

VBB-Bulletin Nr. 1 / April 1997

Inhalt

	Seite
1 Die «alte» Arbeitsgruppe Bodenbiologie und ihre Arbeiten	1
2 Konstitution der Arbeitsgruppe Vollzug Bodenbiologie (VBB)	2
3 Jahresbericht 1996 der VBB	3
4 Probenahmestrategien für die bodenmikrobiologische Charakterisierung von Standorten	7
5 Auswahl von bodenmikrobiologischen Basisparametern	9

Auf Initiative der Bodenschutzfachstellen (BSF) der Kantone Aargau, Bern und Solothurn sowie des BUWAL hat sich 1995 die Arbeitsgruppe Vollzug Bodenbiologie (VBB) gebildet. Diese ist aus der Arbeitsgruppe Bodenbiologie der BSF hervorgegangen.

Die VBB widmet sich hauptsächlich Fragen der vollzugsorientierten Bodenbiologie. In themenspezifischen Projektgruppen arbeiten Leute aus der Verwaltung und der Forschung eng zusammen, um zukünftig die Arbeiten noch effizienter angehen zu können.

Das vorliegende erste VBB-Bulletin soll die Aktivitäten der VBB einer breiteren Öffentlichkeit bekannt machen.

1 Die «alte» Arbeitsgruppe Bodenbiologie und ihre Arbeiten

Weil der Boden zunehmend stofflichen und mechanischen Belastungen ausgesetzt ist und weil mit Kombinationswirkungen sowie mit chronischen Effekten gerechnet werden muss, kommt der Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit grosse Bedeutung zu. Die ungestörte Abbaufähigkeit der organischen Substanz und eine standorttypische Bodenstruktur sind beispielsweise Kriterien zur Abschätzung der Fruchtbarkeit eines Bodens¹. Diese Kriterien sind eng mit der biologischen Aktivität eines Bodens verbunden. Um bodenbiologische Methoden für den Einsatz in der kantonalen Bodenbeobachtung zu prüfen, haben sich Vertreterinnen und Vertreter der Bodenschutzfachstellen Aargau, Bern, Solothurn und St. Gallen 1991 zur «Arbeitsgruppe Bodenbiologie» zusammengeschlossen.

Basierend auf den Erfahrungen mit der kantonalen Bodenbeobachtung in Luzern² und Zürich³ hat die Arbeitsgruppe in den Jahren 1991 bis 1993 ein Konzept erarbeitet, das - ausgehend von den festgestellten Lücken - ein schrittweises Vorgehen beschreibt, wie bodenmikrobiologische Methoden in der Bodenbeobachtung eingesetzt werden können⁴: Nach der Auswahl und Standardisierung von Basisparametern werden

¹ VSBo (1986) Art. 2

² Vetter, F. und J. Heeb (1990): Konzept zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit im Kanton Luzern. Bewertung der Bodenfruchtbarkeit. Teilbereich Bodenbiologie. Kantonales Amt für Umweltschutz, Bodenschutzfachstelle, Klosterstrasse 31, 6002 Luzern.

³ AGW (1994): Der Pilotlauf zum kantonalen Bodenbeobachtungsnetz (KABO) Zürich. Kurzfassung und Synthese. Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich. Stampfenbachstr. 17, 8001 Zürich.

⁴ Fry, P., C. Maurer-Troxler, A. Enggist (1994): Einsatz bodenbiologischer Methoden in der langfristigen Bodenbeobachtung. In: Alef, K., H. Fiedler, O. Hutzinger (Hrsg.): Eco Informa, 3. Fachtagung und Ausstellung für Umweltinformation und Umweltkommunikation - Umweltmonitoring und Bioindikation. 5. - 9. September 1994, Band 5, 273-280.

diese auf ihre Reproduzierbarkeit und Praktikabilität hin überprüft. An ... Standorten sind in einem zweiten Schritt die räumlichen und zeitlichen Streuungen der einzelnen Parameter als Grundlage für die Wahl der Probenahme-strategie und für die Interpretation zu erheben. Standorttypische Wertebereiche werden in einem dritten Schritt zusammengestellt, um ein Mass für ungestörte Böden zu erhalten⁵. Erst auf dieser Basis und mit Einbezug der Standortgeschichte sind Störungen der Bodenfruchtbarkeit überhaupt erkennbar.

Ausgehend von diesem Konzept konzentrierte sich die Arbeitsgruppe vor allem auf die Prüfung der Praktikabilität der Methoden und auf das Erheben von standorttypischen Wertebereichen von Regenwurmpopulationen in den verschiedenen Regionen. In diesem Zusammenhang initiierte oder begleitete die Arbeitsgruppe mehrere Projekte:

Mikrobiologische Parameter

Im Auftrag der Arbeitsgruppe Bodenbiologie erarbeitete das FiBL (Forschungsinstitut für biologischen Landbau) eine Literaturstudie über die räumliche und zeitliche Variabilität der mikrobiellen Biomasse und Aktivität⁶.

1995 wurde die Vergleichbarkeit der Messungen dreier ausgewählter Basisparameter (mikrobielle Biomasse, Basalatmung und Zelluloseabbau) geprüft. In drei Durchgängen wurden je drei Böden von privaten und öffentlichen Institutionen nach den gleichen Laborvorschriften analysiert. Streuungen zwischen und innerhalb der Labors wurden berechnet und Qualitätsziele für bodenmikrobiologische Messungen aufgestellt.

Der abschliessende Synthesebericht wird im Frühjahr 1997 vorliegen⁷. Eine gekürzte Fassung soll in der BUWAL-Reihe Umweltmaterialien publiziert werden.

⁵ Vergleiche auch USG rev. Art 7, 4bis

⁶ Mäder, P., K. Nowack, T. Alföldi (1993): Literaturstudie zur Wahl der Methode für die Schätzung der mikrobiellen Biomasse im Boden sowie zur zeitlichen und räumlichen Variabilität der mikrobiellen Biomasse, der Bodenatmung und des Zelluloseabbaus. Baudepartement, Abt. Umweltschutz, Entfelderstr. 16, 5001 Aarau.

⁷ Fry, P., E. Laczko, N. Maire, C. Maurer-Troxler, K. Nowack, unter Mitarbeit von W. Jäggi, P. Mäder und H.-R. Oberholzer (1997): Vergleichbarkeit von Messungen mikrobiologischer Parameter. Sythesebericht. Baudepartement, Abt. Umweltschutz, Entfelderstr. 16, 5001 Aarau.

Regenwurmprojekte

Das Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid (F. Vetter) hat die Regenwurmextraktion mit Formalin, Senf und Elektrofängergeräten verglichen.⁸

Die Erhebungen der **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** durch die Arbeitsgemeinschaft ökonsult/ G. Cuendet im Auftrag des BUWAL und der Kantone sind abgeschlossen und ausgewertet⁹. Erste standorttypische Wertebereiche liegen hiermit vor. Ein Synthesebericht wird im Sommer 1997 in der Schriftenreihe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** des BUWAL erscheinen.

2 Konstitution der Arbeitsgruppe Vollzug Bodenbiologie (VBB)

Auf Anregung der Arbeitsgruppe Bodenbiologie organisierte das BUWAL anfangs 1995 ein Treffen mit den Kantonen, Forschungsanstalten und verschiedenen Hochschulen. Dabei wurde eine Erweiterung der **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zur beschlossen. Die VBB soll die zahlreichen vollzugsorientierten Arbeiten verschiedener Instanzen im Bereich Bodenbiologie koordinieren und eine Ausweitung auf weitere Schwerpunktsthemen ermöglichen, wie z.B. Öffentlichkeitsarbeit oder die Untersuchung von räumlich begrenzten Belastungen mit Hilfe von biologischen Messmethoden.

Die konstituierende Sitzung vom 20. Juni 1995 hat die Zielsetzungen und die Organisationsstruktur verabschiedet:

Die Aktivitäten der Arbeitsgruppe VBB zielen darauf hin,

- die Kontakte und Koordination zwischen den verschiedenen Bodenbiologie-Akteuren im Vollzug zu gewährleisten,

⁸Die Ergebnisse dieser im Auftrag des BUWAL durchgeführten Studie sind in den unter dem Titel beim BUWAL-Dokumentationsdienst, 3003 Bern, erhältlich.

⁹Arbeitsgemeinschaft ökonsult / G. Cuendet (1994): Regenwurmfaua von Dauergrünlandböden. Berichte zu Händen der Bodenschutzfachstellen AI, AG, AR, BE, SG, SO.

- einen lückenlosen Informationsaustausch sicherzustellen,
- gemeinsam Prioritäten zu setzen,
- bodenbiologische Methoden für den Vollzug bereitzustellen,
- die Bevölkerung und die Bodennutzer für die Bodenbiologie im Zusammenhang mit der Bodenfruchtbarkeit zu sensibilisieren,
- Doppelspurigkeiten zu vermeiden und
- die vorhandenen Mittel optimal einzusetzen.

Organisationsstruktur

Die Organisationsstruktur ermöglicht, themenspezifische Projektgruppen mit Fachleuten aus Forschung und privaten Büros zu bilden.

BUWAL: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
 FA's: Eidg. Forschungsanstalten
 FiBL: Forschungsinstitut für biologischen Landbau
 * geplant

Zur Zeit sind in der VBB die folgenden Institutionen vertreten:

- FAL (Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau)
- IUL (Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft)
- FAW (Eidg. Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau)
- WSL (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft)
- BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft)
- FiBL (Forschungsinstitut für biologischen Landbau)
- Kantone Aargau, Baselland, Bern, Solothurn und St. Gallen.

Der Vorsitz wechselt jährlich zwischen dem BUWAL und den Kantonen.

3 Jahresbericht 1996 der VBB

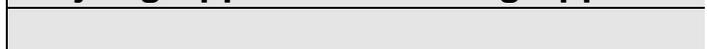
Das erste Jahr stand im Zeichen des Aufbaus der VBB. Die Vorsitzende, Patricia Fry, hielt dabei die Fäden zusammen. Neue Mitglieder wurden gewonnen, die Organisation aufgebaut und Projektgruppen initiiert. Die VBB bildete eine Plattform für die Koordination der Arbeiten verschiedener Forschungsinstitutionen und sie

hat insgesamt eine Konzentration der Kräfte erreicht. Zwei BUWAL-Projekte wurden fachlich begleitet (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, Synthesebericht **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die eidgenössischen Forschungsanstalten und das FiBL arbeiteten vor allem im Bereich der Methodenauswahl, der Standardisierung und der Erarbeitung von Probenahmestrategien bei mikrobiologischen Parametern. Die Kantone und das BUWAL konzentrierten sich hauptsächlich auf die Öffentlichkeitsarbeit und die Erhebung von Vergleichswertbereichen.

Die für den Bereich Vollzug Bodenbiologie relevanten Arbeiten wurden zusammengestellt und mit einer Information über die Organisationsstruktur der VBB im April 1996 durch das BUWAL an die im Bereich Bodenschutz tätigen Fachleute versandt. Zu den Zielen und der Organisationsstruktur der VBB wurde ein Poster erstellt, welches im März 1996 an der Jahrestagung der BGS in Yverdon (CH), im Oktober 1996 an der Tagung **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** in Linz (A) sowie an einer Sitzung der Schweizerischen Bodenschutzfachstellen präsentiert wurde.

Im Folgenden berichten die Leiterinnen und Leiter über die Aktivitäten ihrer Projektgruppen. Auf der nächsten Seite findet sich eine Zusammenstellung über den Arbeitsinhalt, die Mitglieder und die Kontaktpersonen der Projektgruppen.

Projektgruppen der Arbeitsgruppe Voll



Name und Arbeitsinhalt der Projektgruppe**Mitglieder****Leitung/
Kontaktperson****Konzept Bodenbiologie**

Konzept Bodenbiologie detaillieren
Zusammenhänge zwischen Projekten aufzeigen

Organisation einer Datenbank für Vergleichswertbereiche

- Dokumentation über vollzugsorientierte Arbeiten Bereich Bodenbiologie

Öffentlichkeitsarbeit

- Aktuelle Projekte: Regenwurmausstellung, Gartenlehrpfad

R. Bono (BL)
C. Domenig (SG)
P. Fry (AG)
C. Maurer-Troxler (BE)
K. Nowack (FiBL)

Patricia Fry
Baudepartement AG
Abt. Umweltschutz
Entfelderstr. 16
5001 Aarau
Tel. 062 835 33 94

R. Bono (BL)
P. Fry (AG)
B. Pokorni (NE)
R. von Arx (BUWAL)

Dr. Roland von Arx
BUWAL
3003 Bern
Tel. 031 322 93 37

Probenahme, Probevorbereitung und Methodik Mikrobiologie

Erarbeiten und validieren von Probenahmestrategien (Wiese, Acker, Wald)

Auswahl, Standardisierung und Validierung von Methoden

Erarbeitung von Referenzmethoden
Dokumentation der räumlichen und zeitlichen Variabilität

- Definition von Vergleichswertbereichen

Mykorrhiza

- Aktuelles Projekt: Literaturstudie

W. Heller (FAW)
P. Mäder (FiBL)
K. Nowack (FiBL)
H.-R. Oberholzer (FAL)
A. Rudaz (IUL)

Dr. Hans-Rudolf Oberholzer
FAL
Reckenholzstr. 191/211
8046 Zürich
Tel. 01 377 72 97

S. Egli (WSL)
U. Galli (Grenchen)
C. Maurer-Troxler (BE)
B. Senn (Uni Bern)
V. Wiemken (Uni BS)

Dr. Simon Egli
WSL
Zürcherstrasse 111
8903 Birmensdorf
Tel. 01 739 22 71

Geplante Projektgruppen**Zoologie**

- Weitere Tiergruppen evaluieren (Nematoden, Enchyträen)

noch offen

Dr. Claudia Maurer-Troxler
Bodenschutzfachstelle des Kantons Rütli
3052 Zollikofen
Tel. 031 910 53 34

Konkrete Belastungen

- Dokumentation über die Beeinflussung von Bodenmikroorganismen und Bodentieren durch Schadstoffe und Bewirtschaftung

noch offen

Dr. Ariane Rudaz
Institut für Umweltschutz und Landw
Schwarzenburgstrasse 155
3097 Liebefeld-Bern
Tel. 031 323 83 02

Projektgruppe Konzept Bodenbiologie

Die Projektgruppe beschreibt die verschiedenen Schnittstellen zwischen Bodenschutz und Bodenbiologie. Sie erarbeitet die Ziele der VBB und zeigt deren Relevanz für den Bodenschutz auf. Sie sammelt Grundlagenarbeiten, die zur Erreichung der Zielvorgaben Bedeutung haben. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Dokumentation über vollzugsorientierte, bodenbiologische Studien im In- und Ausland (Erste Veröffentlichung Ende 1997).

Das bestehende Konzept (vgl. S. 1) für die Dauerbeobachtung von Böden mit biologischen Methoden soll verfeinert werden. Um Vergleichsbereiche bodenbiologischer Daten zu erhalten, strebt die Gruppe die Errichtung einer zentralen Datenbank an. Die Mitarbeit weiterer Kantone ist erwünscht.

Projektgruppe Öffentlichkeitsarbeit

Diese Projektgruppe hat sich vor einem Jahr organisiert. Sie steht grundsätzlich allen in diesem Bereich tätigen Personen offen.

Das Ziel der Gruppe ist, die Öffentlichkeitsarbeit im Bereich Bodenbiologie zwischen Bund und den Kantonen zu koordinieren und Synergien möglichst auszunutzen. Das komplexe Zusammenspielen der verschiedenen Bodenlebewesen, deren Bedeutung für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und das Verständnis für den Boden als Lebensraum sollen einer breiten Bevölkerungsschicht vermittelt werden. In ihrer bisherigen Tätigkeit hat die Gruppe das Schwergewicht auf die Erarbeitung und Koordination einer Regenwurmausstellung und eines Gartenlehrpfads gelegt.

Regenwurmausstellung

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. In Zusammenarbeit mit Fredy Vetter vom Ökozentrum Schattweid und dem Atelier Ruth Schürmann entstand eine attraktive, informative und unterhaltsame Sonderausstellung über den Regenwurm. Das BUWAL und die Bodenschutzfachstellen zahlreicher Kantone haben die Ausstellung finanziell unterstützt.

Der Tourneepfad durch die Schweiz reicht schon bis ins Jahr 2000 und die Möglichkeit der Produktion einer französischen Version wird gegenwärtig geprüft.

Tourneepfad für die Regenwurmausstellung:

Natur-Museum Luzern	16. November 1996 - 6. April 1997
Naturmuseum Solothurn	Ende April 1996 - 28. September 1997
Kantonsmuseum Baselland	18. Oktober 1997 - 18. Januar 1998
Aargauisches Naturmuseum	4. Februar 1998 - 26. April 1998
Naturwissenschaftliche Sammlung Winterthur	15. Mai 1998 - 27. September 1998
Naturmuseum Frauenfeld	Oktober 1998 - Februar 1999
Naturmuseum St. Gallen	März 1999 - August 1999
Bodenschutzfachstelle Kt. Bern	Oktober 1999 - März 2000
Bündner Naturmuseum Chur	April 2000

Gartenlehrpfad

Das Thema Bodenbiologie soll nicht nur im Museum vermittelt werden. Synergien zur BUWAL-Aktion lassen sich ausnutzen. Im Rahmen dieser Aktion plant die Projektgruppe für 1998 einen Gartenlehrpfad, der Hobbygärtnerinnen und -gärtnern, aber auch Schülerinnen und Schülern den schonenden Umgang mit Natur und Boden **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** näher bringt. Über die Gestaltung und Bewirtschaftung von Nutz- und Ziergärten und Siedlungsgrün sollen ca. 20 Tafeln informieren. Sie lassen sich für Kurse in Gärten, Grünanlagen im Siedlungsbereich oder in Schulen verwenden.

Merkblätter ergänzen die Tafeln und können an die Zielgruppen abgegeben werden. In einem Pilotprojekt wird der Gartenlehrpfad 1997 in drei Gemeinden getestet. Zeitlich auf die Regenwurmausstellung abgestimmt, ergänzt er diese ideal.

Eine Umfrage bei den Kantonen der deutschen Schweiz hat gezeigt, dass sich diese allgemein für den Gartenlehrpfad interessieren. Der Ausleih erfolgt ab 1998 über die kantonalen Fachstellen, die ihrerseits die Gemeinden und private Organisationen zur Durchführung lokaler Aktionen auffordern und dabei unterstützen. Das Projekt wird vom BUWAL getragen und teilweise mit einer Beteiligung der privaten Wirtschaft finanziert. Die Kantone beteiligen sich durch den Erwerb und den Ausleih der Gartenlehrpfade. Eine französische Version ist vorgesehen.

Ergänzende Aktionen

Die Projektgruppe diskutiert gegenwärtig mögliche Aktionen, welche die Regenwurmausstellung und den Gartenlehrpfad sinnvoll ergänzen und das Thema für die verschiedenen Zielgruppen vertiefen könnten. Sie gewährleistet dabei auch die gegenseitige Information und den Austausch der Erfahrungen mit solchen Aktionen.

Projektgruppe Probenahme, Probevorbereitung und Methodik Mikrobiologie

Diese Projektgruppe der VBB arbeitet in Personalunion mit der Gruppe Bodenbiologie der Eidgenössischen Forschungsanstalten, womit eine optimale Methodenabstimmung zwischen dem BUWAL und dem BLW gewährleistet ist.

Die Projektgruppe konstituierte sich im Oktober 1995. Sie widmete sich vor allem Fragen der Methodenstandardisierung und Methodenauswahl, welche eine Voraussetzung für die Anwendung bodenmikrobiologischer Methoden in der Praxis darstellen.

Zunächst hat die Projektgruppe eine Anleitung zur standardisierten Entnahme von Bodenproben für mikrobiologische Untersuchungen erarbeitet. Diese wurde verschiedenen Fachleuten von Hochschulen und Kantonalen Laboratorien zur Vernehmlassung gegeben. Die revidierte Fassung ist in die Erläuterungen zu den Referenzmethoden **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** der Eidg. Landwirtschaft-

lichen Forschungsanstalten integriert und ist auch in diesem Bulletin unter Kapitel 4 publiziert.

Im weiteren hat die Gruppe für das oben genannte Referenzmethodenbuch 18 Methodenanleitungen erstellt. Der Referenzmethodenordner (Band 2) kann bei der FAL in Zürich-Reckenholz bezogen werden (Tel. 01/377 71 11).

Da es eine grosse Zahl an bodenmikrobiologischen Methoden für die Charakterisierung eines Standortes gibt, ist es für die Praxis notwendig, eine Auswahl an aussagekräftigen und geeigneten Methoden als Basisparameter zu treffen. Die Auswahl fiel nach eingehender Diskussion auf die mikrobielle Biomasse, die Basalatmung und die N-Mineralisierung. Die Begründung für diese Auswahl findet sich unter Kapitel 5.

Im nächsten Jahr wird die Projektgruppe weitere bodenmikrobiologische Methoden für das Referenzmethodenbuch erarbeiten sowie vorhandene Referenzmethoden validieren. Weitere Basisparameter für die Anwendung in der Praxis werden geprüft.

Im Rahmen eines BUWAL-Projektes **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** wird die obenerwähnte Probenahmestrategie bezüglich räumlicher und zeitlicher Variabilität validiert.

Projektgruppe Mykorrhiza

Die Projektgruppe Mykorrhiza formierte sich Mitte 1996. In einem ersten Schritt geht es darum, geeignete Methoden zur Beschreibung der Mykorrhiza im Hinblick auf die Anwendung im Vollzug des Bodenschutzes zu evaluieren. Vorerst konzentriert sich die Diskussion auf die Methode . Diese Methode lässt Aussagen zu über die Aktivität der Mykorrhizaflora eines Bodens und über sein Potential, Feinwurzeln von Pflanzen zu mykorrhizieren. Bei Pflanzen mit ektotrophen Mykorrhiza lassen sich auch gewisse Pilzarten bestimmen. Verschiedene Fragen bezüglich des Einsatzes dieser Methode im Bodenschutz konnten aber noch nicht restlos geklärt werden. Mit Hilfe einer im Auftrag ausgeführten Literaturarbeit und einer Umfrage bei weiteren Fachleuten sollen die folgenden Fragen angegangen werden:

- Erfahrungen und Anwendungen dieser Methode im Feld und Labor
- verwendete Indikatorpflanzen
- Grenzen der Methode
- Eignung der Methode bei verschiedenen spezifischen Fragestellungen
- weitere Methoden zur Beschreibung der Mykorrhiza in einem Boden.

Die Studie wird von U. Galli erarbeitet und soll bis Sommer 1997 abgeschlossen sein.

Finanziert wird sie vom BUWAL und den Kantonen Basel-Land und Bern.

Nach Abschluss der Literaturstudie sind Tests zur Überprüfung der ausgewählten Methode vorgesehen.

4 Probenahmestrategien für die bodenmikrobiologische Charakterisierung von Standorten

Dieses Grundsatzpapier wurde in der Projektgruppe Probenahme, Probenvorbereitung und Methodik Mikrobiologie der VBB erarbeitet. Weitergehende Überlegungen zum Vorgehen bei der Probenahme, insbesondere bei einer vermuteten Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit, sind in der **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**¹⁰ beschrieben. Eine detaillierte Anleitung zum Vorgehen zur Untersuchung von Einflüssen durch Schadstoffbelastungen wird zur Zeit vom IUL erstellt.

Zielsetzung

Mikrobiologische Prozesse sind eine wichtige Komponente der Bodenfruchtbarkeit. Sie spielen beim Abbau von organischem Material, beim Humusaufbau und bei der Nährstoffumsetzung eine wichtige Rolle. Daher sind mikrobiologische Parameter ein wichtiger Bestandteil einer Bodenbeurteilung. Um trotz der zeitlichen und räumlichen Variabilität mikrobiologischer Kennwerte reproduzierbare Resultate zu erhalten, ist ein standardisiertes, exaktes Vorgehen bei der Probenahme und Probenvorbereitung notwendig. Das Beprobungskonzept soll für möglichst viele Fragestellungen in den Bereichen Ökologie, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Bodenschutz

¹⁰BUWAL und FAC (1991): Wegleitung zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit. Liebefeld-Bern.

einheitlich sein, damit die Daten aus den verschiedenen Forschungsrichtungen miteinander vergleichbar sind. Das Konzept gilt für die bodenmikrobiologische Charakterisierung von Acker-, Grünland-, Dauerkultur- und Waldstandorten.

Die Probenahmestrategien sollen im einzelnen für folgende Fragestellungen geeignet sein (nach Brüning ¹¹):

- A) Starke Belastungen, Emissionsquelle bekannt oder vermutet (z.B. entlang von Strassen, Region um emittierende industrielle Anlagen).
- B) Positive wie auch negative Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit in relativ begrenzten Flächen (z. B. bewirtschaftungsbedingte Einflüsse, mittlere Belastungen).
- C) Diffuse, chronische Belastung sehr grosser Flächen (Dauerbeobachtung).

Das Konzept soll also einerseits für die Erfassung von Einflüssen von bekannten oder vermuteten punkt- oder linienförmigen Emissionen auf die Bodenmikroorganismen anwendbar sein. Andererseits soll es aber auch möglich sein, mit derselben Probenahmestrategie Einflüsse zum Beispiel von Bewirtschaftungsmassnahmen sowie Auswirkungen von diffusen Hintergrundbelastungen zu erfassen. Während in den Fällen A und B jeweils mikrobiologische Kennwerte von unbelasteten oder weniger belasteten Böden als Vergleichswerte zur Verfügung stehen müssen, geht es im Fall C um die Erfassung möglicher Veränderungen mikrobiologischer Merkmalsausprägungen durch chronische Belastungen über die Zeit.

Beprobungsflächen

Folgende Gesichtspunkte sind bei der Auswahl von Beprobungsflächen zu beachten: Bezüglich Bodeneigenschaften, Vegetation und Topographie sollen möglichst homogene Flächen ausgewählt werden. Die Flächen sollen im Idealfall eben, oder, wenn dies nicht möglich ist, gleichmässig geneigt sein. Der Untergrund kann

¹¹Brüning, E. (1993): Standardisierung von Probenahme und Bodenvorbereitung zur Ermittlung mikrobiologischer Bodenkennwerte. FAC, Bern-Liebefeld, nicht veröffentlicht.

einen starken Einfluss auf bodenmikrobiologische Kennwerte haben. Um die Homogenität der Beprobungsfläche zu testen, soll sie deshalb bis auf mindestens 60 cm Tiefe mit einem Bohrstock beprobt und bezüglich Bodentyp, Bodenart und pflanzennutzbarer Gründigkeit beschrieben werden (Standortbeurteilung). Eventuell soll auch die Vegetation dieser Flächen aufgenommen werden. Die Eckpunkte der Beprobungsfläche sind exakt einzumessen.

Falls die Beprobungsfläche nicht homogen ist, müssen alle bezüglich Bodentyp, Bodenart, nutzbarer Gründigkeit und gegebenenfalls Vegetation abgrenzbaren (unterschiedlichen) Teile der Fläche separat beprobt werden.

Für Dauerbeobachtungsflächen sind folgende spezielle Auswahlkriterien zu beachten (nach SAG¹²):

1. Landschaftsrepräsentanz: Flächen in charakteristischen bzw. flächenhaft vorherrschenden Landschaften.
2. Bodenrepräsentanz: Flächen auf Böden, die für die obengenannten Landschaften bezüglich Ausgangsmaterial, Profilaufbau, Bodenwasserhaushalt usw. als typisch anzusehen sind.
3. Nutzungsrepräsentanz: Flächen unter vorherrschender Nutzung und regionalspezifischer Sondernutzung.
4. Geogene Besonderheit, anthropogene Belastung, Naturnähe.
5. Einbindung in bestehende und geplante (Überwachungs-) Messnetze und ökologische Beobachtungsgebiete.
6. Langfristige Erhaltung und Verfügbarkeit sowie Erfassung der Bewirtschaftung.

Probenahme

Auf der Beprobungsfläche werden mehrere Teilflächen angeordnet. Die Grundeinheit der Teilfläche beträgt für alle eingangs erwähnten Fragestellungen 10 x 10 m. Diese Flächengröße erlaubt eine maximale Kompatibilität mit dem be-

¹²Unterarbeitsgruppe Bodendauerbeobachtungsflächen der Sonderarbeitsgruppe Informationsgrundlagen Bodenschutz (SAG) (1993): Konzeption zur Einrichtung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen. In: Rosenkranz et al. (Hrsg.) (1988): Bodenschutz. Ergänzendes Handbuch. Berlin. Erich Schmidt. S. 9401.

reits existierenden und wird auch in anderen Beobachtungsnetzen verwendet^{12,13}. Je Teilfläche werden 20-30 Einstiche genommen und zu einer Mischprobe vereint.

Je nach Fragestellung können mehrere Teilflächen auf der Beprobungsfläche unterschiedlich angeordnet und beprobt werden. Wenn die Fragestellung es verlangt, können auch andere Flächengrößen gewählt werden und/oder die Flächen können anders als vorgeschlagen angeordnet werden.

- **Fall A:** Starke Belastungen, Emissionsquelle bekannt oder vermutet (Referenzwerte möglich). Mehrere Teilflächen werden in einer Linie mit vermutetem abnehmendem Belastungsgradienten angeordnet (Abb. 1). Die Teilflächen müssen so gross sein, dass sie durch eine mehrmalige Beprobung nicht zu stark gestört werden. Falls bereits innerhalb der Teilfläche ein bedeutender Belastungsgradient bekannt ist oder vermutet wird, kann die Beprobung auch mit Einstichen entlang einer Linie (senkrecht zum Gradienten) erfolgen. Zu den schadstoffbezogenen Probenahmen wird eine detaillierte Anleitung erscheinen¹⁴.

Abb. 1: Probenahmeflächen zur Erfassung starker Belastungen bei punkt- oder linienförmigen Emitenten

- **Fall B:** Positive wie auch negative Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit in relativ begrenzten Flächen (Referenzwerte möglich). Je Beprobungsfläche werden 4 Teilflächen mit den Massen 10 x 10 m regelmässig angeordnet (Abb. 2).

¹³Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (1993): NABO. Nationales Bodenbeobachtungsnetz, Messresultate 1995 - 1991. Schriftenreihe Umwelt Nr. 200. BUWAL, Hallwylstr. 4, 3003 Bern.

¹⁴Kandeler, E., R. Margesin, R. Öhlinger und F. Schinner (1993): Bodenmikrobiologisches Monitoring - Vorschläge für eine Bodenzustandsinventur. Die Bodenkultur 44 (4): 357-377. Kandeler verwendet Kreise mit Radius 10 m.

¹⁵Wegleitung für die Probenahme und Probenvorbereitung schadstoffbezogener (chemischer, physikalischer und biologischer Bodenuntersuchungen) und für die Archivierung von Bodenproben, IUL (in Vorbereitung).

Sie erlauben eine repräsentative Beprobung eines Standortes¹⁶ und eine Charakterisierung der Stichprobenvarianz. Dies ermöglicht einen statistischen Vergleich von belasteten mit weniger belasteten Flächen.

Abb. 2: Probenahme­flächen für die Erfassung positiver wie auch negativer Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit in relativ begrenzten Flächen sowie bei geringer, chronischer Belastung

- **Fall C:** Diffuse, chronische Hintergrundbelastung (Dauerbeobachtung).
Für die eigentliche Dauerbeobachtung genügt grundsätzlich eine Teilfläche von 10 x 10m (vergleiche BUWAL, NABO¹⁷: z.B. Teilfläche 1, Abb. 2). Diese Teilfläche muss auf der Beprobungsfläche anhand der vorhergehenden Kartierung ausgewählt werden. Innerhalb dieser einen Fläche werden 4 Mischproben gezogen. Dies ergibt ein möglichst genaues Messergebnis dieser Fläche und erlaubt, seine Entwicklung über die Zeit zu verfolgen (Dauerbeobachtung). Wenn es aber die Kapazitäten erlauben, sollen zusätzlich zur eigentlichen Dauerbeobachtungsfläche 3 weitere Teilflächen beprobt werden (analog Fall B). Damit stehen Referenzdaten zur Verfügung, die eine Beprobungsfläche besser charakterisieren als die Werte einer einzelnen Teilfläche und die Datenstruktur ist für die Fälle B und C einheitlich.

Die Probenahme der 20-30 Einzeleinstiche pro Teilfläche erfolgt im allgemeinen zufällig im Quadrat. Wie die Bodenproben genau gezogen werden, ist im Referenzmethodenbuch Bodenbiologie der Eidg. Forschungsanstalten beschrieben. In Dauerbeobachtungsflächen sollen die Proben nach einem Raster (Einteilung 1 m², Details siehe BUWAL¹⁷) oder zufällig gezogen werden (Abb. 3).

Abb. 3 Anordnung der Probenahmepunkte (schematisch) bei Rasterbeprobung und zufälliger Beprobung

*Projektgruppe Probenahme, Probenvorbereitung und Methodik Mikrobiologie
Wir danken den Damen und Herren André Desaulles (IUL), Kerstin Becker van Slooten (EPFL), Erika Brüning (IUL), Simon Egli (WSL), Rainer Schulin und Berchtold von Steiger (ITO, ETH) sowie Boris Spycher (Uni Basel) herzlich für wertvolle Kritik, Hinweise und Anregungen zu diesem Dokument.*

¹⁶Beck, Th. und Beck, R. 1994: Die mikrobielle Biomasse in landwirtschaftlich genutzten Böden. 1. Mitteilung: Die räumliche Verteilung der Biomasse in Böden. *Agribiological Research* 47 (3-4), 284-294.

¹⁷Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (1993): NABO. Nationales Bodenbeobachtungsnetz, Messresultate 1995 - 1991. Schriftenreihe Umwelt Nr. 200. BUWAL, Hallwylstr. 4, 3003 Bern.

5 Auswahl von bodenmikrobiologischen Basisparametern

In grundsätzlicher Übereinstimmung mit der Wegleitung zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit¹⁸ werden folgende bodenmikrobiologische Basisparameter für die Beurteilung eines Standortes empfohlen: Mikrobielle Biomasse (Fumigations-Extraktions-Methode und Substratinduzierte Respirations- bzw. Adenosintriphosphat-Methode), Basalatmung und Stickstoff-Mineralisierung im aeroben Brutversuch. Mit diesen Methoden wird der mikrobiologische Zustand eines Bodens nur unvollständig erfasst. Es wäre wünschenswert, beispielsweise als weitere grundlegende Funktion, die Fähigkeit zum Abbau organischer Substanzen und die Diversität der Mikroorganismen im Boden messen zu können. Sobald dazu geeignete und allgemein anerkannte Standardmethoden vorhanden sind, sollten sie ebenfalls für die Standortcharakterisierung angewendet werden. Für spezielle Fragestellungen oder für eine umfassendere Beschreibung des mikrobiellen Zustandes eines Bodens stehen sehr viele weitere Methoden zur Verfügung. Eine Auswahl, insbesondere Methoden zur Bestimmung der Aktivität wichtiger Enzyme, soll in den folgenden Jahren als Referenzmethoden der Eidg. Forschungsanstalten beschrieben werden. Nachfolgend wird etwas detaillierter auf die drei bisher ausgewählten Parameter Biomasse, Basalatmung und N-Mineralisierung eingegangen.

- **Mikrobielle Biomasse:** Die Menge an Mikroorganismen in einem Boden stellt einen wichtigen Parameter dar, da diese Organismen sowohl für die Umsetzungsleistungen im betreffenden Boden ausschlaggebend sind, wie auch einen Pool von schnell umsetzbaren Nährstoffen darstellen. Gemäss den Schlussfolgerungen einer umfassenden Literaturstudie¹⁹ wird empfohlen, in jedem Fall die Fumiga-

tions-Extraktions-Methode (FEM) zur Schätzung der mikrobiellen Biomasse zu verwenden, da diese die geringsten Einschränkungen bezüglich Einsatzmöglichkeiten aufweist und gegenüber kurzfristigen Einflüssen beispielsweise durch Düngung am wenigsten empfindlich ist. Als Methode zweiter Priorität wird die Verwendung der Substratinduzierten Respirations (SIR)- oder der Adenosintriphosphat-Methode (ATP) empfohlen, insbesondere um eine Verbindung zu Ergebnissen bisheriger Untersuchungen in verschiedenen Institutionen zu gewährleisten, die mit einer dieser beiden Methoden durchgeführt worden sind.

- **Basalatmung:** Die Basalatmung ist ein allgemein anerkannter, grundlegender Parameter für die Beschreibung der Gesamtaktivität der Mikroorganismen eines Standortes.
- **N-Mineralisierung:** Die Stickstoffdynamik des Bodens ist insbesondere für Fragestellungen, welche die Bewirtschaftung betreffen, von hervorragender Bedeutung. Als Methode wird die N-Mineralisierung im aeroben Brutversuch empfohlen, weil dabei die N-Umsetzungen bei den im Feld vorherrschenden Bedingungen erfasst werden.

Projektgruppe Probenahme, Probenvorbereitung und Methodik Mikrobiologie

Impressum VBB-Bulletin Nr.1/97
<i>Herausgeberin</i>
VBB (Arbeitsgruppe Vollzug Bodenbiologie)
Vorsitzende 1995/1996: Patricia Fry, Baudepartement, Abt. Umweltschutz, Buchenhof, CH - 5001 Aarau
Tel. 062 835 33 94, Fax 062 835 33 69
Vorsitzender 1997: Dr. Roland von Arx, BUWAL, Hallwylstrasse 4, CH - 3003 Bern
Tel. 031 322 93 37, Fax 031 324 79 78
<i>Sekretariat und Bezug</i>

Baudepartement, Abt. Umweltschutz, Entfelderstr.
16, 5001 Aarau.

¹⁸BUWAL und FAC 1991: Wegleitung zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit. Liebefeld-Bern.

¹⁹Mäder, P., K. Nowack, T. Alföldi (1993): Literaturstudie zur Wahl der Methode für die Schätzung der mikrobiellen Biomasse im Boden sowie zur zeitlichen und räumlichen Variabilität der mikrobiellen Biomasse, der Bodenatmung und des Zelluloseabbaus.

Paul Mäder, Forschungsinstitut für biologischen
Landbau (FiBL), Ackerstrasse, Postfach, CH -
5070 Frick

Tel. 062 865 72 32, Fax 062 865 72 73, e-mail
maeder@fibl.ch