ÖNORM M 6259 mit Schwefelsäure auf pH < 2 stabilisiert. Organisch gebundener Stickstoff (z.B. Amino- und Iminogruppen) wird durch Umsetzung mit heißer Schwefelsäure und Einwirkung eines Selenkatalysators in Ammonium umgewandelt. Der ursprünglich als Ammonium vorliegende Stickstoff wird dabei eingeschlossen. Die Bestimmung des entstehenden Ammoniums erfolgt durch Destillation und anschließende potentiometrische Titration.

#### Geräte

Aufschluß: Kjeldahlterm KT8 Gerhardt

Detektion: Vapodest 4S Gerhardt

TTT85 Titrator mit ABU80 Autobürette und Glas-  
elektrode GK 2401C

#### 2.4.1.9 Gesamtphosphor

ÖNORM M 6237 modifiziert

40 ml unfiltrierte Probe werden mit Kaliumperoxodisulfat ( $K_2S_2O_8$ ) im Autoklav bei  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$  und 1 - 1,5 Bar, 1 Stunde autoklaviert. Nach dem Abkühlen erfolgt die Phosphorbestimmung gemäß der Bestimmung von o-Phosphat (siehe Pkt. 2.4.2.1).

#### 2.4.2 Parameter, die aus der filtrierten Teilprobe (0,45 $\mu\text{m}$ Polycarbonat) analysiert werden

##### 2.4.2.1 Ortho-Phosphat

ÖNORM M 6237 modifiziert

40 ml filtrierte Probe (0,45  $\mu\text{m}$ ) wird zunächst mit dem Phosphorreagenz (bestehend aus Ammoniumheptamolybdat ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), Kalium-Antimon(III)-Oxidtartrat ( $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ), Amidoschwefelsäure ( $\text{H}_2\text{NSO}_3\text{H}$ ) und Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) versetzt. Der dabei entstehende Antimon-Phosphormolybdatkomplex wird anschließend mit Ascorbinsäure ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ) zum stark gefärbten Molybdänblaukomplex reduziert.

Zur Bestimmung der Konzentration wird die Extinktion bei 865 nm gemessen.

#### 2.4.2.2 Metallionen

ÖNORM M 6259

Die Probe wird nach der Filtration mit Salpetersäure Suprapur stabilisiert (pH < 2, gemäß ÖNORM M6259).

Die Elemente werden, sofern die Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze liegen, mittels ICP-AES gemessen (ÖNORM M 6279). Elemente geringerer Konzentration werden mittels AAS bestimmt, wobei die Auswahl der Analysenmethode jeweils nach den entsprechenden Gegebenheiten erfolgt.

Cd: DIN 38406 Teil 19

As: entweder Graphitrohr (keine Norm vorhanden) oder Hydrid-technik (DIN 38405 Tl 18)

Hg: Kaltdampfmethode (DIN 38406 Tl 12)

Pb: DIN 38406 Teil 6

Ni: DIN 38406 Teil 11

Cu: DIN 38406 Teil 10

#### 2.4.2.3 DOC (gelöster organisch gebundener Kohlenstoff)

ÖNORM L 6284

Die durch einen 0,45 µm Filter filtrierte Wasserprobe wird vor dem Versand mit Phosphorsäure (gemäß ÖNORM M 6259) auf pH < 2 gebracht. Die stabilisierte Probe wird mit Ammoniumpersulfat und UV-Bestrahlung unter Sauerstoffatmosphäre abgeschlossen und das entstandene Kohlendioxid in einer IR-Zelle detektiert.

Gerät: Astro 2001

### 3. BODEN

#### 3.1 Arbeiten im Gelände

Die Bodenproben werden vom Bohrkernbohrer in Styropor-Halbschalen überführt und nach Tiefenstufen getrennt in PE-Säcke gefüllt. Der Humus wird mittels Humusrahmen ( 30 x 30 cm) geworben. Bis zur Trocknung werden die Proben kühl gelagert.

<u>Tiefenstufen</u>	H ...	Humus
	1 ...	0 - 5 cm
	2 ...	5 - 10 cm
	3 ...	10 - 20 cm
	4 ...	20 - 30 cm
	5 ...	30 - 50 cm

#### 3.2 Probenaufbereitung im Labor

Die Proben werden auf Tassen ausgebreitet und das Frischgewicht bestimmt. Organismenreste (lebende Gras- und Baumwurzeln) werden ausgelesen, gewogen und aufbewahrt. Das Frischgewicht der Bodenprobe wird durch den Abzug des Gewichts der Organismenreste nochmals ermittelt und korrigiert. Die Bodenproben werden bei 30 °C im Umlufttrockenschrank getrocknet, wobei größere Aggregate zerdrückt werden. Nach Erreichen der Gewichtskonstanz wird das Trockengewicht bestimmt. Der trockene Boden wird gesiebt (2 mm), wobei Steine ausgelesen und aufbewahrt werden. Der so gewonnene Feinboden wird der Analyse zugeführt. Bodenaggregate über 2 mm müssen zerkleinert werden: Mörser, Gummihammer, Siebrüttler mit Sinterkorundkugeln usw. (nicht mahlen!). Der Humus (Auflage) wird wie der Mineralboden behandelt, nach dem Trocknen jedoch in der Pla-

netenmühle (Sinterkorund) 15 Minuten gemahlen und anschließend durch ein 2 mm Sieb gesiebt. Schwer zersetzbare Holzstückchen bleiben bei dieser Behandlung im Sieb zurück und werden getrennt vom Feinmaterial aufbewahrt. Von der so aufbereiteten Probe werden 10 g entnommen und bei 105 °C getrocknet. Nach Erreichen der Gewichtskonstanz wird neuerlich das Trockengewicht bestimmt.

### 3.3 Parameter

pH-Wert (CaCl<sub>2</sub> bzw. H<sub>2</sub>O)

N<sub>Kjeldahl</sub>

N<sub>Ges</sub>

S<sub>Ges</sub>

C<sub>Ges</sub>

Carbonat

P<sub>Ges</sub>

HNO<sub>3</sub> + HClO<sub>4</sub>-Aufschluß: As, Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, Se, V,  
Zn, Fe, Mo, Hg

Basenneutralisierungskapazität (CaCl<sub>2</sub> + NaOH) oder austauschbare Säuren

0,1 m BaCl<sub>2</sub>-Extrakt (Na, K, Ca, Mg, Al, Fe, Mn)

HF-Aufschluß: Na, K, Ca, Mg, Al, Si, Fe, Mn, Cd, Cu, Cr, Co,  
Ni, Pb, Se, V, Zn

0,1 m BaCl<sub>2</sub>-Extrakt-SM (Elemente werden noch festgelegt)

### 3.4 Methoden

#### 3.4.1 pH-Wert

ÖNORM L 1083

Die Bodenprobe wird mit 0,01 m  $\text{CaCl}_2$ -Lösung bzw.  $\text{H}_2\text{O}$  versetzt, in der Suspension wird dann die H-Ionen-Aktivität elektrochemisch bestimmt.

Gerät: pH-Meter Modell 654 (Metrohm)

#### 3.4.2 Basenneutralisierungskapazität

10 g Feinboden bzw. Humus wurden mit 25 ml 0,01 m  $\text{CaCl}_2$  versetzt, aufgeschüttelt und zwei Stunden stehen gelassen. Die Suspension wird durch einen Faltenfilter filtriert. 20 ml der filtrierten Lösung werden mit 0,02 m Natronlauge (p.A.) bis pH 8,2 oder zum Umschlagspunkt von Phenolphthalein titriert.

#### 3.4.3 Carbonatgehalt

ÖNORM L 1084

Das Carbonat wird mit Salzsäure aus der Probe freigesetzt und das entstandene Kohlendioxid gasvolumetrisch gemessen.

Gerät: Scheibler Apparatur (Wertheim)

#### 3.4.4 Gesamtkohlenstoff

ÖNORM L 1080

Die Probe wird bei 1300 °C im Sauerstoffstrom verbrannt, das entstandene Kohlendioxid wird anschließend coulometrisch detektiert.

Gerät: Coulomat 702 mit Verbrennungsofen Si 111/6 (Ströhlein)

#### 3.4.5 Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl bzw. Gesamtstickstoffbestimmung

ÖNORM L 1082

Nach Kjeldahl wird organisch gebundener Stickstoff (z.B. Amino- und Iminogruppen) durch Umsetzung mit heißer Schwefelsäure und unter Einwirkung eines Selenkatalysators in Ammonium umgewandelt. Der ursprünglich als Ammonium vorliegende Stickstoff wird dabei eingeschlossen. Bei der Gesamtstickstoffbestimmung wird zusätzlich vor dem Aufschluß mit konzentrierter Schwefelsäure eine leicht nitrierbare Substanz zugesetzt (z.B. Salicylsäure). Nitrit, Nitrat, Nitro- und Nitrosogruppen werden in eine aromatische Nitroverbindung umgewandelt, welche anschließend zu einer Aminoverbindung reduziert wird. Die Bestimmung des entstandenen Ammoniums erfolgt durch Destillation und anschließender potentiometrischer Titration.

##### Geräte

Aufschluß: Kjeldahlterm KT8 Gerhardt

Detektion: Vapodest 4 S Gerhardt

TTT 85 Titrator mit ABU 80 Autobürette und Glas-  
elektrode GK 2401C

### 3.4.6 Gesamtschwefel

Die Probe wird bei 1300 °C im Sauerstoffstrom verbrannt und das gebildete Schwefeldioxid anschließend coulometrisch detektiert.

Gerät: Coulomat 702 mit Verbrennungsofen Si 111/6 (Ströhlein)

### 3.4.7 Salpetersäure - Perchlorsäureaufschluß

P<sub>Ges</sub>, Schwermetalle

2 g Feinboden (1 g Humus) werden mit 5 ml Salpetersäure (Suprapur) und anschließend mit 2 ml Perchlorsäure (Suprapur) versetzt und über Nacht stehen gelassen. Nach Zusatz von einem Tropfen 1-Octanol (Entschäumer) wird die Probe auf 200 °C im Aufschlußblock erwärmt und 20 Minuten diese Temperatur beibehalten. Der Verlust an leichtflüchtigen Elementen wird durch einen Absorptionsaufsatz (DIN 38414 Teil 7) verhindert. Nach dem Abkühlen wird die Aufschlußlösung in einen Meßkolben übergeführt, mit Reinstwasser aufgefüllt und abfiltriert, wobei der erste Anteil des Filtrats verworfen wird.

Die Messung der Elemente Phosphor, Kupfer, Chrom, Mangan, Nickel, Blei, Vanadium, Zink, Eisen und Molybdän erfolgt mittels ICP-AES nach ÖNORM M 6279.

Folgende Elemente werden mittels AAS analysiert.

- Hg: Kaltdampfmethode (DIN 38406 Teil 12) (keine Norm vorhanden)
- As: Graphitrohr (keine Norm vorhanden) oder Hydridtechnik (DIN 38405 Teil 18)
- Cd: DIN 38406 Teil 19
- Se: keine Norm

Gegebenenfalls werden auch andere Elemente, die für die ICP-Messung vorgesehen waren, mittels AAS analysiert.

#### 3.4.8 Austauschbare Kationen

Aus analysentechnischen Gründen (Verstopfen der ICP-Nebulizerdüse bei Verwendung von Ammonchlorid) wird ausschließlich ein Bariumchlorid-Extrakt durchgeführt. Die Extraktion erfolgt nach ÖNORM L 1086 und wird nur für Mineralböden angewandt, nicht für Auflagehumus.

Für Böden mit pH-Wert  $\geq 6,5$  (ÖNORM L 1083 in  $\text{CaCl}_2$ -Lösung) wird eine (mit Triethanolamin auf pH 8,2) gepufferte 0,1 m Bariumchloridlösung, für solche mit niedrigeren pH-Werten eine ungepufferte 0,1 m Bariumchloridlösung verwendet. Im gepufferten Extrakt werden Kalium, Calcium, Magnesium und Natrium bestimmt, im ungepufferten werden zusätzlich Mangan, Eisen und Aluminium analysiert. Die Kationenaustauschkapazität wird durch Rücktausch des Bariums mit Salzsäure (0,2 m) ermittelt. Die Proben müssen bis zur Messung kühl (circa 4 °C) gelagert werden (maximal eine Woche).

Die Analyse sämtlicher Elemente erfolgt mittels ICP-AES (ÖNORM M 6279).

#### 3.4.9 Mobile Schwermetallanteile im 0,1 m Bariumchlorid-Extrakt 1 : 2,5

Um den pflanzenverfügbaren Anteil des Schwermetallgehaltes im Boden abschätzen zu können, wird die von Blum et al., Bodenzustandsinventur, 1989, empfohlene Extraktion mit 0,1 m Bariumchlorid-Lösung (1 : 2,5) durchgeführt:

40 g einer lufttrockenen Probe werden in 250 ml Schüttelflaschen eingewogen, mit 100 ml 0,1 m Bariumchlorid-Lösung versetzt, über Nacht stehen gelassen und zwei Stunden bei 20 °C geschüttelt.

Anschließend wird über Faltenfilter in 100 ml-Nalgenefläschchen filtriert (ersten Anteil des Filtrats verwerfen!). Die Proben müssen bis zur Messung kühl (cirka 4 °C) gelagert werden (maximal eine Woche).

Sämtliche Elemente müssen aufgrund der Matrix mittels ICP-AES gemessen werden.