

BODENDAUERBEOBACHTUNG

Vergleich von Konzepten zur Bodendauerbeobachtung auf nationaler und internationaler Ebene

BODENDAUERBEOBACHTUNG

Vergleich von Konzepten zur Bödendauerbeobachtung auf nationaler und internationaler Ebene

**W. E. H. BLUM
A. BRANDSTETTER
F. JOCKWER
Ch. RIEDLER
H. SATTLER
W. W. WENZEL**

**Institut für Bodenforschung und Baugeologie
Abt. Bodenkunde
der Universität für Bodenkultur**

UBA-BE-018

Wien, November 1994

**Bundesministerium für Umwelt,
Jugend und Familie**



Institut für Bodenforschung und Baugeologie, Abt. Bodenkunde der Universität für Bodenkultur:
Vorstand: O.Univ.Prof.D.I. Dr.Dr.h.c.Dr.h.c. W.E.H. BLUM
unter Mitarbeit von: A. Brandstetter, F. Jockwer, Ch. Riedler, H. Sattler, W.W. Wenzel (Universität für
Bodenkultur)

Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5

© Umweltbundesamt, Wien, November 1994

Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-190-9

Die Langzeituntersuchung von Böden mit dem Ziel der Erfassung des Bodenzustandes und daraus abgeleiteter Vorhersagen weiterer Entwicklungen besonders hinsichtlich der Schadstoffproblematik rückt zunehmend in den Blickpunkt des Interesses der Landesverwaltungen. Eine der Ursachen ist das Pufferungsvermögen der Böden, wodurch diese im Vergleich mit den Medien Wasser und Luft nur mit großer zeitlicher Verzögerung auf Veränderungen reagieren.

Erst seit Mitte der 80er Jahre, einhergehend mit der Waldschadensursachenforschung, hat man damit begonnen, Programme zum Monitoring von Böden zu entwickeln. Inzwischen ist die Schutzwürdigkeit des Bodens in mehreren Bundesländern gesetzlich verankert. In der Schweiz wurden Bodenbeobachtungsprogramme in das Bodenschutzgesetz (1983) aufgenommen und 1985 ein Nationales Bodenbeobachtungsnetz (NABO) eingerichtet.

In Baden-Württemberg wurde die Einrichtung und Betreuung von Bodenbeobachtungsflächen 1991 im Bodenschutzgesetz festgehalten (§16 BodschG), außerdem die Einrichtung und Führung eines Bodenzustandskatasters (§15 BodschG), einer Probenbank (§17 BodschG) und einer Bodendatenbank (§18 BodschG) (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1993).

Durch periodisch wiederholte Untersuchungen gehen BDF über die Erfassung des Ist-Zustandes der Böden, wie sie in zahlreichen Ländern im Rahmen von Bodenzustandsinventuren bereits stattgefunden hat (Vorarlberg, Tirol, Salzburg, Oberösterreich, Niederösterreich, Waldbodenzustandsinventur), hinaus.

Die genannten Konzepte sind in der Planung und Durchführung unterschiedlich weit fortgeschritten (siehe Tabellen 1-5 im Anhang):

In der Schweiz und in Baden-Württemberg ist die aufwendige Erstbeprobung zur Feststellung des Bodenzustandes abgeschlossen (Desaules, 1993; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1993). Für das Land Salzburg (Juritsch, 1994) und von der Arbeitsgruppe Bodenschutz der Arge Alp, Arge Alpen-Adria und Arge Donau (ARGE Bodenschutz, 1994), ebenso von der Sonderarbeitsgruppe Informationsgrundlagen Bodenschutz der Umweltministerkonferenzen der Bundesrepublik Deutschland (Sonderarbeitsgruppe Bodenschutz, 1991) liegen Konzeptpapiere zur Einrichtung von BDF vor.

Abgesehen von der grundsätzlichen Zielsetzung von BDF, der Kontroll- und Vorhersagefunktion des Bodenzustandes, kommt es darüber hinaus aufgrund verschiedener spezifischer Fragestellungen der einzelnen Beobachtungsprogramme teilweise zu beträchtlichen Unterschieden bei Standortanzahl, Untersuchungsumfang und Wiederbeprobungsturnus sowie in bezug auf die Untersuchungsmethodik.

Allen Konzepten gemeinsam ist eine detaillierte Standortbeschreibung, die Angaben zu Klima, Lufthygiene, Vegetation, Landnutzung, Bewirtschaftung, Geologie, Relief und Boden umfaßt, also Faktoren, die für die Belastung der Böden mit Schadstoffen und deren Verhalten im Boden von Bedeutung sind.

Prinzipiell sind zwei durchzuführende Probenahmeverfahren zu unterscheiden, nämlich die Probenahme aus Profilgruben und die Beprobung auf Flächen von 100 bis 1000 m². Die Entnahme von Bodenproben aus Profilgruben findet üblicherweise einmalig bei der Erstbeprobung der Standorte statt und dient der Standortdokumentation. Die Standortdaten zusammen mit den Probenahmebedingungen sind wesentliche Voraussetzung für die Interpretation der Ergebnisse.

Schweiz

In der Schweiz hat man schon 1985 mit der Einrichtung des "Nationalen Bodenbeobachtungsnetzes" (NABO) begonnen (Desaules, 1993). Es wurden 102 repräsentative Standorte bezüglich Bodennutzung, Klima, Geologie, Bodenart und geographischer Verteilung ausgewählt, wobei 50 % auf landwirtschaftlich genutzte Flächen, 30 % auf Wald und 20 % auf Grünland entfallen. Nach einer Vorschrift der Verordnung über Schadstoffe im Boden der Schweiz (VSBo, 1986) wurden sogenannte Totalgehalte der Elemente Pb, Cu, Cd, Zn, Ni, Cr, Co, Hg und F bestimmt (s. Tab.1,2).

Anhand der Auswertung der Erstbeprobung erfolgt eine Prüfung der Eignung der Einzelstandorte des Bodenmeßnetzes zur Übernahme in das Grundmeßnetz der Bodendauerbeobachtung. 1991 wurden 20 Standorte erneut beprobt. Die Ergebnisse der ersten Meßperiode von 1985-1991 liegen seit 1993 in der "Schriftenreihe Umwelt" des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft vor (Desaules, 1993).

Bayern

Bayern hat seit 1985 ein sehr umfangreiches Netz von 237 BDF aufgebaut. Vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen wurde eine Anleitung verfaßt, in der die Standortauswahl, Einrichtung, Probenahme und Analytik von BDF sehr detailliert beschrieben ist (STMLU, 1990). Die Untersuchungsmethoden der bodenchemischen und bodenphysikalischen Parameter, der organischen Spurenstoffe, Radionuklide und Bodenbiologie sind in Tabellen 4a,4b und 5 im Anhang dargestellt. Die Anlage der BDF, mit deren Einrichtung und Betreuung drei verschiedene Institutionen befaßt sind, erfolgt seit 1985. Für die landwirtschaftlich genutzten Standorte liegt ein Zwischenbericht über die Resultate für den Zeitraum von 1985-1988 vor (LBP, 1989).

In **Baden-Württemberg** wurde auf der Basis des Bodenschutzprogramms 1986 ein Bodenmeßnetz mit 155 ausgewählten Standorten eingerichtet, die die Naturräume des Landes mit jeweils typischen Böden repräsentieren (Landesanstalt für Umweltschutz

Baden-Württemberg, 1993). In einer Erstbeprobung wurde die Hintergrundbelastung der Böden gemäß den Hauptnutzungen ermittelt. Tabelle 2,3 und 5 (s. Anhang) zeigt das Untersuchungsprogramm der Erstbeprobung. Anhand der Ergebnisse der Erstbeprobung wird die Eignung der Einzelstandorte zur Übernahme in das Grundmeßnetz der Bodendauerbeobachtung geprüft. Die Weiterführung der Bodendauerbeobachtung ist in zwei Meßnetzen vorgesehen. In einem Grundmeßnetz (BDF I) mit Schwerpunkt Dokumentation des Bodenzustandes werden langfristige stoffliche Einwirkungen in einem Beprobungsintervall von etwa 10 Jahren untersucht.

Zusätzlich wird ein Intensivmeßnetz (BDF II) mit 25 Meßzellen angelegt. Es handelt sich dabei um eine Auswahl von Standorten mit lokal oder regional erhöhtem exogenen Veränderungsdruck. Die Böden dieser Standorte sind diesen Einwirkungen gegenüber als sensibel bzw. gefährdet einzustufen. An den Intensiv-Meßstandorten wird nicht das gesamte Untersuchungsprogramm des Grundmeßnetzes durchgeführt, sondern eine Ausrichtung auf spezielle Schwerpunktthemen vorgenommen. Es werden nur hinsichtlich der jeweiligen Fragestellung relevante Parameter erfaßt. Der exogene Veränderungsdruck und die Standortempfindlichkeit sind erst durch den Vergleich der Ergebnisse mehrerer Untersuchungsreihen zu beurteilen. Die Wiederholungsbeprobungen erfolgen in kürzeren Intervallen als im Grundmeßnetz (BDF I), abhängig vom exogenen Veränderungsdruck und den untersuchten Merkmalen. Für das Intensivmeßnetz existiert bereits ein Pilotstandort, der zunächst nach 3 Jahren und dann nach jeweils 8 Jahren wiederbeprobt werden soll.

Die **Unterarbeitsgruppe "Boden-Dauerbeobachtungsflächen"** der Sonderarbeitsgruppe Informationsgrundlagen Bodenschutz der Umweltministerkonferenz der BRD stellt in den Arbeitsheften Bodenschutz ein Konzept zur Einrichtung von BDF vor, in dem eine bundesweite Abgleichung der Bundesländer empfohlen wird (Sonderarbeitsgruppe Bodenschutz, 1991). Um die Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse zu gewährleisten, wird die Liste der Untersuchungsparameter abgestimmt und die Methodik abgeglichen. Das Untersuchungsprogramm ist ein Kompromiß der beteiligten Mitglieder der Unterarbeitsgruppe und führt zu einer Einteilung der Parameter in drei Gruppen: die obligatorischen, ergänzenden und fakultativen Parameter, die bei der Erstuntersuchung je nach Fragestellung berücksichtigt werden (s. Tabelle 2, 3 und 5').

Salzburg

Der Entwurf zur Einrichtung von BDF im Bundesland Salzburg (Juritsch,1994) basiert auf dem Konzept der Unterarbeitsgruppe Bodenschutz der Arge Alp, Arge Alpen-Adria und Arge Donau (Arge Bodenschutz, 1994). Neben der primären Zielsetzung von BDF war ein Kriterium hinsichtlich der Methodik, daß die Kompatibilität der durchgeführten Untersuchungen zur österreichischen Bodenzustandsinventur (Blum et.al, 1989) und entsprechend der Vereinbarungen der UAG BDF der Arge Bodenschutz (1994) gewahrt

hinsichtlich der Methodik, daß die Kompatibilität der durchgeführten Untersuchungen zur österreichischen Bodenzustandsinventur (Blum et.al, 1989) und entsprechend der Vereinbarungen der UAG BDF der Arge Bodenschutz (1994) gewahrt bleibt. Das Grundprogramm besteht aus Untersuchungen, die im Rahmen der BZI durchgeführt wurden, zuzüglich jener Parameter, die die UAG BDF der Arge Bodenschutz (1994) erarbeitet hat (s. Tabelle 2 u. 3).

Bezüglich der Standortauswahl, besonders im Hinblick auf die Messung atmosphärischer Depositionen werden mögliche Standorte im Bundesland Salzburg genannt. Für die Auswahl dieser Standorte ist eine parallele Registrierung meteorologischer Einflußgrößen in unmittelbarer Umgebung wesentlich. Es wird deshalb auf bestehende Meßprogramme im Rahmen des Salzburger Luftgüte-Informationssystems (SALIS) und des meteorologischen Meßnetzes (TEMPIS) zurückgegriffen, so daß die BDF möglichst nahe an vorhandenen oder geplanten Meßstationen eingerichtet werden sollten.

Integrated Monitoring

Als europaweites Programm zur langfristigen kontinuierlichen Untersuchung von Ökosystemen werden von der ECE seit 1987 Integrated Monitoring Stationen eingerichtet (Pylvänäinen, 1993). 1994 waren mehr als 20 Länder mit über 50 Untersuchungsgebieten beteiligt (Environment Data Centre, 1994). Die Untersuchungen des augenblicklichen Bodenzustands, sowie der Stoffflüsse und deren zeitliche Variabilität an repräsentativen Integrated Monitoring-Flächen ist über Jahre bis Jahrzehnte hinweg geplant. Durch international standardisierte Methoden und eine zentrale Datenverwaltung aller Teilnehmerländer im EDC (Environment Data Centre) ist ein europaweiter Vergleich der Ergebnisse möglich.

Für die Einrichtung von Integrated Monitoring Gebieten in Österreich wurde 1990 das Umweltbundesamt als National Focal Center nominiert. 1991 wurden potentielle Integrated Monitoring Standorte getestet und 1992 der Zöbelboden im Reichraminger Hintergebirge als Integrated Monitoring Gebiet festgelegt. Gleichzeitig wurde eine Dokumentation der Analysemethoden erstellt, die auch als Beitrag Österreichs zur Neufassung des Manuals für das Integrated Monitoring Programm diente (s. Tab. 6) (SCHWARZ, 1991; FRANK et al., 1992).

ECE/ICP Forest

Im Rahmen des ECE/ICP Forest führt die FBVA Untersuchungen in den forstwirtschaftlich genutzten Gebieten Österreichs durch. Für diese Untersuchungen sind 3 verschiedene Levels geplant (s. Tab. 7), wobei Level II im Großen und Ganzen den Untersuchungsmethoden der WBZI entspricht. Das Forschungsprogramm ist auf eine umfassende Waldwachstums- und

Waldschadensbeobachtung ausgerichtet, weshalb die Bodenbeobachtungen als Begleitparameter dienen. Derzeit werden auf ausgewählten Standorten der bereits durchgeführten WBZI Level II-Flächen eingerichtet, welche hinsichtlich des Untersuchungsumfanges schon auf Level III ausgerichtet sind (s. Tab. 4.3, Brandstetter et al., 1994).

Beprobungsturnus

Die periodischen Untersuchungen des Bodenzustandes ermöglichen die direkte Kontrolle der langfristigen Entwicklung von Bodenveränderungen. Allerdings werden kaum generalisierende Angaben über den Beprobungsturnus gemacht.

Im Nationalen Beobachtungsnetz der Schweiz (NABO) finden die Wiederholungsbeprobungen alle 5 Jahre statt. In Baden-Württemberg ist für die Grundmeßflächen (BDF I) ein Wiederholungsturnus von 10 Jahren, für die Intensivmeßflächen (BDF II) eine häufigere Beprobung abhängig von Standort, Parameter und exogenem Veränderungsdruck vorgesehen. Ansonsten wird die Festlegung des Probenahmeintervalls von den Ergebnissen der ersten Probenahmedurchläufe und der Beurteilung der jeweiligen Standortsituation abhängig gemacht.

Ganz allgemein sind die Untersuchungsintervalle so zu wählen, daß zeitliche Veränderungen der zu bestimmenden Merkmale und der damit zu charakterisierenden Eigenschaften oder Leistungen von Böden erfaßbar, d.h. statistisch sicher nachweisbar werden.

Beprobung

Auch hinsichtlich der langfristigen Beprobung der Dauerbeobachtungsflächen unterscheiden sich die einzelnen Konzepte.

In Bayern (STMLU,1990) werden auf landwirtschaftlich genutzten Standorten die quadratischen, 1000 m² großen Bodendauerbeobachtungsflächen in vier Teilparzellen á 250 m² untergliedert, wobei in jeder Teilparzelle gleichmäßig über die Fläche verteilt 20 Einstichproben gezogen und zu einer Mischprobe vereinigt werden. Das Konzept entspricht einem stratifizierten Zufallsstichprobendesign (*stratified random sampling*; WEBSTER und OLIVER, 1990), wobei die Stratifizierung in vier Teilparzellen allerdings unzureichend erscheint. Bei den BDF in Waldstandorten werden quadratische Flächen mit einer Kantenlänge von 50 m eingemessen. Dabei wird eine Kernzone von 30 m x 30 m und ein äußerer Schutzbereich um die Kernzone ausgewiesen. Die Beprobung innerhalb der Kernfläche erfolgt an 9 Punkten entlang einer Diagonalen. Die Proben 1-4-7, 2-5-8 und 3-6-9 werden zu jeweils einer und damit zu insgesamt drei Mischproben vereinigt. An Sonderstandorten erfolgt die flächenhafte Anordnung und Unterteilung in Kernfläche und Schutzbereich wie bei den Waldstandorten. Die Zahl der Einstichproben wird allerdings auf 18 verdoppelt und entlang beider Diagonalen des Kernflächenquadrates auf 3 Mischproben aufgeteilt.

Das Konzept der Salzburger Landesregierung sieht eine kreisförmige BDF mit einem Radius von 20 m (ggf. verringerbar auf 16m bzw. 12m) vor. Die Anordnung von 16 Einstichstellen je Parallelprobe erfolgt entlang zweier um 90° gedrehter Transekte, die durch den Mittelpunkt der BDF verlaufen. Die Lage der 6 Transekte für die im Design vorgesehenen 3 Parallelproben ergibt sich, ausgehend von Norden, durch Verdrehen um jeweils 30°. Der Abstand der Einstichstellen auf den Transekten beträgt 4m. Bei zeitlicher Wiederholung der Probeziehung wird das Probenahmemuster beibehalten, die Probenahmestellen aber um jeweils 0.5m nach außen versetzt. Bei 4m Kreisabstand und 20m Radius sind somit 8 Probeziehungen auf den vorgegebenen Achsen möglich. Durch Verdrehen der Achsen um 15 Grad sind weitere 8 Probenahmen auf ungestörten Flächen möglich.

Ein generelles Problem der untersuchten Konzepte, mit Ausnahme der stratifizierten Zufallsstichprobendesigns, besteht in der Unmöglichkeit, Aussagen über die Qualität der Probenahme zu treffen, da kein gültiger Schätzwert für den Fehler der Parallelproben existiert. Die Konzepte, welche eine Beprobung entlang von Transekten vorsehen (STMLU,1990; Sonderarbeitsgruppe Bodenschutz, 1991; Arge Bodenschutz, 1994; Juritsch, 1994), weisen zudem eine ungleichmäßige Verteilung der Beprobungsdichte innerhalb der BDF auf. So wird der Kern der BDF wesentlich stärker beprobt als die Randbereiche. Eine repräsentative Erfassung der räumlichen Variabilität innerhalb der BDF ist daher nicht wirklich gewährleistet. Eine gleichmäßige Verteilung der Einstichproben, welche zu Mischproben zusammengefaßt werden, über die gesamte BDF ist zur Vermeidung von systematischen Fehlern jedoch anzustreben. Kein Einziges der genannten Designs berücksichtigt die saisonale Variabilität der Untersuchungsparameter. Die Differenzierungsgenauigkeit des t-Testes wird bei Nichtberücksichtigung der saisonalen Variabilität jedoch wesentlich verzerrt, da die jahreszeitlich bedingten Unterschiede der Untersuchungsparameter (vor allem bei labilen Kennwerten wie C_{org} , pH, mobilen Elementanteilen und bodenbiologischen Parametern) die statistisch absicherbare Minimaldifferenz zwischen den Probenahmewiederholungen vergrößern. Mit Ausnahme des Konzeptes der Salzburger Landesregierung (Juritsch, 1994) werden keine klaren Aussagen über die räumliche Anordnung der periodischen Wiederholungsbeprobungen gemacht.

Die Hauptschwierigkeit bei der Einrichtung von BDF liegt offensichtlich in der mangelnden Vergleichbarkeit der Ergebnisse der einzelnen Untersuchungsprogramme. Deshalb sollte unbedingt ein nationaler sowie internationaler Methodenabgleich stattfinden.

Dies ist nur möglich, wenn man einen Kompromiß der einzelnen Institutionen, Bundesländer bzw. Länder über eine einheitliche Vorgehensweise bei der Einrichtung und beim Betrieb von BDF erreicht, wie dies z.B. von der Sonderarbeitsgruppe Bodenschutz (1991), der UAG

BDF der Arge Bodenschutz (1994) und von der Salzburger Landesregierung (Juritsch, 1994) konzipiert wurde.

In Österreich existiert bisher keine Stelle, die die in den Bundesländern anfallenden Daten auf Bundesebene zusammenführt. Daher ist es schwierig, einen vollständigen Überblick über in Österreich bereits durchgeführte oder laufende Untersuchungsprogramme zu bekommen, was bei der Einrichtung von BDF hilfreich und notwendig wäre.

Teilweise besteht die Möglichkeit, BDF auf Flächen bereits bestehender Forschungsprogramme einzurichten. Von den Untersuchungsflächen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt könnte der Standort Achenkirch in Betracht gezogen werden. Im Rahmen der FIW II wäre Gleinalm als mögliche BDF in Betracht zu ziehen (Schwarz, 1991). Im Burgenland könnten Meßzellen des Projektes "Vorsorgende Bodenschutzplanung im Günser Gebirge" in ein Dauerbeobachtungsprogramm umgewandelt werden. Dabei stehen Stoffflußmessungen im Vordergrund (2.Zwischenbericht zum Forschungsprojekt BU16, 1993).

Im Loissachtal in Tirol besteht bereits eine Meßfläche, die zu einer BDF ausgebaut werden könnte.

Ein weiterer zu berücksichtigender Standort wäre der Zöbelboden (OÖ). Hier hat das Umweltbundesamt einen Beobachtungsstandort nach den UN-ECE Richtlinien über Integrated Monitoring eingerichtet (Gratzer, 1994; Mirtl, 1994).

ARGE Bodenschutz von Arge Alp, Arge Alpen-Adria und Arge Donau. 1994. Empfehlung einer abgestimmten Vorgehensweise bei der Einrichtung von Bodendauerbeobachtungsflächen. Arbeitspapier der gemeinsamen Tagung vom 10.11.1993. München.

Blum, W.E.H., H. Spiegel und W.W. Wenzel. 1989. Bodenzustandsinventur. Konzeption, Durchführung und Bewertung. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.

Blum, W.E.H. und W.W. Wenzel. 1989. Bodenschutzkonzeption. Bodenzustandsanalyse und Konzepte für den Bodenschutz in Österreich. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.

Desaules, A. 1993. Nationales Bodenbeobachtungsnetz (NABO) - Messresultate 1985-1991. Schriftenreihe Umwelt Nr. 200. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern.

Environment Data Centre. 1994. International Co-operative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems. 2. Annual Synoptic Report 1994. National Board of Waters and the Environment. Helsinki.

Literatur

- ARGE Bodenschutz von Arge Alp, Arge Alpen-Adria und Arge Donau. 1994. Empfehlung einer abgestimmten Vorgehensweise bei der Einrichtung von Bodendauerbeobachtungsflächen. Arbeitspapier der gemeinsamen Tagung vom 10.11.1993. München.
- Blum, W.E.H., H. Spiegel und W.W. Wenzel. 1989. Bodenzustandsinventur. Konzeption, Durchführung und Bewertung. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Blum, W.E.H. und W.W. Wenzel. 1989. Bodenschutzkonzeption. Bodenzustandsanalyse und Konzepte für den Bodenschutz in Österreich. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Brandstetter, A., F. Jockwer, Ch. Riedler, H. Sattler und W.W. Wenzel. 1994. Bodendauerbeobachtung - Konzepte und Empfehlungen für eine einheitliche Vorgangsweise in Österreich. UBA-BE-019 sowie Anhang dazu. Bundesministerium für Umwelt, Jugend u. Familie.
- Desaules, A. 1993. Nationales Bodenbeobachtungsnetz (NABO) - Messresultate 1985-1991. Schriftenreihe Umwelt Nr. 200. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern.
- Environment Data Centre. 1994. International Co-operative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems. 2. Annual Synoptic Report 1994. National Board of Waters and the Environment. Helsinki.
- Frank et al. 1992: Integrated Monitoring Labormethoden. UBA-92-067. Umweltbundesamt, Wien.
- Gratzer, G. 1994. Integrated Monitoring - Bodenerhebung Zöbelboden 1992. Integrated Monitoring Series. Umweltbundesamt, Wien. In Arbeit.
- Juritsch, G. 1994. Konzept zur Einrichtung von Bodendauerbeobachtungsflächen. Entwurf. Amt der Salzburger Landesregierung.
- Mirtl, M. 1994. Integrated Monitoring in Österreich. Integrated Monitoring Series. Umweltbundesamt, Wien. In Arbeit.
- LBP. 1989. Bodenbeobachtungsprogramm. Zwischenbericht über die Erstuntersuchungen. Erhebungszeitraum 1985-1988. Bayrische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP), Freising - München (unveröffentlicht).
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. 1993. Bodendauerbeobachtung in Baden-Württemberg - Schwermetalle, Arsen, Organochlorverbindungen (Stand: Frühjahr 1993). Materialien zum Bodenschutz, Band 2.
- Pylvänäinen, M. 1993. Manual for integrated monitoring. UN ECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Published by Environment Data Centre, Helsinki, Finland.

Schwarz, S. 1991. Integrated Monitoring in Österreich. UBA-IB-323. Umweltbundesamt, Wien.

Sonderarbeitsgruppe Bodenschutz. 1991. Konzeption zur Einrichtung von Bodendauerbeobachtungsflächen. Arbeitshefte Bodenschutz 1. Hrsg.: SAG und Bayr. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München.

STLMU. 1990. Bodendauerbeobachtungsflächen in Bayern - Standortauswahl, Einrichtung, Probenahme, Analytik. Hrsg. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen und Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München.

Webster, R. und M.A. Oliver (1990): Statistical Methods in Soil and Land Resource Survey; Oxford University Press.

Zwischenbericht zum Forschungsprojekt BU 16. 1993. Vorsorgende Bodenschutzplanung Günser Gebirge. Institut für Bodenforschung der Universität für Bodenkultur, Wien.

Tab. 1: Konzepte zur Einrichtung von Bodendauerbeobachtungsflächen

Konzept	Schriftenreihe Umwelt Nr. 200 Boden NABO Nationales Beobachtungsnetz Meßresultate 1985-1991 (Desaules, 1993)	Boden- Dauerbeobachtungs- flächen in Bayern Standortauswahl Einrichtung Probenahme Analytik (Bayern, STLMU 1991)	Arbeitshefte Bodenschutz 1: Bodendauer- beobachtungsflächen (Sonderarbeitsgruppe Bodenschutz)	Empfehlung einer abgestimmten Vorgangsweise bei der Einrichtung von Boden-Dauer- beobachtungsflächen (Arge Bodenschutz der Arge Alp, Arge Alpen- Adria u. Arge Donau)	Materialien zum Bodenschutz, Bd. 2: Bodendauerbeobachtung in Baden-Württemberg- Schwermetalle, Arsen, Organochlorverbindungen Stand: Frühjahr 1993 (Baden-Württemberg)	Konzept zur Einrichtung von Bodendauerbeo- bachtungsflächen Entwurf 06/1994 (Salzburg)
Herausgeber	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) Schweiz Jun. 1993	Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Jan. 1990	Sonderarbeitsgruppe Informationgrundlagen Bodenschutz Okt. 1991	Unterarbeitsgruppe „Boden-Dauerbeo- bachtungsflächen“ der gemeinsamen Arbeitsgruppe „Bodenschutz“ von Arge Alp, Arge Alpen-Adria und Arge Donau Nov. 1993	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Nov. 1993	D.I. G. Juritsch Amt der Salzburger Landesregierung Abteilung für Land- u. Forstwirtschaft Referat 4/23 Jun. 1994
Standorte	102 repräsentative Standorte: 50 % auf landwirtschaft- lich genutzten Flächen 30 % auf Wald 20 % auf Grünland	132 Acker-, Grünland- und Sonderkulturflächen: Boden, Humus Stoffeinträge aus der Luft Wirtschafts- und Mineraldünger Ernteprodukte 54 Waldstandorte: Boden, Blätter/Nadeln 52 Sonderstandorte: Boden	forstwirtschaftlich u. landwirtschaftlich genutzte Böden Deposition aus der Luft Bodenwasser Dünger Vegetationsproben: Ackerfrüchte, Heu, Blätter u. Nadeln	155 Standorte auf jeweils typischen Böden Nutzungsarten: Wald (64 Standorte) Acker (49 Standorte) Grünland (42 Standorte)		
bisheriger Stand	1985 Erstbeobachtung aller Standorte des Bodenmeßnetzes 1991 Beoprobung von 20 ausgewählten Standorten	seit 1985 Einrichtung und Erstbeoprobung der 237 DBF (Zwischenbericht für den Erhebungszeitraum 1985- 1988 liegt vor)	Konzept	Konzept	1985 Erstbeoprobung aller Standorte später Einrichtung von 2 Meßnetzen geplant: BDF I: zur Dokumentation lang- fristiger stofflicher Einwirkungen; Beoprobungsintervall ca. 10 Jahre BDF II: Intensivmeßnetz mit 25 Meßzellen an Sonderstand- orten; Beoprobungsintervalle kürzer als bei BDF I	Konzept

Tab. 3: Bodendauerbeobachtungsflächen - organische Spurenstoffe

Sonderarbeitsgruppe Bodenschutz		Argo Bodenschutz der Arge Alp, Arge Alpen-Adria und Arge Donau	Baden-Württemberg	Salzburg
<p><u>obligatorisch</u></p> <p>Probenahme, Besonderheiten bei Transport und Probenaufbereitung, Zwischenlagerung sowie teilw. auch Meßmethoden waren zum Zeitpunkt der Herausgabe des Konzeptes noch nicht ausreichend standardisiert, um eine obligatorische Parameterliste organischer Spurenstoffe festzulegen</p>	<p><u>ergänzend</u></p> <p>Chlorpestizide: HCB, HCH, DDD, DDT, DDE, Dieldrin, Aldrin, Endrin (Aceton/Wasser Kaltextraktion, Heißextraktion mit Methanol)</p> <p>polychlorierte Biphenyle (nach Ballschmitter): PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180 (Aceton/ Wasser Kaltextraktion, Heißextraktion mit Methanol)</p> <p>Polychlorierte Dibenzodioxine/ Dibenzofurane</p> <p>Triazine: Atrazin u. Metabolliten, Simazin, Propazin, Terbutylazin (Multimethode S19 der DFG, zusätzlich Heißextraktion mit Methanol) bei landwirtschaftlich genutzten BDF</p> <p>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (EPA-Methode 610)</p>	<p>fakultativ</p> <p>Phosphatsäureester-Insektizide: Bromophosmethyl, -ethyl, Parathionmethyl, -ethyl bei landwirtschaftl. genutzten BDF (Aceton/Hexan/Wasser-Gemisch mit NH₄Cl)</p> <p>Chlorphenole: Tri-, Tetra-, Pentachlorphenol, Tetrachloroquajakol (alkalische Lösung, Ansäuern, Ausschütteln in Hexan)</p> <p>Halogenaniline (Multimethode S6 der DFG)</p> <p>Heptachlor, -epoxid (Aceton/Wasser Kaltextraktion, Heißextraktion Methanol)</p> <p>α-Endosulfan (Aceton/Wasser Kaltextraktion, Heißextraktion Methanol)</p> <p>Phthalsäureester (Aceton/Wasser Kaltextraktion, Heißextraktion Methanol)</p> <p>leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe: Di-, Tri-, Tetra-, Perchlorethylen; Di-, Tri-, Tetrachlormethan; Di-, Trichlorethan nur bei spezieller Probenahme („Head Space“)</p> <p>Aromatische Lösemittel: Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol nur bei spezieller Probenahme („Head Space“)</p> <p>Chlorbenzole: Mono-, Di-, Tri-, Tetra-, Pentachlorbenzol nur bei spezieller Probenahme („Head Space“)</p>	<p>PCB (6 Einzelsubstanzen)</p> <p>HCB</p> <p>Organochlorpestizide DDT mit Metaboliten, Lindan (γ-HCH), Chlordan</p> <p>Auflagen u. Oberböden von 20 ausgewählten Standorten: PCDD/F-Analysen</p> <p>1992: erneute Beprobung der Standorte des Bodenmeßnetzes und Erweiterung des Untersuchungsumfanges um die Stoffgruppen</p> <p>PAK (16 Einzelsubstanzen nach EPA sowie Coronen)</p> <p>PCP</p> <p>Phthalsäureester (4 Einzelsubstanzen)</p>	<p>Polychlorierte Biphenyle, Organochlorpestizide PCB (nach Ballschmitter): Nr. 28, 52, 101, 138, 153, 180 Organochlorpestizide: HCH, HCB, DDT (Metabolite DDD, DDE), Chlordan, Heptachlor, -epoxid, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endosulfan (ISO/CD 10382; VDLUFA-Methode)</p> <p>Persistente Herbizide: Wirkstoffe aus Gruppen der Triazine, Harnstoff-Derivate, aromatische Carbonsäuren, Carbonsäureamide, Pyridazine, Dinitroaniline (ISO/WD 11264, VDLUFA-Methode)</p> <p>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) (ISO/CD; VDLUFA-Methode)</p> <p>PCDD/PCDF (keine standardisierte Methode, keine ISO-Norm in Bearbeitung) AbklärV vom 15.4.1992 (Methode für Schlamm)</p>

Tab. 4a: Bodendauerbeobachtungsflächen in Bayern: Parameterliste Bodenchemie

landwirtschaftlich genutzte Flächen		Waldstandorte		Sonderstandorte	
Boden	Humus	Stoffeinträge aus der Luft	Wirtschafts- u. Mineraldünger	Ernteprodukte	
Boden	Humus	Boden	Blätter/Nadeln	Boden	
pH (CaCl ₂)	C _t , C _H (Rautenberg & Kremkus)	Nährstoffe und Schwermetalle (Gesamtgehalte): (HNO ₃ -Aufschluß nach VDI-Entwurf 2267)	Schwermetalle Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn (Königswasser-aufschluß)	Schwermetalle (Aufschluß mit HNO ₃ /HClO ₄ /H ₂ SO ₄ im Verhältnis 10:1:0,25)	pH (CaCl ₂)
Nährstoffe und Schwermetalle (Gesamtgehalte): Königswasser-Aufschluß	N _t , N _H , N _{FS} , N _{org} -FS (modif. nach Kjeldahl)	Nährstoffe (Methode der International Humic Substances Society)	Nährstoffe (Aufschluß mit HNO ₃ /H ₂ SO ₄)	Nährstoffe und Schwermetalle (Gesamtgehalte) Königswasser-Aufschluß	Gesamtelement-gehalte (HF-Aufschluß)
CaCO ₃ (Scheibler)	Humusfraktionierung	N _{ges} , NO ₃ -N, NH ₄ -N (Technicon II- Autoanalysator)	Nährstoffe (Aufschluß mit HNO ₃ /H ₂ SO ₄)	(HNO ₃ -Druck-Naß-aufschluß)	Oxalat-/Dithionit-lösliche Anteile an Fe, Mn, Al
P, K (CAL-Methode)	alpha-Aminostickstoff (Bremner)	Cl, SO ₄ -S (Ionen-chromatographie)	N _t (Kjeldahl)	C _{ges} (mit Wärmeleit-fähigkeitsdetektor)	C _t , N _t , Gesamt-CO ₃ (Trockenaufschluß C/N-Analysator)
Mg (CaCl ₂ -Methode)	Polysaccharide			N _{ges} (chem. Umsetzung u. chromatograph. Trennung)	austauschbare Kationen (Extraktion mit 0,5 m NH ₄ Cl)
Mn (Na ₂ SO ₃ -Auszug)	E ₄ /E ₆				
B (Heißwasserauszug)	unpolare Fraktion der organischen Substanz (Extraktion mit überkritischem Hexan)				
Cu, Zn (EDTA-löslich)					
T-Wert, Anteile von Ca, Mg, K, Na am Kationenbelag					
nachlieferbares K K (HCl)					
fixiertes K (nur bei tonhaltigen Böden)					

**Tab.4b: Bodendauerbeobachtungsflächen in Bayern:
organische Spurenstoffe, Radionuklide und Bodenphysik**

landwirtschaftlich genutzte Flächen	Sonderstandorte	Waldstandorte
<p>-Substituierte Phenylharnstoffe: Anilin, 4-Chloranilin, 4-Bromanilin, 3-Chlor-4-Methylanilin, 3,5-Dichloranilin, 3,4-Dichloranilin, 4-Brom-3-Chloranilin, 3-Chlor-4-Metoxylanilin (Gaschromatographische Bestimmung, Jodierung der Aniline; Specht-Methode- Multimethode S6 der DFG)</p> <p>-Atrazin und Metaboliten: extrahierbare Rückstände (Gaschromatographische Bestimmung - NP-FID; Multimethode S19 der DFG, zusätzlich Heißextraktion mit Methanol) nicht extrahierbare Rückstände (ausgewählte Proben) (Extraktion mit superkritischem Methanol = Dextraktion)</p>	<p>Chlorpestizide: HCB, HCH, DDD, DDT, DDE, Dieldrin, Aldrin, Endrin Extraktion: Aceton/Hexan/Wasser -Gemisch mit NH₄Cl Reinigung: 1. Gelpermeationschromatographie 2. Kieselgelchromatographie Messung: GC-ECD</p> <p>polychlorierte Biphenyle: PCB 20, 28, 101, 138, 153, 180 Extraktion, Reinigung und Messung wie Chlorpestizide</p> <p>Phosphorsäureester-Insektizide (ausgewählte Profile): Bromphosmethyl, -ethyl, Parathionmethyl, -ethyl Extraktion: wie Chlorpestizide Reinigung: Gelpermeationschromatographie Messung: GC-NPD u. GC-FPD</p> <p>Stickstoffherbizide: Atrazin, Simazin, Propazin Extraktion: mit heißem Methanol, DFG-Methode Reinigung: Gelpermeationschromatographie Messung: GC-NPD u. GC-NSD</p> <p>Chlorphenole: Tri-, Tetra-, Pentachlorphenol, Tetrachlorgajakol Extraktion: mit alkalischer Lösung, Ansäuern, Ausschütteln in Hexan Reinigung: 1. Gelpermeationschromatographie 2. Derivatisierung mit Diazomethan o. HPBI bzw. HFBA 3. Kieselgel- o. Celite-Schwefelsäure- Chromatographie Messung: GC-ECD</p>	
<p>Radionuklide in Boden und Ernteprodukten: Cs-134, Cs-137 (nach: Leitstellen für die Überwachung der Umweltradioaktivität, Stand Juli 1987 und gemäß Meßanleitungen für die Überwachung der Radioaktivität in Boden, Bewuchs, Milch und Milchprodukten) vorgesehen: Sr-90, Ru-103, Ru-106, Ag-110m</p> <p>Textur (Pipettanalyse nach Köhn) GPV, SV, LK, nFK (Bodenkundliche Kartieranleitung 1982, S. 125ff. und 145ff; DIN 19683)</p> <p>Rohdichte trocken Aggregatstabilität (Siebtauchverfahren, nach DIN 19683, mod. n. Czeratzki, 1958)</p>	<p>Bestimmung der Radionuklide Cs-134, Cs-137, Ru-106 und Ag-110m (Methode s. Konzept)</p> <p>Korngrößenverteilung am luftgetrockneten Feinboden an Stechzylinderproben (nur bei Mineralbodenhorizonten mit Mächtigkeiten >5 cm) Luftkapazität, nutzbare Feldkapazität, Feldkapazität, Gesamtporenvolumen und effektive Lagerungsdichte (s. Arbeitsgruppe Bodenkunde, 1982, S. 125ff. und 145ff. sowie DIN 19683)</p>	<p>Radionuklide Cs-124, Cs-137 (Bestimmung durch LBP)</p>
		<p>Korngrößenverteilung (Sieb-Pipett-Methode nach Köhn)</p> <p>Tonmineralanalyse (Röntgen-Diffraktometrie)</p>

Tab. 5: Bodendauerbeobachtungsflächen - Bodenmikrobiologie und Bodenfauna

Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Bayern	Sonderarbeitsgruppe Bodenschutz	Baden-Württemberg
<p>Mikrobielle Biomasse Modifikation der physiologischen Methode nach Anderson & Domsch in der Version der Messung der O₂-Aufnahme (Sapromat) beschrieben Beck (1984)</p> <p>Proteaseaktivität Ladd & Butler (1972)</p> <p>Katalaseaktivität Beck (1971)</p> <p>β-Glucosidaseaktivität modifiziert nach Hoffmann & Dedeken (1965)</p> <p>Arginin-Ammonifikation Alef & Kleiner (1986)</p>	<p><u>obligatorisch</u></p> <p>Mikrobielle Biomasse nach Anderson & Domsch 1978, modifiziert bei Beck 1984</p> <p><u>ergänzend</u></p> <p>Proteaseaktivität Ladd & Butler (1972)</p> <p>Katalaseaktivität Beck (1971)</p> <p>β-Glucosidaseaktivität Hoffmann & Dedeken (1965)</p> <p>Arginin-Ammonifikation Alef & Kleiner (1986)</p> <p>Mikrobielle Basalatmung Domsch (1962)</p> <p>Metabolischer Quotient Anderson & Domsch (1990)</p>	<p>Mikrobielle Biomasse nach Anderson & Domsch</p> <p>Streuzersetzung methodische Verbesserungen für die praktische Anwendung des Verfahrens im Routinebetrieb notwendig</p> <p>Mikrobielle Biomasse</p> <p>Metabolischer Quotient</p>
<p>Lumbriciden nach Wilke 1967 und Bouché (1972)</p>	<p><u>obligatorisch</u></p> <p>Lumbriciden verschiedene Methoden in Anwendung: Handauslese, Austreibung durch Formalinlösung (vgl. Bauchhenss 1982, modifiziert 0,2 % Formalinlösung, 40 l/m² in zwei Dosen) und durch elektrischen Strom (Oktettmethode; Thielemann 1986, vgl. a. Cuendet 1991)</p> <p>Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung Entwurf einer Richtlinie zur Probenahme und Probenbearbeitung von Regenwürmern mittels 220 V Wechselstrom beim TÜV-Saarland vorliegend</p> <p><u>ergänzend</u></p> <p>Collembolen Extraktion nach Kempson (zit. in Dunger & Fiedler 1989)</p> <p>Nematoden Extraktion nach Baermann (zit. in Dunger & Fiedler 1989)</p> <p>Enchyträen nach Graefe (zit. in Dunger & Fiedler 1989)</p>	<p>Lumbriciden</p> <p>elektronenmikroskopische Erfassung von Zellveränderungen zur Erfassung subletaler Schäden</p>

Tab. 6: Integrated Monitoring in Österreich (Berichte des Umweltbundesamtes: UBA-92-067, UBA-IB-323)

Niederschlagswasser	Bodenwasser	Fließgewässer	Bodenchemie	Sonstige Untersuchungen
Freiflächenniederschlag (Wados, Bulksammler) und Stammablauf	Gewinnung mit Keramiksaugerzen in 15, 30 und 60 cm Tiefe	wöchentliche Probenahme durch Autosampler oder manuell	Entnahme von Bodenproben (5 Tiefenstufen) mittels Bohrkernbohrer und Humus mittels Humusrahmen	
<p>Menge</p> <p>pH-Wert (DIN 38404/5)</p> <p>Leitfähigkeit (DIN 38404/8)</p> <p>SO₄, NO₃, Cl (ÖNORM M 6283; Ionenchromatographie nach EPA 300.6)</p> <p>NH₄ (ÖNORM ISO 7150/1)</p> <p>N_{Kjeldahl} (DIN 38409 H 11, modif.)</p> <p>Ca, Mg, K, Na (Ionenchromatographie, EPA Norm 300.7 modif.)</p> <p>Alkalinität (DIN 38409/7)</p> <p>DOC (ÖNORM L 6284)</p> <p>PO₄-P (ÖNORM M 6237, modif.)</p> <p>Fe, Mn, Cd, Cr, Pb, Cu, Zn, Ni, As, Al, Hg (ÖNORM M 6259, M 6279; DIN 38406/19, 18,6,11,10)</p>	<p>Menge</p> <p>pH-Wert (DIN 38404/5)</p> <p>Leitfähigkeit (DIN 38404/8)</p> <p>SO₄, NO₃, Cl (ÖNORM M 6283; Ionenchromatographie nach EPA 300.6)</p> <p>F (Ionenchromatographie)</p> <p>NH₄ (ÖNORM ISO 7150/1)</p> <p>N_{Kjeldahl} (DIN 38409 H 11, modif.)</p> <p>Ca, Mg, K, Na (Ionenchromatographie, EPA Norm 300.7 modif.)</p> <p>DOC (ÖNORM L 6284)</p> <p>Alkalinität (DIN 38409/7)</p> <p>P^{Gas} (ÖNORM M 6237, modif.)</p> <p>Mn, Al, Fe, Cd, Zn, Cu, Pb, Hg, (SiO₂) (ÖNORM M 6259, M 6279; DIN 38406/19, 18,6,11,10)</p>	<p>pH-Wert (DIN 38404/5)</p> <p>Leitfähigkeit (DIN 38404/8)</p> <p>SO₄, NO₃, Cl (ÖNORM M 6283; Ionenchromatographie nach EPA 300.6)</p> <p>NH₄ (ÖNORM ISO 7150/1)</p> <p>N_{Kjeldahl} (DIN 38409 H 11, modif.)</p> <p>DOC (ÖNORM L 6284)</p> <p>PO₄-P (ÖNORM M 6237, modif.)</p> <p>P^{Gas} (ÖNORM M 6237, modif.)</p> <p>Ca, Mg, K, Na</p> <p>Alkalinität (DIN 38409/7)</p> <p>Fe, Mn, Cd, Cr, Pb, Cu, Zn, Ni, As, Al, Hg (ÖNORM M 6259, M 6279; DIN 38406/19, 18,6,11,10)</p>	<p>pH-Wert (CaCl₂ bzw. H₂O) (ÖNORM L 1083)</p> <p>N_{Kjeldahl}, N^{Gas} (ÖNORM L 1082)</p> <p>S^{Gas}</p> <p>C^{Gas} (ÖNORM L 1080)</p> <p>Carbonat (ÖNORM L 1084)</p> <p>HNO₃/HClO₄-Aufschluß</p> <p>Absorptionssatz für leichtflüchtige Elemente (DIN 38414/7); Pges, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, V, Zn, Fe, Mo (ÖNORM M 6279); Hg: Kaltdampfmethode (DIN 38406/12) As: Graphitrohr (keine Norm) oder Hydridtechnik (DIN 38405/18) Cd (DIN 38406) Se (keine Norm)</p> <p>Basenneutralisationskapazität (CaCl₂+NaOH) oder austauschbare Säuren</p> <p>mobile Schwermetallanteile 0,1 m BaCl₂-Extrakt 1:2,5 (Blum et al.; Bodenzustandsinventur, 1989)</p> <p>HF-Aufschluß</p>	<p>Meteorologie, Bodentemperatur u. Bodenfeuchtigkeit</p> <p>Luftchemie: O₃, NO₂, SO₂, NH₃</p> <p>Nasse Deposition differenziert nach Bestandesniederschlag, Freilandniederschlag, WADOS, Schnee u. Stammablauf</p> <p>Biomonitoring mit Moosen, Weidelgras, Fichtennadeln u. Buchenlaub</p> <p>Streuchemie</p> <p>Abflußbedingungen u. Quellwasserchemie</p> <p>Hydrobiologie im Gebirgsbach</p> <p>Ornithologische Inventur</p> <p>Waldzustand: terrestrisch u. fernerkundlich</p> <p>Waldwachstum</p> <p>Wildbiologie (indirekt über Verbiß)</p> <p>Mooskartierung</p> <p>Flechtenkartierung</p> <p>Gesamtartenliste</p> <p>Bodenvegetation</p> <p>Forstliche Standortskartierung</p> <p>Kombinierte Untersuchungen: Humus-Bodenvegetation</p> <p>Bodenkartierung</p> <p>Bodenenzymatische Aktivität</p>

**Tab. 7: Forstbeobachtungsflächen
Bodenuntersuchungen im Rahmen des ECE-ICP-Forest-Projekts**

	Auflage			Mineralboden		
	Level I	Level II	Level I	Level I	Level II	
obligat	<p>pH (CaCl₂)</p> <p>C_{org}</p> <p>N_{Ges}</p> <p>Königswasser-Aufschluß: P, K, Ca, Mg</p> <p>Auflagemächtigkeit</p> <p>CaCO₃ bei pH (CaCl₂)>6</p>	<p>pH (CaCl₂)</p> <p>C_{org}</p> <p>N_{Ges}</p> <p>Königswasser-Aufschluß: P, K, Ca, Mg</p> <p>Auflagemächtigkeit</p> <p>CaCO₃ bei pH (CaCl₂)>6</p>	<p>pH (CaCl₂)</p> <p>C_{org}</p> <p>N_{Ges}</p> <p>CaCO₃ bei pH (CaCl₂)>6</p> <p>Körnung</p>	<p>pH (CaCl₂)</p> <p>C_{org}</p> <p>N_{Ges}</p> <p>CaCO₃ bei pH (CaCl₂)>6</p> <p>Körnung</p>	<p>pH (CaCl₂)</p> <p>C_{org}</p> <p>N_{Ges}</p> <p>CaCO₃ bei pH (CaCl₂)>6</p> <p>Körnung</p>	
fakultativ	<p>Na, Al, Fe, Cr, Ni, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd</p>	<p>Na, Al, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, S</p> <p>pH (H₂O)</p> <p>Austauschbare Kationen K, Ca, Mg, Na Al, Fe, Mn, H</p> <p>Austauschbare Säuren</p> <p>Kationenaustauschkapazität</p> <p>Basensättigung</p>	<p>Austauschbare Säuren</p> <p>Austauschbare Kationen K, Ca, Mg, Na Al, Fe, Mn, H</p> <p>Kationenaustauschkapazität</p> <p>Basensättigung</p>	<p>Austauschbare Säuren</p> <p>Austauschbare Kationen K, Ca, Mg, Na Al, Fe, Mn, H</p> <p>Kationenaustauschkapazität</p> <p>Basensättigung</p>	<p>pH (H₂O)</p> <p>S</p> <p>Total Ca, Mg, Na, K, Al, Fe, Mn</p> <p>K (Königswasser-Aufschluß)</p> <p>Zn, Cu, Pb, Cd</p>	

