

VBB-Bulletin Nr. 5 / Mai 2001

Tätigkeitsbericht	Seite
1. Jahresbericht der Präsidentin	1
2. Tätigkeiten der Projektgruppen	4
2.1 Öffentlichkeitsarbeit	4
2.2 Mikrobiologie	4
2.3 Mykorrhiza	5
2.4 Fauna	5
2.5 Langzeitbeobachtung	5
3. Ausgewählte Projekte der VBB	6
3.1 Eine Standardmethode zur Erfassung des Mykorrhiza-Infektionspotenzials in Landwirtschaftsböden	6
3.2 Photoautotrophe Bodenmikroorganismen als Bioindikatoren für Schwermetalle	7
4. Forum	10
4.1 Einfluss der landwirtschaftlichen Nutzungsintensität auf die Diversität der arbuskulären Mykorrhizapilze	10
4.2 Wissensaustausch zwischen Bauern und Naturwissenschaftlern im Bodenschutz	12
4.3 Veränderung mikrobieller Gemeinschaften in Böden während Zyklen von Kontamination und biotechnologischer Reinigung	14
4.4 Konzepte zur Beurteilung des biologischen Bodenzustandes	15

1. Jahresbericht der Präsidentin

Claudia Maurer-Troxler

Seit fünf Jahren bewährt sich in der Schweiz die Zusammenarbeit von Fachleuten aus Vollzug und Forschung in der Arbeitsgruppe VBB „Voll-

zug BodenBiologie“. Die Themenpalette ist dabei sehr breit und reicht von der Standardisierung biologischer Parameter bis hin zur Öffentlichkeitsarbeit. Diese Vielfalt und die allgemeine Organisationsstruktur fanden denn auch Beachtung an einem Fachgespräch in Bonn zum Thema „Ansätze für biologische Bewertungsstrategien und -konzepte im Bodenschutz“¹. Teilnehmer und Teilnehmerinnen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz diskutierten auf Einladung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit über die Auswahl biologischer Parameter zur Bodenbeurteilung und über erste Ansätze zur Bewertung solcher Messungen. Sowohl die gesetzlichen Grundlagen als auch die Auswahl geeigneter Parameter sind in den drei Ländern vergleichbar. Die grössten Probleme und Lücken liegen in einem Bewertungskonzept, mit dem „normale“ beziehungsweise „auffällige“ Standorte charakterisiert und bewertet werden können. Erste Ansätze zu Vergleichswertbereichen und Standortklassifikationen liegen aber bereits vor. Weitere Ausführungen zu dieser Tagung finden sich im Forum (Bericht 4.4).

Die Arbeitsgruppe VBB führte im Jahr 2000 erstmals zwei ganztägige Arbeitssitzungen durch. Dem Informationsaustausch zwischen Akteuren im Vollzug und der Forschung wurde ein breiter Platz eingeräumt. Zudem wurden abgeschlossene Arbeiten präsentiert (Berichte dazu finden sich in den Kapiteln 3 und 4) und neue Projekte vorgestellt und diskutiert, so zum Beispiel das „Konzept zur Entwicklung von terrestrischen Risikoindikatoren für Pflanzen-

¹ Römbke, J. und Kalsch, W. (2000): Protokoll des Internationalen Fachgesprächs über „Ansätze für biologische Bewertungsstrategien und -konzepte im Bodenschutz“. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. 63 S.

schutzmittel“, das in enger Zusammenarbeit mit der OECD Working Group on Pesticides erarbeitet wird. Des weiteren verlängerte das BUWAL den Vertrag für das Projekt „Bodenbiologische Erfassung der Bodenfruchtbarkeit“ mit dem FiBL, das unter anderem die Weiterführung des VBB-Sekretariats gewährleistet.

Die von der Projektgruppe „Öffentlichkeitsarbeit“ initiierte Arbeitsmappe für Schulen „Boden praktisch erfahren“ ist erschienen, die Regenwurm-Ausstellung geht ins Internet (www.regenwurm.ch) und die Pilotphase der Ausstellung „Erlebnis Boden“ ist abgeschlossen. Die Projektgruppe „Mikrobiologie“ beschäftigte sich mit der Stickstoffmineralisierung von Wiesenböden. Die Methode „Dehydrogenaseaktivität“ ist in den Referenzmethoden der Eidg. Forschungsanstalten publiziert, diejenige der PLFA wird zur Zeit noch von weiteren Fachleuten überprüft. In der Projektgruppe „Mykorrhiza“ wurde die Methode zur Erfassung des Mykorrhizainfektionspotenzials anhand einer Studie überarbeitet und nach einer Vernehmlassung revidiert. Der Bericht dazu findet sich in Kapitel 3.1. Ebenfalls in der Vernehmlassung befindet sich die Methodenbeschreibung der Regenwurmextraktion der Projektgruppe „Fauna“. In der Projektgruppe „Langzeitbeobachtung“ wurden die ersten Probeserien in Dauerwiesen entnommen und analysiert.

Die Arbeit innerhalb der VBB ist wichtig, um in Zukunft vermehrt biologische Aspekte in den Vollzug des Bodenschutzes integrieren zu können. Dazu braucht es die enge Zusammenarbeit zwischen Forschung und Verwaltung.

Turnusgemäss gebe ich den Vorsitz weiter an Gaby von Rohr von der Fachstelle Bodenschutz des Kantons Solothurn. An dieser Stelle sei ihr und allen bisherigen und neuen Mitgliedern der Arbeitsgruppe Vollzug BodenBiologie ganz herzlich für ihren Einsatz gedankt.

Name und Arbeitsinhalt der Projektgruppe	Mitglieder	Kontaktperson
Öffentlichkeitsarbeit		
<ul style="list-style-type: none"> - Information und Sensibilisierung der Öffentlichkeit für den Bodenschutz - Erfahrungs- und Wissensaustausch 	R. Bono (BL) A. Desaulles (FAL) F. Okopnik (AG) B. Pokorni (NE) G. Schmid (SG) R. von Arx (BUWAL) G. von Rohr (SO) T. Wegelin (ZH)	Dr. Roland von Arx BUWAL CH-3003 Bern Tel. 031 322 93 37 roland.vonarx@buwal.admin.ch
Mikrobiologie		
<ul style="list-style-type: none"> - Erarbeiten und validieren von Probenahme-strategien (Wiese, Acker, Wald) - Auswahl, Standardisierung und Validierung von Methoden - Dokumentation der räumlichen und zeitlichen Variabilität - Pilotstudien zur Erfassung von konkreten Belastungen 	W. Heller (FAW) E. Laczko (Solvit) P. Mäder (FiBL) H.-R. Oberholzer (FAL)	Dr. Hans-Rudolf Oberholzer Reckenholzstrasse 191/211 CH-8046 Zürich Tel. 01 377 72 97 hansrudolf.oberholzer@fal.admin.ch
Mykorrhiza		
<ul style="list-style-type: none"> - Erarbeiten und validieren von Standardmethoden zur Beschreibung des Mykorrhiza-Zustandes von Böden 	S. Egli (WSL) U. Galli (Grenchen) C. Maurer-Troxler (BE) P. Mäder (FiBL) A. Mozafar (ETH) B. Senn (WSL) V. Wiemken (Uni BS)	Dr. Simon Egli WSL Zürcherstrasse 111 CH-8903 Birmensdorf Tel. 01 739 22 71 simon.egli@wsl.ch
Fauna		
<ul style="list-style-type: none"> - Methoden zur Erfassung der Bodentiere evaluieren, standardisieren und in Fallstudien testen 	O. Daniel (FAL) S. Keller (FAL) C. Maurer-Troxler (BE) L. Pfiffner (FiBL)	Dr. Claudia Maurer-Troxler Abteilung Umwelt und Landwirtschaft, Rütli CH-3052 Zollikofen Tel. 031 910 53 33 claudia.maurer@vol.be.ch
Langzeitbeobachtung		
<ul style="list-style-type: none"> - Koordination von bodenbiologischen Untersuchungen in KaBos - Pilotuntersuchungen zur Langzeitbeobachtung (Zusammenarbeit mit FAL-Projekt) 	H. Brunner (FAL) G. Schmid (SG) C. Maurer-Troxler (BE) F. Okopnik (AG) H.-R. Oberholzer (FAL) F. Spieser (ZH) P. Schwab (FAL)	Guido Schmid Amt für Umweltschutz Lämmlisbrunnenstrasse 54 CH-9001 St.Gallen Tel. 071 229 24 10 guido.schmid@bd-afu.sg.ch

2. Tätigkeiten der Projektgruppen

2.1 Projektgruppe Öffentlichkeitsarbeit

Roland von Arx

Der GartenLehrpfad ist weiterhin in verschiedenen Kantonen im Einsatz und läuft gut. Dies vor allem in Kantonen, welche die Gemeinden bei der Umsetzung aktiv unterstützen (siehe VBB-Bulletin Nr. 4 / 2000). Die Umsetzung sollte v.a. in der Westschweiz noch etwas verbessert werden. Informationen sind für die deutsche Schweiz erhältlich bei: Büro naturnah, Hinterer Schermen 29, CH-3060 Ittigen (Tel. 031 922 06 79, Fax 031 922 04 45) und für die Westschweiz bei: Centre Pro Natura Champ-Pittet, Action „La Nature au service du Jardin“ (Tel. 024 426 93 41, Fax 024 426 93 40).

Die Inhalte der Regenwurmausstellung sind neu im Internet unter www.regenwurm.ch verfügbar und die meisten Elemente werden weiterhin vom Zentrum für angewandte Ökologie, Schattweid (F. Vetter, Tel. 041 490 17 93, Fax 041 490 40 75, E-Mail: zentrum@schattweid.ch) vermietet. Unter der Federführung des Naturmuseums von Lausanne ist eine Anpassung der Ausstellung für die Westschweiz geplant. Dank der Unterstützung verschiedener Kantone und des BUWAL kann gegenwärtig die Internetseite www.regenwurm.ch mit Unterrichtsideen und Schwerpunktthemen für Schulen ergänzt und laufend aktualisiert werden.

Verschiedene Bodenschutzfachstellen und das BUWAL haben „Erlebnis Boden“, eine nationale Aktion für den Boden mit einer Wanderausstellung und diversen Hilfsmitteln unterstützt. Die Aktion erklärt die Bedeutung und die Notwendigkeit eines gesunden Bodens und motiviert zu bodenschonendem Handeln. Verschiedene Kantone setzten die Aktion „Erlebnis Boden“ 2001 erstmals ein. Gemeinden, Gewerbe- und Industriebetrieben, Schulen und Verbänden stehen mit „Erlebnis Boden“ praktische und vielseitig anwendbare Ausstellungselemente für ihre Ausbildungs- und Öffentlichkeitsarbeit zur Verfügung (weitere Informationen unter: www.erlebnisboden.ch).

Dank der Initiative der VBB ist im Spätsommer 2000 die Unterrichtsmappe „Boden – erleben – erforschen – entdecken“ erschienen. Diese wird

vom BUWAL herausgegeben und ist beim Comenius Verlag, Hitzkirch (www.comenius-verlag.ch) zum Preis von Fr. 49.50 erhältlich. Die Mappe enthält etwa 40 praktische Unterrichtsideen, eine Broschüre und eine CD-ROM. Die vierfarbige Broschüre (32 Seiten, Fr. 4.50) ist reich gestaltet, in einer verständlichen Sprache geschrieben und auch als Lehrmittel für die Schüler geeignet. Eine ähnliche Unterrichtshilfe für die Westschweiz ist in Vorbereitung.

Die Projektgruppe „Öffentlichkeitsarbeit“ hat sich auch mit der Frage eines verbesserten Informations- und Erfahrungsaustauschs zwischen den Kantonalen Bodenschutzfachstellen und dem BUWAL befasst. Sie liess sich von Vertretern von Ernst & Young ins „Knowledge Management“ einführen. Mögliche Anwendungen wurden diskutiert und sollen weiter verfolgt werden. Als ersten Schritt möchten wir die Bulletins der VBB auch auf dem Internet (<http://www.buwal.ch/stobobio/sol/d/>) verfügbar machen.

2.2 Projektgruppe Mikrobiologie

Paul Mäder

Die Projektgruppe Mikrobiologie begleitete im Jahr 2000 schwerpunktmässig ein BUWAL-FiBL-Projekt zum Einsatz bodenmikrobiologischer Methoden in schwermetallbelasteten Böden (Beitrag 3.2). Die zweite Messperiode an Standorten in Nenzlingen (BL) und Gerlafingen (SO) ist abgeschlossen (vgl. VBB-Bulletin Nr. 4 / 2000, S. 7). Gegenwärtig untersucht die Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau zusätzlich zu den Totalgehalten und löslichen Gehalten nach VBB, welche vom Fachbereich Analytik des Amt für Umweltschutz Basel-Landschaft analysiert wurden, Schwermetalle in EDTA-Extrakten. Es wird vermutet, dass diese Fraktion wichtige Informationen über den Einfluss von Schwermetallen auf Bodenmikroorganismen liefert.

Des weiteren arbeitete die Gruppe an methodischen Grundlagen. Sie validierte die Methode der Stickstoffmineralisierung, weil im Zusammenhang mit der Bodenlangzeitbeobachtung die Frage aufgetaucht war, ob die Lagerdauer nach der Probenahme bis zur Bodeninkubation und anschliessenden Stickstoffanalyse einen Effekt auf die Stickstofffreisetzung hat. Die Methode

Dehydrogenaseaktivität wurde als Referenzmethode der Eidg. Landwirtschaftlichen Forschungsanstalten publiziert. Vertreter der Gruppe nahmen überdies an zwei Internationalen Workshops in Bonn und Kiel zum Thema Bodenmonitoring teil, an denen Fragen der Methodenwahl und der Interpretation von bodenbiologischen Messungen im Vordergrund standen (siehe Bericht 4.4).

2.3 Projektgruppe Mykorrhiza

Simon Egli

Aktuelles Ziel der Projektgruppe Mykorrhiza ist es, die Organismengruppe der Mykorrhizapilze in Fragen des Bodenschutzes zum Nachweis von Bodenstörungen und -belastungen einzubeziehen. Im vergangenen Jahr wurde der Methodenentwurf zur Bestimmung des Mykorrhiza-Infektionspotenzials von Landwirtschaftsböden in einem praktischen Feldversuch getestet (siehe Beitrag 3.1), um die Methode hinsichtlich Durchführbarkeit, Verständlichkeit und Vollständigkeit zu prüfen und weitere methodische Details zu klären. Der Feldversuch wurde vom BUWAL finanziert und unter der Leitung von A. Mozafar am Institut für Pflanzenwissenschaften der ETH durchgeführt. Bodenproben aus drei unterschiedlich mit Schwermetall belasteten Standorten wurden untersucht. Die Methode soll die bisherigen bodenbiologischen Methoden der Schweizerischen Referenzmethoden der Eidg. landwirtschaftlichen Forschungsanstalten ergänzen. Paul Mäder (FiBL) konnte als neues Mitglied der Projektgruppe gewonnen werden.

2.4 Projektgruppe Fauna

Claudia Maurer-Troxler

Die Methodenbeschreibung „Regenwurm-Extraktion“ wurde im Berichtsjahr 2000 fertiggestellt und an rund 10 Expertinnen und Experten aus der ganzen Schweiz zur Vernehmlassung geschickt. Aufgrund der eingegangenen Stellungnahmen wird die Anleitung gegenwärtig überarbeitet und ist zur Publikation in den Schweizerischen Referenzmethoden der Eidg. landwirtschaftlichen Forschungsanstalten angemeldet.

2.5 Projektgruppe Langzeitbeobachtung

Rolf Krebs / Guido Schmid

Die Zusammenarbeit mit der FAL Reckenholz zu Fragen der Langzeitbeobachtung biologischer Bodeneigenschaften wurde im vergangenen Jahr intensiviert. Im Frühjahr 2000 wurden Probenahmen an 37 Grünlandstandorten (3 Nabo-Standorte, 8 Standorte Kt. BE, 6 Standorte Kt. SG, 20 Standorte Kt. AG) durchgeführt. Bei der Auswahl der Standorte wurde auf ein möglichst grosses Spektrum verschiedener Standorteigenschaften geachtet (Bodentypen, Höhenlage, Düngung, usw.). Beprobt wurde in einer Tiefe von 0-10 cm und teilweise zusätzlich von 10-20 cm bzw. von 0-20 cm. Die Beprobungsflächen wurden mit GPS eingemessen.

Erwartungsgemäss waren die mikrobiellen Kennwerte Basalatmung, mikrobielle Biomasse und N-Mineralisation im aeroben Brutversuch von Grünlandstandorten deutlich höher als bei Ackerstandorten, wobei die Werte in einem weiten Bereich schwankten. Aufgrund erster Tests sollte es möglich sein, wie bei Ackerstandorten einen von abiotischen Bodeneigenschaften (Humusgehalt, pH-Wert und Körnung) abhängigen Referenzwert für Grünlandstandorte zu berechnen. Ein noch uneinheitliches Bild ergaben die Resultate der verschiedenen Probenahmetiefen.

Für die kommenden 3 Jahre ist an 6 Standorten eine intensivierete jährliche Beprobung mit vierfacher Wiederholung geplant, die weitere Hinweise für die Anwendbarkeit von bodenbiologischen Untersuchungen bei der nationalen Bodenbeobachtung und den kantonalen Bodenüberwachungen geben sollen.

3. Ausgewählte Projekte der VBB

3.1 Eine Standardmethode zur Erfassung des Mykorrhiza-Infektionspotenzials in Landwirtschaftsböden

Simon Egli, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), CH-8903 Birmensdorf

Ahmed Mozafar, Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH/Z, CH-8315 Lindau

Höhere Pflanzen sind mit wenigen Ausnahmen mit Mykorrhizapilzen vergesellschaftet. Die Wurzeln verholzter Pflanzen leben vorwiegend mit sogenannten Ektomykorrhizapilzen, alle übrigen Pflanzenarten mit sogenannten arbuskulären Mykorrhizapilzen (AMF) in einer Symbiose. Mykorrhizapilze stellen eine zentrale Schnittstelle zwischen Boden und Pflanze dar und sind direkt bei der Wasser- und Nährstoffaufnahme der Pflanze beteiligt. Sie sind aufgrund ihrer funktionellen Bedeutung ein wichtiger Bestandteil der Bodenfruchtbarkeit. Aus diesen Gründen hat sich die VBB-Projektgruppe Mykorrhiza zum Ziel gesetzt, eine geeignete Methode aus dem Gebiet der Mykorrhiza als bodenbiologische Standardmethode zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit auszuarbeiten. Die Methode soll die bodenbiologischen Methoden der Schweizerischen Referenzmethoden der Eidg. landwirtschaftlichen Forschungsanstalten ergänzen.

Aufgrund einer umfangreichen Literaturstudie wurde ein Biotest zur Erfassung des Mykorrhiza-Infektionspotenzials als bestgeeignete Methode ausgewählt. Mit der Methode lässt sich die Anwesenheit und Aktivität von Mykorrhizapilzen in frischen Bodenproben bestimmen. Je mehr Mykorrhizapilze ein Boden enthält und je infektiöser sie sind, desto besser werden Feinwurzeln besiedelt und desto besser sind die Voraussetzungen für eine gute Nährstoffversorgung der Pflanze. Gut mykorrhizierte Pflanzen sind auch weniger anfällig gegenüber Umweltstress.

Der Biotest wird in einem Gewächshaus durchgeführt. Samen einer Testpflanze werden auf feldfrische Bodenproben in Pflanztöpfe gesät, die Wurzeln nach einer Wachstumsdauer von 60 Tagen geerntet und bezüglich ihres Mykorrhizierungsgrads analysiert. Dazu wird unter dem Mikroskop die Häufigkeit von Hyphen und der

für AMF charakteristischen Vesikeln und Arbuskeln bestimmt. Zusätzlich wird das Trockengewicht von Spross und Wurzeln gemessen.

In einem ersten Schritt wurde aufgrund von Literaturangaben ein Entwurf eines Methodenprotokolls erstellt. Dieses wurde im Rahmen einer Diplomarbeit am Institut für Pflanzenwissenschaften der ETH Zürich in einem Fallbeispiel am Schiessplatz Zuchwil methodisch verfeinert und angepasst². In einer zweiten, durch das BUWAL finanzierten Arbeit wurde das überarbeitete Methodenprotokoll im Sommer 2000 einem praktischen Test im Feldversuch unterzogen, um die Methodenbeschreibung hinsichtlich Durchführbarkeit, Verständlichkeit und Vollständigkeit zu prüfen und weitere methodische Fragen zu klären³. In der ersten Studie wurden verschieden stark mit Blei belastete Bodenproben des Schiessplatzes Zuchwil miteinander verglichen, und in einer zweiten Studie wurden Böden aus der Umgebung einer metallverarbeitenden Industrie (Gerlafingen), eines geogen mit Cadmium belasteten Standorts (Nenzlingen) und eines weiteren Schiessplatzes (Oberuzwil) getestet. In beiden Studien konnte auf bereits vorliegende Analysenresultate der Schwermetallgehalte im Boden zurückgegriffen werden (Bodenschutzfachstellen der Kantone BL, SG, SO).

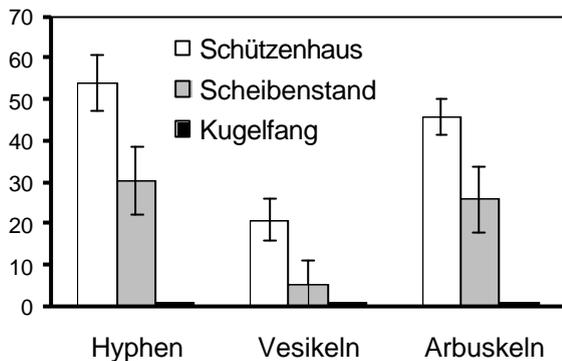
Die Resultate der beiden mit Blei belasteten Schiessplatzböden zeigen einen eindeutigen Zusammenhang zwischen der Bleikonzentration im Boden und der Mykorrhizaausbildung der Testpflanzen. Auf den am stärksten belasteten Bodenproben beim Kugelfang war die Mykorrhizainfektion der Testpflanzen Lauch (*Allium porrum*) signifikant tiefer als auf den weniger belasteten Bodenproben beim Schützenstand und beim Scheibenstand. Das heisst, pro

² Klingel, P. (1998): Die Eignung von nicht gestörten Bodenproben für die Bewertung der Mykorrhiza-Aktivität in verschieden belasteten Böden. Diplomarbeit Fachrichtung Agrarökologie, Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH Zürich. 62 S.

³ Gamper, H. (2000): Prüfung des Methodenentwurfes zur Bestimmung der Mykorrhiza-Aktivität anhand schwermetallbelasteter Landwirtschaftsböden. Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH/Z. Durchgeführt in Zusammenarbeit mit der Projektgruppe Mykorrhiza der VBB und finanziert durch das BUWAL. Interner Bericht. 31 S.

Längeneinheit Feinwurzeln wurden weniger Hyphen, Arbuskeln und Vesikeln von arbuskulären Mykorrhizapilzen gefunden. In Zuchwil wurden an den Wurzeln der Testpflanzen, die in Bodenproben aus dem Kugelfang wuchsen, überhaupt keine Mykorrhizainfektionen mehr festgestellt

Infektionsrate (%)



(Abb. 1).

Abb. 1: Infektionsrate (in % der Wurzellänge) von Hyphen, Vesikeln und Arbuskeln von arbuskulären Mykorrhizapilzen auf der Testpflanze Lauch (*Allium porrum*) gewachsen auf Bodenproben des Schiessplatzes Zuchwil SO, nach 60 Tagen Versuchsdauer (n = 5). Die Schwermetallgehalte steigen in der Reihenfolge Schützenhaus – Scheibenstand – Kugelfang an (Klingel, 1998).

In Gerlafingen konnten die drei Probeflächen, die auf einem Transekt mit abnehmender Konzentration von Pb und Zn liegen, mithilfe der Methode eindeutig voneinander unterschieden werden: je grösser die Konzentration von Pb und Zn im Boden, desto tiefer war die Mykorrhizainfektion auf den Testpflanzen. Auch das Spross-Trockengewicht war auf dem am stärksten belasteten Boden am tiefsten.

Auf der mit Cadmium belasteten Fläche Nenzlingen konnte dagegen kein Zusammenhang zwischen der Cd-Konzentration im Boden und der Mykorrhizausbildung nachgewiesen werden. Da es sich hier um eine geogene Belastung und damit um eine „schon immer dagewesene“ Situation handelt, ist es vorstellbar, dass die Mykorrhizaflora an diese Verhältnisse angepasst ist. Es gibt jedoch auch Literaturhinweise, die belegen, dass Cadmium eine geringere toxische

Wirkung auf Mykorrhizapilze hat als andere Schwermetalle.

Die vorliegende Methode hat sich als geeignet erwiesen, um Böden mit unterschiedlichen Schwermetallbelastungen miteinander zu vergleichen. Sie zeigt nicht nur hohe Schwermetallbelastungen an, sondern sie reagiert auch empfindlich auf mässige Belastungen im Bereich der Richtwerte.

Aus den bisher gemachten Erfahrungen kann die Methode empfohlen werden für die bodenbiologische Standortcharakterisierung und den Nachweis von Bodenbelastungen. Aufgrund der funktionellen Bedeutung der Mykorrhiza in der Pflanzenernährung ist diese Methode eine wichtige Ergänzung zu den bisherigen biologischen Methoden in den Referenzmethoden der Eidg. landwirtschaftlichen Forschungsanstalten.

3.2 Photoautotrophe Bodenmikroorganismen als Bioindikatoren für Schwermetalle

Claudia Scherr, Andreas Fliessbach und Paul Mäder, Forschungsinstitut für biologischen Landbau, CH-5070 Frick

Bodenmikroorganismen tragen entscheidend zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit bei. Wird diese jedoch durch Umwelteinflüsse beeinträchtigt, so ändert sich auch die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Mikroorganismengemeinschaft und damit deren Leistungsfähigkeit. Bodenmikroorganismen können daher zur Indikation von Schadstoffen, wie beispielsweise Schwermetallen, eingesetzt werden. Die Frage, welchen Einfluss Schwermetalle auf die Bodenmikroorganismen haben, gewinnt an Bedeutung, da die Schwermetallbelastungen teilweise immer noch zunehmen und vielerorts die bestehenden Richtwerte nach VBBö schon erreicht sind. Möglicherweise führen auch geringe, chronische Schwermetallbelastungen im Bereich der Richtwerte zu einer Veränderung der mikrobiellen Stoffwechselleistungen und zu einer Verschiebung des Artenspektrums hin zu schwermetalltoleranten oder -resistenten Arten.

Die Auswirkungen von Schwermetallen auf Bodenmikroorganismen wurden bisher überwiegend anhand unspezifischer mikrobieller Summenparameter, wie Basalatmung und Biomasse,

oder der Gesamtdiversität der Mikroorganismengemeinschaft im Boden untersucht. Im Rahmen der Studie „Bodenbiologische Erfassung der Bodenfruchtbarkeit – Fallstudie an belasteten Standorten“⁴ (FiBL im Auftrag des BUWAL) wurde zusätzlich nach spezifischen Organismen gesucht, von denen bekannt ist, welche Rolle sie im Ökosystem Boden einnehmen.

Eine in landwirtschaftlichen Böden oft wenig beachtete Organismengruppe sind die photoautotrophen Mikroorganismen. Algen und Cyanobakterien leisten jedoch wertvolle Beiträge zur Primärproduktion, zur Stickstofffixierung sowie zur mechanischen Stabilisierung der Böden. Es wurde überprüft, ob sich diese photoautotrophen Bodenmikroorganismen als sensitive Indikatoren für Schwermetallbelastungen, die im Bereich der Richtwerte liegen, eignen.

Als Parameter zur Beurteilung der Schwermetalleinflüsse auf photoautotrophe Bodenmikroorganismen wurden die Lebendkeimzahlen von Bodenalgen (Abb. 2) und stickstofffixierenden Cyanobakterien sowie das Wachstum dieser Organismengruppen aufgrund ihrer Chlorophyllzunahme innerhalb eines bestimmten Zeitraums herangezogen.

Abb. 2: Bodenalgen tragen zur Kohlenstoff- und Stickstofffixierung bei und stabilisieren den Boden.

Zur Bestimmung der Lebendkeimzahlen wurde das Most Probable Number (MPN) - Verfahren eingesetzt. Es ermöglicht eine Abschätzung der Lebendkeimzahlen von Algen und stickstofffixierenden Cyanobakterien ohne einzelne Zellen oder Kolonien auszuzählen. Stattdessen werden die Populationsdichten der Mikroorganismen mit Hilfe eines Verdünnungsverfahrens ermittelt. Zur Anzucht der photoautotrophen Mikroorganismen wurden die beiden Standardmedien BG11 und BG11₀ verwendet. Sie unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung nur durch das Vorhan-



densein (BG11) beziehungsweise das Fehlen (BG11₀) von Natriumnitrat als Stickstoffquelle. Die Miniaturisierung des Verfahrens unter Verwendung von Mikrotiterplatten ermöglichte es, eine hohe Anzahl an Proben und Wiederholungen parallel zu untersuchen.

Die Bestimmung des Wachstums der photoautotrophen Mikroorganismen aufgrund der Chlorophyllzunahme innerhalb eines bestimmten Zeitraums kann als weitere sensitive Methode zur Beschreibung der Wirkung von Umwelteinflüssen auf diese Organismen herangezogen werden. Die Chlorophyllzunahme wurde durch Extraktion von Chlorophyll mit Aceton und anschließende photometrische Messung an Bodenproben bestimmt, von der je eine Probenhälfte im Licht, die andere im Dunkeln unter ansonst gleichen Bedingungen inkubiert worden waren. Ein möglicherweise stattfindender Abbau von Chlorophyll während der Inkubationszeit wurde mit Hilfe der Dunkelprobenhälfte erfasst. Die Differenz zwischen dem Chlorophyllgehalt der Licht- und Dunkelprobenhälfte entsprach somit der Chlorophyllzunahme durch die photoautotrophen Mikroorganismen in einer Bodenprobe und damit deren Wachstum.

In den durchgeführten Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die photoautotrophen Bodenmikroorganismen der schwermetallbelasteten Bodenproben vom Standort Gerlafingen auf eine Belastung mit Zink, Kupfer und Cadmium im Richtwertbereich empfindlich reagieren. Die Keimzahl der stickstofffixierenden Cyanobakterien wurde durch die Schwermetalle signifikant negativ, die der Algen tendenziell negativ beeinflusst (Abb. 3 und 4). Die photoautotrophen Bodenmikroorganismen können daher zusätzlich zu den bisher verwendeten mikrobiellen Parametern als Indikatoren zur frühzeitigen Erfassung von chronischen Schwermetallbelastungen im Richtwertbereich eingesetzt werden.

⁴ Scherr, C., Fliessbach, A. und Mäder, P. (2000): Bodenbiologische Erfassung der Bodenfruchtbarkeit – Fallstudie an belasteten Standorten. Bericht zu Händen des BUWAL. Projektbegleitung: Arbeitsgruppe Vollzug BodenBiologie. FiBL, CH-5070 Frick. 56 S.

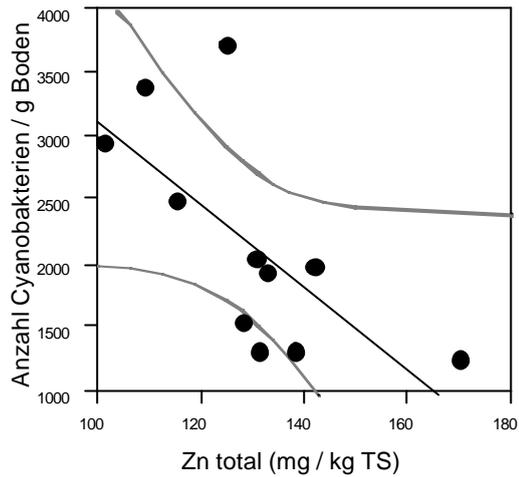


Abb. 3: Effekt von Zink auf das Cyanobakterienwachstum. $n = 11$, $p = 0.05$.

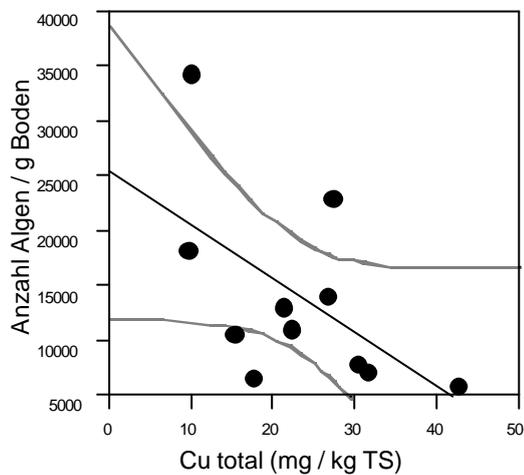


Abb. 4: Effekt von Kupfer auf das Algenwachstum. $n = 11$, $p = 0.07$.

Die komplexen Vorgänge im Ökosystem Boden lassen sich jedoch nicht durch einzelne Parameter beschreiben. Nur durch die Kombination von mikrobiellen Summenparametern, Parametern zur Beschreibung der Diversität und die Verwendung empfindlicher Indikatororganismen entsteht ein Gesamtbild der Veränderungen innerhalb einer Mikroorganismengemeinschaft, welche durch Schwermetalle verursacht werden.

4. Forum

4.1 Einfluss der landwirtschaftlichen Nutzungsintensität auf die Diversität der arbuskulären Mykorrhizapilze

*Fritz Oehl, Kurt Ineichen, Paul Mäder und
Andres Wiemken, Botanisches Institut
Universität Basel, CH-4056 Basel
Forschungsinstitut für biologischen Landbau,
CH-5070 Frick*

Der arbuskulären Mykorrhiza kommt in der Landwirtschaft eine wichtige Rolle für die Pflanzengesundheit, die Bodenfruchtbarkeit und den Bodenschutz zu. Sie ist eine Millionen Jahre alte Symbiose zwischen höheren Pflanzen und Bodenpilzen der Klasse der Glomales. Diese arbuskulären Mykorrhiza-Pilze (kurz: AMF) versorgen die Pflanzen mit schwer zugänglichen Nährstoffen aus dem Boden und erhalten im Gegenzug lebenswichtige Photosyntheseprodukte. Die AMF können die Struktur der Böden verbessern und Nährstoffe für Pflanzen besser verfügbar machen. Sie sind daher besonders wertvoll für die nachhaltige „low-input“ Landwirtschaft. Sie werden heute auch vermehrt bei der Anzucht und Verpflanzung von Jungpflanzen und bei der Renaturierung degradierter Flächen angewendet. Vor allem in Ländern, in denen herkömmliche Dünger knapp oder zu teuer sind, gewinnen AMF an Bedeutung.

In einem von der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) getragenen Indisch-Schweizerischen Projekt wurde in den beiden Ländern in einem ersten Schritt die Vielfalt der AMF in Abhängigkeit von der Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung untersucht. Für die Landwirtschaft und den Bodenschutz besonders nützliche AMF sollen später gewonnen und als qualitativ hochwertige AMF-Inokula in den jeweiligen Ursprungsländern eingesetzt werden.

In der Schweiz wurden im Jahr 2000 insgesamt 14 Böden mit sehr unterschiedlicher Nutzungsintensität auf die AMF-Diversität untersucht. Die Standorte befinden sich allesamt im Dreiländereck der Region Basel–Freiburg im Breisgau-Mulhouse. Bis auf einen Vergleichsstandort im angrenzenden Schweizer Jura wurden ausschliesslich Lössflächen des Oberrheintals ausgewählt, da diese in der Region eine herausragende Bedeutung für die landwirtschaftliche

Produktion haben. Die Standorte umfassen mit Naturschutzwiesen (Kalkmagerrasen ohne Düngung, magere Glatthaferwiesen), biologisch und konventionell-integriert bewirtschafteten Ackerflächen mit vielseitiger, siebenjährigen Fruchtfolgen, sehr intensiv konventionell genutzten Äckern mit permanentem Maisanbau (jährliche Düngung: 150 – 180 kg N, 50 – 80 kg P) und zwei Rebbergen ein sehr weites Spektrum der Nutzungsintensität des Dreiländerecks. Parzellen aus fünf Verfahren des DOK-Langzeit-Versuches in Therwil sind Teil dieser AMF-Studie. Dieser von der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL, ZH-Reckenholz) und vom Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) gemeinsam betriebene Versuch vergleicht seit 1978 biologische und integrierte (konventionelle) Anbausysteme.

Wie im DOK-Versuch vorgegeben, wurden alle Standorte in 4 Feldwiederholungen beprobt (100 m² grosse Einzelflächen). Die Tiefe der Bodenentnahme umfasste die oberen 10 cm. In zwei Naturwiesen, zwei Maisäckern und einem Rebberg wurde die AMF-Vielfalt bis in 70 cm Bodentiefe verfolgt. Die AMF-Arten wurden morphologisch anhand ihrer Sporen bestimmt, die durch Nasssiebung und Dichtegradientenzentrifugation aus dem Boden isoliert werden können.

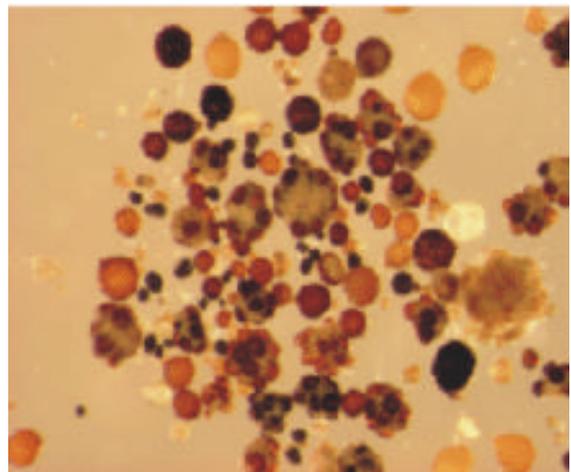


Abb. 5: Mykorrhizasporen. Die Böden des Dreiländerecks sind Lebensraum für eine sehr grosse Mykorrhiza-Artenvielfalt.

Die bisherigen interessanten Ergebnisse zeigen, dass die AMF-Vielfalt in der Region auffallend hoch ist. An den 14 Standorten konnten 38 verschiedene Arten bestimmt werden (Abb. 5). Die meisten gehören zu der Familie der Glomaceae (28 Arten zur Gattung *Glomus*, 2 zur Gattung *Sclerocystis*), 3 Arten gehören zu der Gattung *Scutellospora* (Familie Gigasporaceae), 5 sind aus der Familie der Acaulosporaceae (4 *Acaulospora*, 1 *Entrophospora*).

Die AMF-Diversität war am höchsten in den extensiven Naturwiesen (Tab. 1), gefolgt von den Rebbergen. Die wenig intensiv bewirtschafteten Fruchtfolgeflächen in der Schweiz (CH) wiesen eine höhere AMF-Vielfalt auf als die intensiv genutzten Äcker mit permanentem Maisanbau im Elsass (F) und in Südbaden (D). Sie war in den biologisch bewirtschafteten Fruchtfolgeflächen nur tendenziell höher als in den integriert bewirtschafteten Fruchtfolgeflächen des DOK-Versuchs in Therwil (BL) beziehungsweise einer ebenfalls integriert bewirtschafteten Fläche in der Nachbargemeinde Binningen (BL). Die Hauptunterschiede im DOK-Versuch lagen in der höheren Sporenzahlen der biologisch im Vergleich zu den integriert bewirtschafteten Flächen (12-14 gegenüber 8-10 Sporen g^{-1} Boden) und in einer Artenverschiebung. In den biologisch bewirtschafteten Parzellen war der Anteil von zwei *Acaulospora*-Arten höher und von zwei *Scutellospora*-Arten niedriger als in den integriert bewirtschafteten.

Tab. 1: Anzahl an Mykorrhiza-Arten in 14 Oberböden (0 – 10 cm Bodentiefe) von Standorten unterschiedlicher landwirtschaftlicher Nutzungsintensität der Region Basel.

Landwirtschaftliche Nutzung/Anbausystem	Mykorrhiza-Arten
Permanenter Maisanbau konventionell (D, F)	8-10
Vielseitige Fruchtfolge integrierte Produktion (CH)	13-15
Vielseitige Fruchtfolge biologisch (CH)	15-17
Rebberg mit alternierender Begrünung	16-18
Extensive Naturwiesen (Kalkmagerrasen, Glatthaferwiese)	21-26

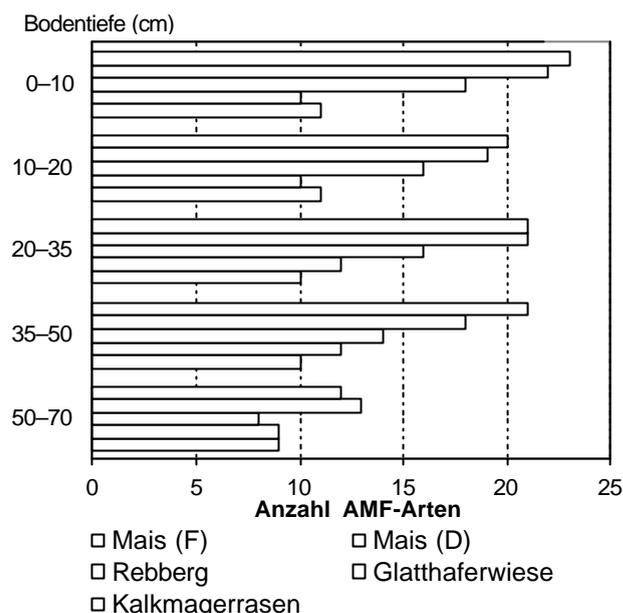


Abb. 6: Anzahl Mykorrhiza-Arten in unterschiedlichen Bodentiefen bei verschiedener landwirtschaftlicher Nutzung.

Mit zunehmender Bodentiefe nimmt die AMF-Diversität in allen untersuchten landwirtschaftlichen Nutzungstypen ab (Abb. 6). Für die Maisäcker trifft dies allerdings bis zur Pflugsohle nicht zu. Im flach (< 20 cm) gepflügten Maisacker (D) findet man sogar die meisten Arten direkt unterhalb des bearbeiteten Oberbodens. Auch im tiefer (35 cm) gepflügten Maisacker (F) wurden unterhalb der Pflugsohle Sporen von AMF-Arten gefunden, die oberhalb nicht vertreten waren (Daten nicht gezeigt). Dennoch beherbergen die extensiv genutzten Naturwiesen in jeder Bodentiefe deutlich mehr Arten als die Maisäcker. Offensichtlich verschwinden einige Arten bei hoher landwirtschaftlicher Nutzungsintensität. Eine noch unbeschriebene *Scutellospora*-Art wurde nur in einer Glatthaferwiese und einem Maisacker gefunden. Dort war sie auf die tieferen Bodenschichten beschränkt. Es stellt sich die Frage, ob sie ein typischer AMF-Vertreter für Unterböden ist, und ob sie der höheren AMF-Konkurrenz oder den höheren Nährstoffkonzentrationen im Oberboden nicht gewachsen ist.

Zusammenfassend kann man sagen, dass mit einer höheren landwirtschaftlichen Nutzungsintensität ein grosser Verlust an AMF-Artenvielfalt verbunden ist. Der Verlust war geringer, wenn man tiefere Bodenschichten in die Untersuchung

gen mit einbezogen. Offensichtlich überleben einige Arten unterhalb der Pflugsohle der Äcker. Andere Arten werden an diesen Standorten verdrängt. Die sehr hohe Artenvielfalt auf Lössflächen im Dreiländereck ist eine sehr gute Ausgangslage für die nachfolgende Suche nach Mykorrhizaarten, welche die Bodenstruktur verbessern und die Pflanzengesundheit fördern und unter Umständen sogar im Schweizer Landbau ertragsfördernd eingesetzt werden können.

4.2 Wissensaustausch zwischen Bauern und Naturwissenschaftlern im Bodenschutz

Patricia Fry, Volkmarstr. 9, CH-8006 Zürich

Während meinen Untersuchungen für meine Dissertation⁵ habe ich den Eindruck gewonnen, dass der Begriff Bodenfruchtbarkeit den Bauern und Bäuerinnen etwas abgehoben erscheint und unterschiedlich interpretiert wird.⁶ Tatsächlich verstehen auch Wissenschaftler nicht unbedingt das gleiche unter diesem Begriff. Patzel hat in der naturwissenschaftlichen Literatur nicht weniger als 10 verschiedene Bedeutungsfelder herausgearbeitet⁷. Hinter den Definitionen stehen verschiedene Absichten. Forschende und Fachleute an Bodenschutzfachstellen verwenden den Begriff Bodenfruchtbarkeit auch in unterschiedlicher Weise. Forschende sind vor allem an der Quantifizierung von Bodenfunktionen und -prozessen interessiert. Für sie ist der Begriff Bodenfruchtbarkeit eine Grösse, die es zu operationalisieren gilt, beispielsweise als Summe der chemischen, physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften. Bodenschutzfachstellen verwenden den Begriff Bodenfruchtbarkeit vor allem in einer normativen Art und Weise. In den gesetzlichen Bestimmungen wurden die ökologischen Ziele des Bodenschutzes festgesetzt. Dies hat sich in der Definition und in der Verwendung des Begriffes Bodenfruchtbarkeit niedergeschlagen.

⁵ Fry, P. E. (2000): Bäuerliche und naturwissenschaftliche Wahrnehmung von Bodenfruchtbarkeit im Vergleich – Kommunikationshilfen für den Bodenschutz. Dissertation Nr. 13707. ETH Zürich. http://e-collection.ethbib.ethz.ch/ediss/index_e.html

⁶ Vgl. VBB-Bulletin 3/1999, S. 10/11.

⁷ Patzel, N., Sticher, H. und Karlen, D. (2000): Soil Fertility – Phenomenon and Concept. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 163: 129-143.

Bodenschutzfachleute und Forschende müssen also damit rechnen, dass der Begriff Bodenfruchtbarkeit sehr unterschiedlich interpretiert wird. Für Forschende steht die Messbarkeit im Vordergrund, während Bodenschutzfachstellen diesen Begriff vor allem normativ, als Zielvorgabe für Handlungen, verwenden. Für Bauern kann der Begriff sogar befremdend wirken.

In meiner Dissertation habe ich Erklärungen gefunden für diese Unterschiede. Ich habe die lokale Praxis der Wissensproduktion – also die jeweilige Arbeit – als Vergleichsebene gewählt und so eine neue Perspektive bezüglich der Unterschiede und Ähnlichkeiten zwischen bäuerlicher und naturwissenschaftlicher Wahrnehmung eingenommen. Ich möchte im folgenden einen Teil meiner Befunde und meiner Schlussfolgerungen vorstellen.

Bauern und Bäuerinnen sowie Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen verfolgen mit ihrer Arbeit unterschiedliche Ziele und verwenden unterschiedliche Methoden in unterschiedlichen Kontexten. Für Bauern und Bäuerinnen steht die Nutzung des Bodens im Vordergrund. Sie sind an Handlungen interessiert, wie sie ihre Böden bearbeiten können beispielsweise, und nehmen Boden vor allem während der Feldarbeit wahr. Dabei verwenden sie Werkzeuge wie Traktor und Pflug, Erntemaschine, Heugabel usw. Sie verrichten während des ganzen Jahres und über Jahrzehnte hinweg verschiedene Arbeiten auf ihren Feldern.

Bodenschutzfachleute sind am Schutz des Bodens interessiert und übersetzen gewissermassen Theorien über Boden in Massnahmen und Handlungen. Sie wenden einerseits handlungsbezogene Methoden an, wie beispielsweise Nutzungsbeschränkungen oder Merkblätter, und andererseits naturwissenschaftliche Methoden zur Überwachung von Bodenbelastungen. Dazu verwenden Sie Routinemethoden und Werkzeuge, die es erlauben, die Belastung des Bodens im ganzen Kanton oder in einzelnen Regionen zu überwachen. Die Untersuchungen werden dazu alle 5 bis 10 Jahre periodisch wiederholt.

Forschende sind vor allem an Theorien über Bodenprozesse und -funktionen interessiert. Oft werden Bodenproben im Feld entnommen und im Labor weiterverarbeitet und unter kontrollierten Bedingungen analysiert. Anhand von Experimenten und Modellrechnungen werden Theorien erstellt und geprüft. Forschungsprojekte sind in der Regel auf drei Jahre befristet. Diese unterschiedlichen Arbeitsziele, -methoden und -kontexte haben einen Einfluss auf die Wahrnehmung.

Bauern und Bäuerinnen richten ihren Fokus auf die Eigenschaften der Bearbeitungsschicht eines ganzen Feldes und der auf einem Feld wachsenden Pflanzen. Sie achten vor allem auf Beziehungen zwischen Pflanzenwachstum, Bodeneigenschaften, Wetterbedingungen und eigenen Handlungen. Forschende hingegen richten ihren Fokus vor allem auf den Unterboden und auf spezifische, quantifizierende Analysen von Boden. Je nach Disziplin werden auch Pflanzen und Tiere untersucht. Der bäuerliche Blick ist eher ein „breiter“ Blick (Abb. 7), während der naturwissenschaftliche Blick eher als „tiefer“ Blick zu bezeichnen ist (Abb. 8). Bodenschutzfachleute nehmen je nach konkreter Aufgabe einen "tiefen" und einen "breiten" Blick ein.



Abb. 7: Der „breite“ Blick der Bauern und Bäuerinnen.

Und nun zu den Schlussfolgerungen. Meist sind uns die eigenen Bewertungen und der eigene



Hintergrund nicht bewusst. Sie sind im Verlauf der Ausbildung selbstverständlich geworden. Erst in der Begegnung mit anderen „Stilen“ können die Unterschiede wahrgenommen werden.

Abb. 8: Der „tiefe“ Blick der Forschenden.

Wenn diese Unterschiede negiert werden oder der eigene Stil dem anderen überstülpt wird, dann sind Konflikte vorprogrammiert und die Umsetzung der Massnahmen im Bodenschutz harzt. In meiner Dissertation habe ich am Beispiel der Spatenprobe solche Konflikte analysiert. Ich komme zum Schluss, dass es für den Bodenschutz in der Landwirtschaft von grosser Bedeutung ist, neben dem naturwissenschaftlichen Stil auch den bäuerlichen Stil gelten zu lassen. Neben der Sprache trifft dies vor allem auch auf die bäuerlichen Erfahrungen zu, die sie durch ihre Arbeit auf den Feldern gewinnen, sowie auf ihre Arbeitsmethoden. Bauern und Bäuerinnen sind bei der Entwicklung von bodenschützenden Massnahmen zu beteiligen. Als Modell für diese Zusammenarbeit habe ich den Austausch von Wissen gewählt. Der Wissensaustausch erfolgt dabei in beide Richtungen. Welche Bedingungen sind für einen gelungenen Austausch nun zu erfüllen?

Im Vollzug des Bodenschutzes sind die unterschiedlichen Denkstile von Bauern und Naturwissenschaftlern zu respektieren. Der Reflexion des eigenen naturwissenschaftlichen Denkstiles kommt dabei eine grosse Bedeutung zu. Die persönliche Erfahrung spielt in der Arbeit sowohl von Bauern als auch von Naturwissenschaftlern eine wichtige Rolle. Dies könnte eine gemeinsame Basis für einen Wissensaustausch sein.

Der direkte Kontakt zwischen Bodenschutzbeauftragten und Bauern kann zu einem Vertrauensverhältnis führen, das für den Austausch von zentraler Bedeutung ist und zudem eine wichtige Basis für Innovationen darstellt. Bereits bestehende Tauschzonen⁸ im Bodenschutz sind

⁸ Tauschzonen für Wissen können gemäss P. Galison (1997): *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics*. The University of Chicago Press, Chicago, London. 844 S.) informelle Treffpunkte, Begegnungen an Anlässen oder auch

zu fördern. Neue Tauschzonen sind zu etablieren, um Massnahmen im Bodenschutz gemeinsam zu entwickeln.

Für das Gelingen eines Tausches sind geeignete Rahmenbedingungen notwendig. Dazu gehören Offenheit, ein gegenseitiges Interesse, die Bereitschaft zur Kommunikation und die Erwartung eines Gegenwertes für das eigene Angebot⁹. Ich bin gerne behilflich solche Tauschzonen zu fördern und neue zu etablieren. Für Fragen oder weitere Angaben zum Thema können Sie sich direkt an mich wenden:

p.fry@bluewin.ch oder Patricia Fry, Volkmarstr. 9, 8006 Zürich, Telefon 01 362 04 26.

Die Dissertation wird im Juni 2001 als 41. Band in der Reihe "Kommunikation und Beratung – Sozialwissenschaftliche Schriften zur Landnutzung und ländlichen Entwicklung" im Margraf Verlag, Weikersheim Deutschland, erscheinen (Hrsg. Hermann Boland, Volker Hoffmann und Uwe Jens Nagel). ISBN 3-8236-1346-4. Bestellbar über folgende E-mail: order@margraf-Verlag.de

4.3 Veränderung mikrobieller Gemeinschaften in Böden während Zyklen von Kontamination und biotechnologischer Reinigung

Hauke Harms, Patrick Höhener und Antonis Chatzinotas (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), IATE/Pédologie, GR-Ecublens, CH-1015 Lausanne)

Während sich die An- oder Abwesenheit von Umweltchemikalien im Boden heutzutage mittels chemisch analytischer Verfahren eindeutig feststellen lässt, mangelt es zur Beurteilung der biologischen Integrität von Böden an Kriterien und folglich auch an Testverfahren. Eines der Ziele der 1998 neu gegründeten Arbeitsgruppe „Bodenmikrobiologie“ an der EPFL ist daher die Entwicklung biologischer Kriterien für Bodengesundheit. Es sollen zudem Methoden entwickelt werden, welche geeignet sind, die Wiederherstellung der ursprünglichen (oder einer gewünschten) Funktionalität durch Bodenreini-

persönliche Besuche sein. Wichtig ist der informelle, offene Charakter.

⁹ Nowotny, H. (1998): Tauschzonen des Wissens. Lokale Bedingungen der Transdisziplinarität. Bulletin ETH Zürich 270 (Juni): 11-13.

gungsmassnahmen zu bewerten (Abb. 9). Dazu werden zwei komplementäre Ansätze verfolgt.

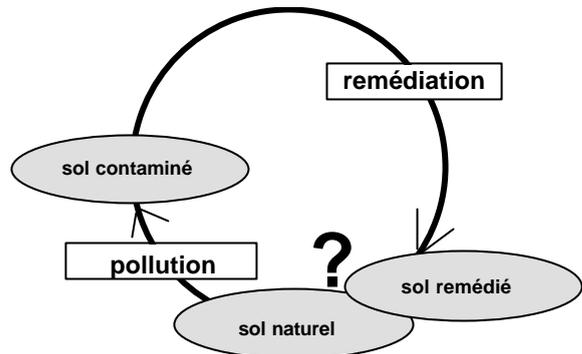


Abb. 9: Wie naturnah und multifunktionell sind (bio)technologisch gereinigte Böden eigentlich?

In einem ersten Projekt werden Verschiebungen der Zusammensetzung bakterieller Gemeinschaften und ausgewählter Schlüsselfunktionen während der künstlichen Verschmutzung von Böden mit Schwermetallen und anschliessender Phytoextraktion verfolgt. Dabei kommen verschiedene molekulare Methoden zum Einsatz, die keiner Kultivierung der Bodenbakterien bedürfen. Die Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH) gestattet die mikroskopische Quantifizierung spezifischer Bakteriengruppen in Bodenmaterial. Kombinationen aus PCR und Fingerprinting-Techniken erlauben den Nachweis der Gene für Schlüsselfunktionen, wie z.B. die Stickstofffixierung, und geben Auskunft über die in-situ-Aktivität dieser Gene, da sie gegen die aktuell gebildete messenger-RNA gerichtet werden können. Zur Methodvalidierung werden real kontaminierte Böden verwendet. Es wird erwartet, dass die ausführliche Untersuchung der schadstoffinduzierten Veränderungen zur Identifizierung von Schlüsselorganismen oder -funktionen führt, welche dann in weniger aufwändigen Untersuchungen als Bioindikatoren für den Zustand von Böden eingesetzt werden können.

In einem zweiten Projekt werden Verschiebungen des physiologischen Profils von mikrobiellen Gemeinschaften in Böden während einer Kontamination mit Treibstoffen und nachfolgendem bakteriellen Abbau verfolgt. Hier stehen Methoden im Vordergrund, welche auf den Abbaufähigkeiten der Bodenmikroflora beruhen. Analog zum kommerziellen BIOLOG-Verfahren, wel-

ches zur Identifizierung medizinisch relevanter Bakterien anhand ihres Abbauspektrums entwickelt wurde, soll ein einfacher Mikrotiterplatten-Test entwickelt werden, welcher das Potenzial und die Dynamik der Bodenmikroflora hinsichtlich der Verwertung von Schadstoffgemischen und deren Abbauprodukten anzeigt. Zur Methodvalidierung werden die so ermittelten physiologischen Profile und ihre Dynamik mit den damit einhergehenden Veränderungen der bakteriellen Gemeinschaft und ihrer in-situ-Abbauaktivität abgeglichen.

4.4 Konzepte zur Beurteilung des biologischen Bodenzustandes

Hans-Rudolf Oberholzer, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), CH-8046 Zürich

Im Rahmen einer umfassenden Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit bzw. des Bodenzustandes (soil fertility, soil quality, soil health) werden die Bodenorganismen und ihre Aktivität allgemein als sehr wichtig erachtet. Trotzdem besteht über die Art und Weise, wie dies in der Praxis umgesetzt werden soll, eine grosse Vielfalt von Vorschlägen und Ansätzen. Dies sowohl betreffend Auswahl und Durchführung der Bestimmungsmethoden für einzelne Teile des Bodenlebens, wie auch im Anspruch, das Bodenleben in seiner Gesamtheit zu erfassen.

Es ist ein wichtiges Ziel der VBB, die Erarbeitung der theoretischen und methodischen Grundlagen zu fördern und zu koordinieren. So wurden Grundlagen zu Probenahme, der Lagerung der Proben, der Durchführung der Bestimmungen (Beschreibung der Referenzmethoden und Ringanalysen) und Interpretation der Ergebnisse (Referenzwerte) sowie Konzepte (Bodenbiologie und Bodenschutz, Datenbank) erarbeitet.

Der aktuelle Stand dieser Arbeiten wurde im Jahr 2000 an zwei Veranstaltungen präsentiert und diskutiert, nämlich an einem internationalen Fachgespräch über „Ansätze für biologische Bewertungsstrategien und -konzepte im Bodenschutz“ im BMU in Bonn¹⁰ sowie am Workshop

¹⁰ Römbke, J. und Kalsch, W. (2000): Protokoll des Internationalen Fachgesprächs über „Ansätze für biologische Bewertungsstrategien und -konzepte im

„Evaluating Soil Quality“ of EU COST Action 831 „Biotechnology of Soil, Monitoring, Conservation and Remediation“ in Kiel¹¹. Die Ergebnisse dieser Veranstaltungen sollen im Folgenden kurz dargestellt werden.

Als Grundinformation für jede biologische Erhebung sollten folgende Angaben zum Standort unbedingt erfasst werden: detaillierte geografische Lage, Angaben aus Feld- und Schlagkartei, Nutzungsform, Bewirtschaftung, Klimadaten und Bodeneigenschaften wie: pH (CaCl₂), C_{org}, N_{org}, Korngrössenzusammensetzung, Kationenaustauschkapazität, Angaben zum Wasser- und Lufthaushalt, Humusform.

Zur Beprobung und Lagerung der Proben bestand weitgehend Einigkeit der Teilnehmer am Fachgespräch in Bonn (Deutschland, Österreich und Schweiz), hingegen bestehen unterschiedliche Vorgehensweisen der am Workshop in Kiel beteiligten Länder. So werden Proben in Italien getrocknet und in Skandinavien gefroren gelagert.

Zur Auswahl der zu untersuchenden Arten bzw. Artengruppen der Bodenfauna sowie der anzuwendenden bodenmikrobiologischen Methoden wurden in Bonn Kriterien vorgestellt. So sollen zu untersuchende Arten folgende Kriterien erfüllen:

Bodenschutz“. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. 63 S.

¹¹ Bloem, J., Schouten, T., Sørensen, S. und Breure, A. M. (2000): Evaluating soil quality. In: Benedetti, A. and Dilly, O. (eds). Microbiological methods for assessing soil quality. COST 831 handbook. In preparation.

- Ökologische Relevanz (z.B. „key species“ oder „ecological engineer“)
- Gute Bestimm- und Erfassbarkeit (z.B. Schlüssel vorhanden)
- Häufige Verbreitung (z.B. in Bezug auf bestimmte Böden)
- Lebensschwerpunkt im Boden (auch für einzelne Lebensstadien)
- Enger Kontakt mit dem Boden oder einzelnen seiner Bestandteile
- Mittlere Empfindlichkeit gegenüber (chemischen) Bodenbelastungen

Analog sollten zu empfehlende Methoden folgende Bedingungen erfüllen:

- Hohe Standardisierung (z.B. Genauigkeit der Beschreibung)
- Weite (internationale) Akzeptanz (z.B. Grad der Verbreitung)
- Praktikabilität der Durchführung (z.B. kein zu hoher Geräteaufwand)
- Geringer Aufwand (z.B. schnelle Erfassung).
- Gute Reproduzierbarkeit der Ergebnisse
- Statistische Auswertung möglich
- Ausreichende Erfahrungen (z.B. viele Literaturangaben)
- Keine Gefährdung der Bearbeiter bzw. des Standortes (z.B. durch Verwendung von toxischen Chemikalien)

Aufgrund dieser Kriterien und der Erfahrungen der Teilnehmer wurde ein zweistufiges Verfahren zur Beurteilung eines Bodens vorgeschlagen. Dabei soll in der ersten Stufe mit den obligat anzuwendenden Methoden die mikrobielle Biomasse, Bodenatmung und N-Mineralisation ein bestimmter Boden als „normal“ oder „auffällig“ eingeteilt werden. Durch gezielte Untersuchungen wie Ammoniumoxidation, Dehydrogenase- und andere Enzymaktivitäten und weiterer Bestimmungsmethoden können die Ergebnisse in einer zweiten Stufe vertieft und Ursachen für Abweichungen vom Normalzustand gesucht werden.

Entsprechend sollen im Bereich Fauna in der ersten Stufe die Regenwürmer (Handauslese, Formalinextraktion), die Enchytraen (O'Connor-Nasseextraktion) und Collembolen (Kempson-Trockenextraktion) erfasst werden und in der zweiten Stufe fakultativ die Nematoden (Extrak-

tion nach Oostenbrink) sowie die Raubmilben und Oribatiden (Kempson-Trockenextraktion) bestimmt werden.

Dazu wurde in Kiel festgestellt, dass in den meisten bisherigen Monitoringprogrammen die mikrobielle Biomasse und die Bodenatmung bestimmt werden. In ausführlicheren Untersuchungen werden zusätzliche Parameter gemessen, wie z.B. N-Mineralisation, mikrobielle Diversität und funktionale Gruppen der Bodentiere. Vor allem bei den erweiterten Untersuchungen variieren die angewendeten Methoden stark.

Als dringender primärer Forschungsbedarf wurden analoge Punkte für die Bodenzoologie und die Bodenmikrobiologie festgehalten:

- Verbesserung und Validierung von Verfahren zur qualitativen Erfassung mikrobieller Diversität
- Entwicklung eines standardisierten Verfahrens zur Erfassung von Mykorrhiza
- Klärung des Einflusses von natürlichen Bodeneigenschaften auf den jeweiligen Messparameter, um falsch positive Aussagen zu vermeiden
- Festlegen von Kriterien für den Übergang von obligaten bzw. fakultativen Verfahren, speziell bei der Auswahl der verschiedenen Enzymtests
- Weitere Verbesserungen der Grundlagen der verschiedenen Bewertungsmaßstäbe bei der Ableitung von mikrobiellen Referenzwerten und bei der Festlegung von Schwellenbereichen jeweils in Abhängigkeit von Standortfaktoren (primär Bodeneigenschaften)
- Aufbau einer Datenbank zum letztgenannten Punkt
- Entwicklung von Kriterien für die Auswahl des am besten geeigneten Bewertungsmaßstabes

Zusätzlich werden weitergehende Arbeiten zur Entwicklung eines möglichst umfassenden Konzeptes, das sowohl mikrobiologische, zoologische und integrative Parameter miteinschließt, Pilotprojekte zur Einschätzung der Möglichkeiten und Grenzen des ausgewählten Konzeptes aber

auch Anstrengungen zur Implementierung der Ergebnisse in den Bodenschutz auf nationaler und internationaler Ebene als notwendig erachtet. In Übereinstimmung dazu wurde in Kiel die Ableitung von Referenzwerten durch räumlich ausgedehnte Erhebungen und Langzeit-Monitoring als vordringlich erachtet.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die im Rahmen der VBB von den beteiligten Arbeitsgruppen geleisteten grundlegenden Arbeiten einen wichtigen und im internationalen Umfeld richtigen Beitrag zum Einsatz von biologischen Methoden zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit darstellen. Ebenso entsprechen die vorgesehenen Ziele der Weiterarbeit den an den besuchten Tagungen definierten Bedürfnissen. Während die bisherigen Arbeiten jedoch in kleineren Einheiten (Projekten) je nachdem beispielhafte oder mehr oder weniger verallgemeinerungsfähige Aussagen ermöglichten, sind für die grossräumige repräsentative Umsetzung der Grundlagenkenntnisse in der Praxis wesentlich umfangreichere Arbeiten notwendig.

Impressum VBB-Bulletin Nr. 5/2001

Herausgeberin

VBB (Arbeitsgruppe Vollzug BodenBiologie)

Vorsitzende 2000

Dr. Claudia Maurer-Troxler
Abteilung Umwelt und Landwirtschaft
Bern, Rütli
CH - 3052 Zollikofen
Tel. 031 910 53 34
E-Mail: claudia.maurer@vol.be.ch

Vorsitzende 2001

Gaby von Rohr
Amt für Umwelt, Fachstelle Bodenschutz
Werkhofstrasse 5
CH-4509 Solothurn
Tel. 032 627 28 05
E-Mail: gaby.vonrohr@bd.so.ch

Sekretariat und Bezug

Dr. Paul Mäder
Forschungsinstitut für biologischen Landbau
(FiBL)
Ackerstrasse
Postfach
CH - 5070 Frick
Tel. 062 865 72 32
Fax 062 865 72 73
E-Mail: paul.maeder@fibl.ch

Das Bulletin ist neu auch auf Internet verfügbar unter:

<http://www.buwal.ch/stobobio/sol/d/>