

VBB-Bulletin Nr. 6 / Juli 2002

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. Auswirkungen von Pflanzenschutz mitteln auf Bodenmikroorganismen	6
3.2. „Knowledge Management“ für die Bodenschutzfachstellen des Bundes und der Kantone.....	7
4. Forum	10
4.1. Risikoindikatoren für den Einfluss von Pflanzenschutzmitteln auf terrestrische Systeme	10
4.2. Regenwurmerhebungen der Boden- beobachtung des Kantons Bern.....	12
4.3. Einsatz von Bodenbakterien für den Pflanzenschutz.....	14
4.4. Bodenkonzept Bundesamt für Landwirtschaft – Kurzfassung.....	17

1. Jahresbericht der Präsidentin

*Gaby von Rohr, Amt für Umwelt, Fachstelle
Bodenschutz, Solothurn*

In der Arbeitsgruppe VBB „Vollzug Bodenbiologie“ haben sich 1995 Fachleute aus Forschung und Vollzug zusammengefunden, um gemeinsam Grundlagen für den Einbezug der Bodenbiologie im Bodenschutz und in der Lang-

zeitbeobachtung zu schaffen. Ein wichtiger Schwerpunkt liegt in der Erarbeitung von Probenahmestrategien und Methoden zur Bestimmung verschiedener biologischer Bodeneigenschaften. Mit der Festschreibung standardisierter Methoden in den Referenzmethoden der Eidg. landwirtschaftlichen Forschungsanstalten soll eine einheitliche und vergleichbare Erhebung bodenbiologischer Daten erreicht werden.

Diese kontinuierliche Arbeit trägt Früchte! Der Katalog für bodenbiologische Methoden wächst (Referenzmethodenbuch Band 2, Kapitel A, B und E). 2001/2002 konnten drei weitere Methoden, die Bestimmung der Dehydrogenaseaktivität, des Mykorrhiza-Infektionspotentials in Landwirtschaftsböden sowie die Extraktion und Bestimmung von Regenwurmpopulationen aufgenommen werden. Insgesamt steht also eine gute Auswahl standardisierter bodenbiologischer Methoden für verschiedenste bodenkundliche und landwirtschaftliche Fragestellungen zur Anwendung bereit. Die Berichte 3.1 und 4.2 dieses Bulletins zeigen Beispiele der praktischen Anwendung bodenbiologischer Methoden und sollen zu einem breiteren Einsatz der Bodenbiologie anregen.

In der Arbeitsgruppe VBB trafen sich die fünf Projektgruppen an zwei ganztägigen Arbeitssitzungen, die als zentrale Plattform zum Informations- und Meinungsaustausch dienen. Weiter werden geplante, laufende und abgeschlossene Projekte präsentiert und diskutiert. So wurden etwa die Möglichkeiten zur Erfassung der mikrobiellen Diversität in Böden diskutiert: verschiedene Methoden mit unterschiedlichen Ansätzen wurden vorgestellt, jedoch ist noch keine Methode für einen breiten Einsatz

genügend standardisiert. Ein wichtiges Thema waren die Auswirkungen von Pestiziden auf die Bodenfruchtbarkeit. Im Rahmen des Projektes „Entwicklung von Risikoindikatoren für Pflanzenschutzmittel in terrestrischen Systemen“, das die OECD Working Group on Pesticides durchführt und vom BUWAL koordiniert wird, werden Instrumente geschaffen, mittels derer Pestizide im Hinblick auf ihre Gefährdung des Bodenlebens beurteilt werden können (siehe Bericht 4.1). Weiter untersuchte das FiBL im Auftrag des BUWAL Auswirkungen von Pestiziden auf Mikroorganismen (siehe Bericht 3.1), als Fortsetzung der Arbeit über die Auswirkungen von Schwermetallen (Berichte im Bulletin Nr. 4 und 5). Präsentiert wurden auch die Untersuchungen „Wirkung von Antibiotika in der Landwirtschaft auf mikrobielle Gemeinschaften im Boden“ des FiBL und „Zusammensetzung der Bodenluft bei unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen“ der FAL.

Auch in den Projektgruppen wurden 2001 vielfältige Fragen behandelt. Die Gruppe „Öffentlichkeitsarbeit“ hat sich neben kleineren Projekten vor allem mit dem Projekt „Knowledge Management“ beschäftigt (Bericht 3.2). Die Koordination der Gruppe „Mikrobiologie“ erfolgte vor allem bilateral zwischen FAL und FiBL, weil zur Zeit an keiner weiteren Forschungsanstalt bodenbiologisch geforscht wird. Die Arbeiten betrafen sowohl methodische Fragen wie auch Projektarbeiten (Bericht 3.1). Die Gruppe „Mykorrhiza“ beschäftigte sich intensiv mit der Methode Mykorrhiza-Infektionspotential in Landwirtschaftsböden, die in einem Ringversuch getestet, überarbeitet und nun publiziert wurde. Die Bereinigung und Publikation von Methoden zur Extraktion und Bestimmung der Regenwürmern war auch zentrales Thema der Gruppe „Bodenfauna“. Die Gruppe „Langzeitbeobachtung“ schliesslich beschäftigte sich weiter mit dem NABO-Projekt „Langzeitbeobachtung Bodenphysik/Bodenbiologie“ sowie mit einer Umfrage bei den kantonalen Bodenschutzfachstellen.

Die VBB kann auf ein weiteres erfolgreiches Tätigkeitsjahr zurückblicken. Die Vielfalt der Themen zeigt, dass die Zusammenarbeit und Koordination innerhalb der VBB weiterhin wichtig ist. Der vermehrte Einbezug der Boden-

biologie in den bodenschützerischen Vollzug und die Langzeitbeobachtung wird dabei ein wichtiges Anliegen sein.

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) J. Burri (LU) C. Maurer-Troxler (BE) 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. Laczó (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) J. Jansa (ETH) C. Maurer-Troxler (BE) P. Mäder (FiBL) 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 	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) J. Burri (LU) U. Gasser (ZH) C. Maurer-Troxler (BE) H.-R. Oberholzer (FAL) F. Okopnik (AG) G. Schmid (SG) 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, BUWAL

Vor 10 Jahren startete die Aktion "Gesunde Gärten - Gesunde Umwelt". Die verschiedenen Dokumente zur Aktion sind nach wie vor beim Dokumentationsdienst des BUWAL (www.umwelt-schweiz.ch/buwal/shop/shop.p) und die vier Merkblätter bei der "Aktion Gsundi Gärten - Gsundi Umwält", Postfach, 8036 Zürich (Tel. 01 463 55 77) erhältlich. Der GartenLehrpfad hat später die Aktion ergänzt und wird weiterhin von verschiedenen Kantonen zur Verfügung gestellt. Informationen zum GartenLehrpfad sind bei den kantonalen Bodenschutzfachstellen erhältlich oder für die deutsche Schweiz bei: Büro Naturnah, Thun (Tel. 033 222 87 25, Fax 033 222 87 27) und für die Westschweiz bei: Centre Pro Natura Champ-Pittet, Action „La Nature au service du Jardin“, Yverdon (Tel. 024 426 93 41, Fax 024 426 93 40).

Die Internetseite www.regenwurm.ch ist von F. Vetter, Schattweid, mit der Unterstützung verschiedener Kantone und des BUWAL ausgebaut und aktualisiert worden. Gegenwärtig erarbeitet die diplomierte Biologin Tamara Zimmermann an der Uni Bern im Rahmen ihrer Fachdidaktik-ausbildung zwei Doppellektionen „Boden und Regenwurm“. Diese sollen, nachdem sie in der Praxis getestet wurden, bis Ende Jahr auf der Internetseite zum Herunterladen zur Verfügung stehen. Die meisten Elemente der Regenwurm-ausstellung 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.

Die Ausstellung „Erlebnis Boden“ war seit Frühjahr 2001 an über 40 Orten in der Deutsch- und in der Westschweiz im Einsatz: im Rahmen von Aktionen in Gemeinden, ergänzt mit Begleitaktivitäten; Sonderschauen an Messen und in Einkaufszentren; Kurzeinsätzen an Tagungen und in Betrieben sowie in Kirchgemeinden zum Schöpfungsthema „Mit gutem Grund“. Sie spricht alle Bodennutzer (Landwirte, Gärtner und Baufachleute) wie auch Konsumentinnen und Bürger an und macht so deutlich, dass Boden-

schutz eine Aufgabe der gesamten Gesellschaft ist. Sie erklärt die Bedeutung und die Notwendigkeit eines gesunden Bodens und motiviert zu bodenschonendem Handeln. Verschiedene Erlebnisobjekte ergänzen die Ausstellung, die in sieben deutschen und zwei französischen Versionen zur Ausleihe bereit steht. Weitere Informationen sind bei den kantonalen Bodenschutzfachstellen oder direkt unter: www.erlebnisboden.ch, Tel. 033 222 87 25 oder Tel. 052 214 04 80 erhältlich.

Die französischsprachige Broschüre „Le sol“ ist im Herbst 2001 erschienen und steht Lehrerinnen und Lehrern für den Unterricht zur Verfügung. Sie ist auch als Lehrmittel für Schüler ab 12 Jahren geeignet. Die Broschüre ist bei CIP Editions, Tramelan für 18.- Franken erhältlich (www.cip-tramelan.ch, rubrique "Services et prestations"; Tel. 032 486 06 70; Fax 032 486 06 07). Die Fondation suisse d'Education pour l'Environnement, Neuchâtel (FEE; www.educ-envir.ch/fr/web/index.asp, rubrique "Actuel") ergänzt dieses Angebot demnächst mit einem dazu passenden Bodenkoffer. In deutscher Sprache ist die Unterrichtsmappe „Boden – erleben – erforschen – entdecken“ weiterhin 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 und auch als Lehrmittel für Schüler geeignet.

Die Gruppe „Öffentlichkeitsarbeit“ legt gegenwärtig ihren Schwerpunkt auf das Projekt „Knowledge Management“. Mit diesem bezweckt sie einen verbesserten Informations- und Erfahrungsaustausch innerhalb der Bodenschutzfachstellen der Kantone und dem BUWAL (vgl. Ausgewählte Projekte - Bericht 3.2). Das Projekt wird von Ernst & Young begleitet. Eine Plattform auf dem Internet und ein entsprechendes Massnahmenpaket soll die Basis für den Wissensaustausch bilden.

2.2. Projektgruppe Mikrobiologie

Hans-Rudolf Oberholzer, FAL

Die Mitglieder der Projektgruppe Mikrobiologie waren im laufenden Jahr sehr stark an Arbeiten

von andern Projektgruppen beteiligt. Sie arbeitete an der Ringuntersuchung zur Erfassung des Mykorrhiza-Infektionspotentials mit und unterstützte das Pilotprojekt „Langzeituntersuchungen Bodenbiologie/Bodenphysik“. Die Koordination und Absprache von laufenden Mikrobiologie-Projekten zwischen den beteiligten Institutionen wurde bilateral wahrgenommen.

2.3. Projektgruppe Mykorrhiza

Simon Egli, WSL

Die Projektgruppe Mykorrhiza befasste sich im vergangenen Jahr nochmals intensiv mit der Referenzmethode zur Bestimmung des Mykorrhiza-Infektionspotentials in Landwirtschaftsböden. Zur Prüfung der Methode wurde ein Ringversuch durchgeführt. Auf eine Ausschreibung im Frühjahr meldeten sich fünf Teilnehmer: drei Forschungsanstalten, eine Universität und ein privates Labor beteiligten sich am Versuch. Es wurden fünf Böden aus einer Schiessanlage im Kanton SG, die unterschiedlich stark mit Schwermetallen belastet waren, miteinander verglichen. Probenahme und Versand der Böden sowie die Auswertung des Ringversuchs durch das Botanische Institut der Universität Basel (V. Wiemken und T. Boller) wurden durch einen Beitrag des BUWAL finanziert. Aufgrund der Erfahrungen aus dem Ringversuch konnten letzte methodische Anpassungen vorgenommen werden. Die Auswertung der Ergebnisse des Ringversuchs zeigt, dass die Methode relativ anspruchsvoll ist, vor allem bezüglich der mikroskopischen Ansprache der Mykorrhizastrukturen. Trotz Differenzen zwischen den einzelnen Labors wurden die fünf Böden von allen Ringversuch-Teilnehmern in derselben Reihenfolge klassiert.

Die Methode ist inzwischen in den Schweizerischen Referenzmethoden der Eidg. Landwirtschaftlichen Forschungsanstalten publiziert und ergänzt dort die bisherigen bodenbiologischen Methoden. Wir hoffen, dass die Methode zur Bestimmung des Mykorrhiza-Infektionspotentials nun in der Praxis rege benutzt wird. Die VBB-Projektgruppe Mykorrhiza steht für Fragen betreffend der Anwendung der Methode jederzeit beratend zur Verfügung.

2.4. Projektgruppe Fauna

Claudia Maurer-Troxler, Abteilung Umwelt und Landwirtschaft, Kt. Bern

Die Methodenbeschreibung zur Regenwurm-Extraktion wurde nach der Stellungnahme verschiedener Experten überarbeitet und ergänzt. Anschliessend wurde sie der „Arbeitsgruppe Referenzmethoden“ der FAL zugestellt. Diese bearbeitete die Beschreibung redaktionell und verlangte die Beschränkung auf die Formalin-Methode mit der Erwähnung, dass mit Senfpulverlösung vergleichbare Daten erzielt werden können. Seit Februar stehen die folgenden Methodenbeschreibungen im Referenzmethodenhandbuch Band 2 zur Verfügung:

- RM-ERL: Ergänzung zu den Erläuterungen, Kap. 3: Bodenzoologische Untersuchungen
- B-RW-E: Extraktion von Regenwürmern (Lumbricidae) mittels Formalinlösung
- B-RW-H: Extraktion von Regenwürmern (Lumbricidae) mittels Handauslese
- B-RW-B: Bestimmung der Regenwurmpopulation (Biomasse, Abundanz).

Die Projektgruppe Fauna wird sich jetzt mit der Ablage der Daten in einer gemeinsamen Datenbank befassen.

2.5. Projektgruppe Langzeitbeobachtung

Guido Schmid, Amt für Umweltschutz, Abteilung Umweltressourcen, St. Gallen

Stand des FAL-Projekts „Langzeitbeobachtung Bodenphysik / Bodenbiologie“

Die FAL Reckenholz führte die Untersuchungen zur Langzeitbeobachtung biologischer Bodeneigenschaften im vergangenen Jahr fort. Die Anzahl Probenahmeorte wurde von 37 Graslandstandorten im Jahr 2000 auf 6 Standorte (3 Äcker und 3 Grasland) gekürzt. Beprobte wurde in den Tiefen 0-10 cm, 10-20 cm (nur Graslandstandorte) und 0-20 cm. Untersucht wurden die gleichen Parameter wie im Jahr 2000 – Basal-atmung, mikrobielle Biomasse, Körnung und pH-Wert. Die Kürzung der Untersuchung auf nur noch 6 Standorte erfolgte zugunsten eines intensivierten Beprobungsmusters. Beprobte

wurde neu gemäss NABO-Konzept (10 x 10m Probefläche, 25 Einstiche, vierfache Wiederholung). Dadurch wird eine bessere Validierung der Untersuchungsmethoden erwartet.

Umfrage zum Stand der KABO's

Ende 2000 erfolgte bei den Bodenschutzfachstellen der Kantone eine Umfrage zum Stand der kantonalen Langzeitbeobachtungsnetze (KABO's) bzw. zum Einbezug von biologischen und physikalischen Parametern. 19 Kantone haben geantwortet. Von diesen verfügen lediglich deren 9 über ein KABO. Erwartungsgemäss haben vor allem die kleineren Kantone kein eigenes KABO. Grund sind einerseits fehlende Finanzen und andererseits die Abstützung auf das nationale Langzeitbeobachtungsnetz (NABO).

Biologische Parameter werden zur Zeit nur bei den KABO's der Kantone Bern und Freiburg, physikalische Parameter nur beim KABO Bern gemessen. Bei fünf weiteren Kantonen ist der Einbezug von biologischen bzw. physikalischen Parametern ins KABO geplant bzw. denkbar. Bedingung ist allerdings die Verfügbarkeit von repräsentativen, einfach zu erhebenden und kostengünstigen Verfahren.

Wie dem vorliegenden Bulletin zu entnehmen ist, laufen die Arbeiten zur Standardisierung verschiedenster Methoden zur Bestimmung biologischer Bodeneigenschaften auf Hochtouren. Auch die Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Bodenbiologie in der Langzeitbeobachtung sind weit fortgeschritten – der Einzug der Bodenbiologie in die Langzeitbeobachtung steht also kurz bevor. Bleibt zu hoffen, dass möglichst viele Kantone mitmachen!

3. Ausgewählte Projekte der VBB

3.1. Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Bodenmikroorganismen

Paul Mäder, Stefan Peng und Andreas Fliessbach, FiBL, Ackerstrasse, CH-5070 Frick

In den letzten Jahrzehnten hat der verbreitete Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Öffentlichkeit zu Bedenken über mögliche negative Einflüsse auf die Bodenfruchtbarkeit geführt. Um die ökologischen Auswirkungen von Pestiziden und ihren Metaboliten im Boden nachzuweisen, werden Mikroorganismen als Indikatoren der Bodenfruchtbarkeit herangezogen.

Die Untersuchungen über Effekte von einzelnen Pestiziden auf Mikroorganismen sind zahlreich, die Resultate aber widersprüchlich: Teilweise werden hemmende Wirkungen auf mikrobielle Aktivitäten gemessen, teilweise auch fördernde. Auf der Basis von Literaturübersichten wird der Schluss gezogen, dass bei den üblichen Felddosierungen die meisten Pestizide keine signifikanten Langzeiteffekte auf mikrobielle Aktivitäten haben. Demgegenüber sind die Kenntnisse über kombinierte Wirkungen von Pestiziden, wie sie während der Vegetationsperiode oder während einer Fruchtfolge im Feld gespritzt werden, gering. Mischungen und Sequenzen von Pestiziden könnten zur Anhäufung von toxischen Stoffen oder vielleicht zur chemischen Bildung von neuen Substanzen führen, die einen synergistischen Effekt auf die Bodenmikroorganismen ausüben könnten. Ziel dieses Projektes ist, den Einfluss von ausgewählten ackerbaulichen Pflanzenschutzmittel-Spritzfolgen auf die mikrobielle Biomasse, Aktivität und Diversität im Boden zu erfassen.

In einem Modellversuch wurde unter kontrollierten Bedingungen der Einfluss einer Kartoffel-spritzfolge auf Bodenmikroorganismen untersucht. Kartoffeln wurden in Containern in einen Boden (sL) gepflanzt und die Pflanzenbehandlungsmittel wurden in praxisüblicher Aufwandmenge appliziert. Entsprechend einem worst case-Szenario sprühten wir die gesamte Menge des Spritzmittels auf den Boden, ausser beim Krautvernichtungsmittel, wo die Hälfte auf die

Blätter und die andere Hälfte auf den Boden gesprüht wurde. Der Spritzplan wurde in Zusammenarbeit mit Mitarbeitern des BUWAL und der FAL aufgrund von Erhebungen der Landwirtschaftlichen Beratungszentrale Lindau im Einzugsgebiet der Mittellandseen ausgearbeitet. Insgesamt wurden die Kartoffeln 11 mal gespritzt: zwei Mal Herbizide, acht Mal Fungizide und einmal Insektizid. Zur Krautvernichtung wurde in einer Variante Dinoseb (Super Kabrol) gespritzt, in der anderen Glufosinate (Basta). In der Kontrollvariante wurde jeweils Wasser gesprüht. Jedes Verfahren wurde fünfmal wiederholt – die insgesamt 15 Container wurden zufällig in einem klimatisierten Raum angeordnet. Die Bodenprobenahmen erfolgten in zwei Bodentiefen (0 bis 10 cm und 10 bis 20 cm). Folgende bodenmikrobiologische Messungen wurden 21 Tage und 100 Tage nach der letzten Spritzung durchgeführt: Mikrobielle Biomasse (CFE), Bodenatmung, Dehydrogenaseaktivität, Substratnutzungsvielfalt (Biolog®), sowie die Keimzahl von Bakterien, Algen und Cyanobakterien.

Zum jetzigen Zeitpunkt liegen die Ergebnisse der Kurzzeitmessungen (21Tage) vor. Eine IP-typische Spritzfolge verminderte unter den gegebenen Bedingungen die mikrobielle Biomasse deutlich um 20 bis 50 % (Abb. 1). Die Reduktion war erwartungsgemäss in der oberen Bodenschicht stärker als in der tieferen. Die Spritzfolge mit Super Kabrol, das in der Schweiz noch sehr häufig eingesetzt wird, hatte einen viel stärkeren, negativen Effekt auf die Biomasse als Basta. (Die beiden Spritzfolgen unterschieden sich nur in diesem Mittel.) Die Dehydrogenaseaktivität reagierte sehr ähnlich wie die Biomasse. Die Basalatmung war weniger sensitiv. Das Algenwachstum wurde durch beide Spritzmittel um etwa den Faktor 20 gehemmt. Eine Hauptkomponentenanalyse der Substratverwertungsdaten trennte im Oberboden sowohl die beiden Pestizidspritzfolgen als auch die Wasserkontrolle.

Zusammengefasst ergibt sich, dass die IP-Spritzfolge unter Modellversuchsbedingungen kurzfristig einen deutlich negativen Effekt auf die Mikroorganismen ausübte. Eine weitergehende Beurteilung der Spritzfolgen ist aber erst

möglich, wenn auch die Ergebnisse über die Langzeitwirkungen vorliegen.

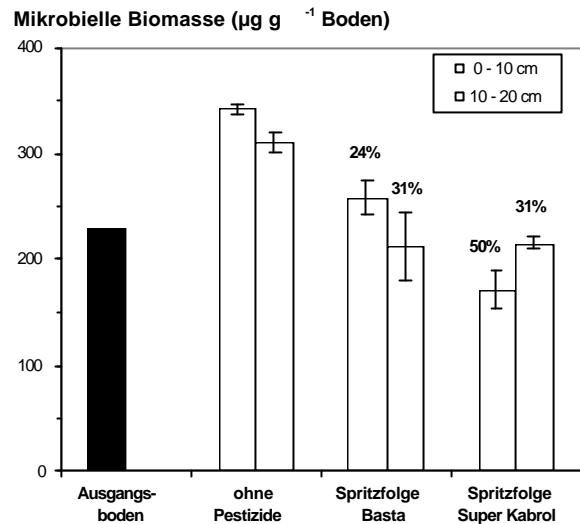


Abb. 1: Mikrobielle Biomasse (C_{mic}) 21 Tage nach der letzten Spritzung in zwei Bodentiefen. Kartoffelspritzfolge mit Basta bzw. Superkabrol zur Krautvernichtung.

Ab 2002 sollen die Untersuchungen drei Jahre lang im Feld durchgeführt werden. Die Fruchtfolge beginnt mit Kartoffel, 2003 soll dann Winterweizen und 2004 Raps angebaut werden.

3.2. „Knowledge Management“ für die Bodenschutzfachstellen des Bundes und der Kantone

R. von Arx, BUWAL, Sektion Boden und allgemeine Biologie, CH-3003 Bern

A. Bodenmann, Ernst & Young AG, Bleicherweg 21, CH-8022 Zürich

Ausgangslage

Seit das USG 1983 und die VSBO 1986 in Kraft getreten sind, haben sich Bund und Kantone sehr viel Bodenschutz-Fachwissen angeeignet. Der gezielte Austausch und die Anwendung dieses ständig zunehmenden Wissens wird aber immer aufwändiger und anspruchsvoller. Teilweise steht es allen Fachstellen zur Verfügung, teils liegt es aber auch nur bei einzelnen Personen und ist so schwer zugänglich. Dies kann dazu führen, dass ähnliche Probleme oft unbewusst mehrfach und unterschiedlich bearbeitet

werden. Dies müssen und wollen die Fachstellen für Bodenschutz (FaBo) angesichts der knappen Ressourcen und wachsenden Aufgaben künftig unbedingt vermeiden. Neun in der Arbeitsgruppe VBB vertretene Fachstellen des Bundes und der Kantone haben sich daher entschlossen, die Möglichkeiten des „Knowledge Management“ zu prüfen. Das BUWAL hat schliesslich die Firma Ernst & Young beauftragt, ein Grobkonzept zur Förderung des Wissensaustausches zwischen den Bodenschutzfachstellen der Kantone und des Bundes mit den Methoden des „Knowledge Management“ zu erarbeiten.

Das Grobkonzept soll auf den Ergebnissen einer Umfrage aufbauen. Diese hat gezeigt, dass die Voraussetzungen für den persönlichen Erfahrungsaustausch durch die regelmässigen Treffen an Fachtagungen gut sind. Verbesserungsmöglichkeiten zeigten sich vor allem bezüglich Austausch und gemeinsamer Nutzung von Grundlagen, Dokumenten und Informationen in elektronischer Form.

Ziele

Hauptziel des Projektes ist, den Wissensaustausch zwischen den FaBo des Bundes und der

Kantone zu verbessern und das vorhandene Fachwissen noch gezielter anzuwenden. Nur so lassen sich Doppelspurigkeiten vermeiden und die knappen Ressourcen optimal einsetzen. Das Fachwissen soll den Akteuren über eine elektronische, einfach zu bedienende Plattform zur Verfügung stehen. Inhalte, Prozesse und Verantwortlichkeiten müssen dazu klar festgelegt werden. Damit soll das FaBo-Netz weiter verdichtet und die Zusammenarbeit optimiert werden. Messmethoden, Interpretationen und Massnahmen lassen sich so weiter vereinheitlichen.

Bisheriges Vorgehen

Auf Anfrage des BUWAL präsentierte Ernst & Young im März 2001 den FaBo erstmals die Möglichkeiten des „Knowledge Management“ anhand ihrer mehrjährigen Erfahrungen. Anfangs September fand ein erster, von Beratern von Ernst & Young moderierter Workshop statt. An diesem diskutierte das Projektteam, bestehend aus den neun Vertreterinnen und Vertretern der FaBo und den Beratern von Ernst & Young, die Hauptaufgaben und wichtigsten Probleme beim Bodenschutz. Aufgrund der Resultate dieser Arbeitssitzung erstellte Ernst & Young einen Katalog von Massnahmen-Vorschlägen, der in einem zweiten Workshop vom Projektteam überarbeitet wurde (Abb. 2).

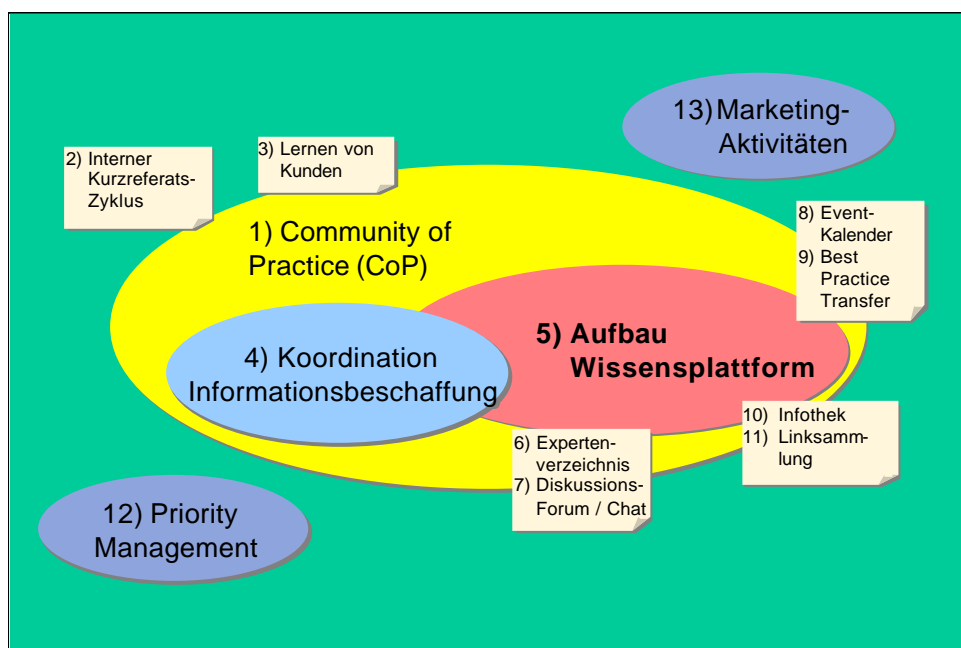


Abb. 2: Übersicht zu den einzelnen Massnahmen-Vorschlägen

Massnahmen

Die vorgeschlagenen 13 möglichen Massnahmen unterstützen jeweils eine Mehrzahl spezifischer Aufgaben der FaBo. Sie reichen von „Lernen von Kunden“ über einen „Eventkalender“ bis zur „Infothek“. Eine elektronische Wissensplattform bildet die Grundlage für die meisten Vorschläge. Beispiele der unterstützten Prozesse umfassen unter anderem Vernehmlassungen, Vollzugsaufgaben und die Erfolgskontrolle. Die Plattform soll in einem ersten Schritt ausschliesslich den kantonalen FaBo und dem BUWAL zur Verfügung stehen. In einer späteren Ausbauphase ist es denkbar, die Plattform auch für andere Umweltschutzfachstellen oder Forschungsinstitutionen zu öffnen (Abb. 3)

Nächste Schritte

Grundsätzlich haben die FaBo ihr Interesse an einer gemeinsamen Wissensplattform bekundet.

Das Projektteam legt gegenwärtig die in einem ersten Schritt zu realisierenden Massnahmen fest. Dabei stellen sich ihm folgende Fragen:

- Projektumfang, d.h. welche Massnahmen sollen in einem ersten Schritt umgesetzt werden?
- Wo soll die Wissensplattform physisch installiert werden, d.h. auf welchem Server - BUWAL - Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter der Schweiz (KVU) - Dritte?
- Kosten und Personalaufwand?
- Beteiligung der kantonalen FaBo; Aufteilung der Kosten?

Eine erste Version der Wissensplattform soll gemäss Projekt im Jahr 2003 den FaBo zur Verfügung stehen. Aufgrund der Erfahrungen mit den in diesem ersten Schritt umgesetzten Massnahmen kann über einen weiteren modularen Ausbau der Wissensplattform diskutiert werden.

Fachbereich Ebene	Landwirtschaft	Bodenschutz	Raumplanung
Bund	Interdisziplinäre CoP (3)		
Kantone	CoP der FaBo (1)		
Private	Erweiterte CoP (2)		

Abb. 3: Die Wissensplattform der Community of Practice (CoP) soll in einem ersten Schritt den Informationsfluss innerhalb der Fachstellen für Bodenschutz der Kantone und des Bundes fördern (1). Bei einem späteren Ausbau kann ein weiterer Teilnehmerkreis (2 und/oder 3) einbezogen werden.

4. Forum

4.1. Risikoindikatoren für den Einfluss von Pflanzenschutzmitteln auf terrestrische Systeme

Gabriela S. Wyss, FiBL, Ackerstrasse, CH-5070 Frick

Warum braucht es Indikatoren?

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) in der Landwirtschaft kann die Umwelt gefährden. In verschiedenen europäischen Ländern werden deshalb Anstrengungen unternommen den Einsatz von Pestiziden und demzufolge auch deren Risiken zu minimieren. Die OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) bietet ihren Mitgliedstaaten, hierzu gehört auch die Schweiz, eine Plattform, um solche Themengebiete zu diskutieren und Projekte unter den Ländern ins Leben zu rufen (Projekte müssen auch von den Ländern finanziert werden).

Risiken, die mit dem Einsatz von PSM verbunden sind, hängen von Faktoren wie der Anwendungsmenge und dem Anwendungszeitpunkt des PSM, dessen Umweltverhalten, sowie der Toxizität auf Nicht-Zielorganismen ab. Risikoindikatoren können als politisches Instrument dienen

- zur Abschätzung von Risiken, welche mit dem Einsatz von PSM verbunden sind, und der Festlegung gezielter Massnahmen verwendet werden aber auch,
- zur Identifizierung von Schwachstellen (Vergleich zwischen Pestizidgruppen, wie z. B. Organophosphate *versus* Pyrethroide),
- zur Analyse von Trends,
- zur Abschätzung von Auswirkungen von Lenkungsmassnahmen, oder
- zum Vergleich von Produktionssystemen hinsichtlich deren Umweltrisiken.

Die Indikatoren umfassen Eigenschaften von Pestiziden, Anwendungsdaten (aktuelle Verbrauchsdaten wenn erhältlich, sonst Verkaufszahlen von PSM), Applikationsinformationen

sowie Umweltfaktoren und berechnen Risikoindexe. Die relativen Risikowerte werden durch die Berechnung vom Verhältnis Exposition zu Toxizität geschätzt.

Erste Erfahrungen mit OECD-Risikoindikatoren für Fließgewässer (ARI's)

Innerhalb des OECD Programmes zur Reduktion von Pestiziden wurde 1998 ein Projekt zur Entwicklung von Risikoindikatoren für das Kompartiment Fließgewässer initiiert (ARI's). Dabei wurden drei Indikatoren, REXTOX, ADSCOR und SYSCOR, zur Abschätzung des relativen Risikos von PSM aus der Landwirtschaft auf Organismen von Fließgewässern entwickelt.

Während im Falle von Fließgewässern alle Indikatoren Toxizität gegenüber Algen, Daphnien und Fische umfassen, unterscheiden sie sich jedoch in der Art und Weise, wie die Risiken berechnet werden (mechanistische Modelle *versus* Verteilung von Punkten). Erste Erfahrungen mit diesen Indikatoren hat die Schweiz in einem Pilotprojekt zusammen mit anderen Ländern gewonnen. Die EAWAG und die FAW haben innerhalb eines Auftrags des BUWAL und des BLW diese Indikatoren anhand von Anwendungsdaten aus den Gebieten des Greifen-, Murten- und Baldeggersees auf ihre Brauchbarkeit, Gültigkeit und Akzeptanz als „politisches Instrument“ getestet. Die Resultate dieses Validierungsprozesses können im entsprechenden Abschlussbericht nachgelesen werden (Swiss Final Report on the Validation of OECD Pesticide Aquatic Risk Indicators (2001). Marianne E. Balmer, FAW und Silvia Frey, EAWAG; erhältlich bei Roland von Arx, BUWAL).

Erschliessung von weiteren Umweltkompartimenten: Terrestrische Risikoindikatoren

Aufgrund des grossen Interesses an der Arbeit mit Risikoindikatoren formierte sich im November 2000 die OECD-Diskussionsgruppe Terrestrische Risikoindikatoren unter Federführung der Schweiz. Bei terrestrischen Indikatoren wird die Toxizität gegenüber terrestrischen Organismen, wie Regenwürmer, Säuger, Vögel etc. oder eine generelle terrestrische Belastung verrechnet unter weiterer Berücksichtigung von

Parametern, welche für das terrestrische Kompartiment relevant sind.

Die Gruppe stellte einen Überblick über bereits vorhandene terrestrische Indikatorenanwendungen zusammen, worin die Unterschiede zwischen den Indikatoren hervorgehoben und Vor- sowie Nachteile festgehalten wurden. In diesem „Report of the OECD Discussion Group on Terrestrial Risk Indicators of the Working Group on Pesticides“ (erhältlich bei Gabriela Wyss, FiBL) kann nachgelesen werden, dass zur Zeit 13 terrestrische Indikatorenanwendungen aus Mitgliedstaaten der OECD in der Entwicklung sind oder in den entsprechenden Ländern bereits zur Anwendung kommen. Davon werden 9 zur Berechnung von Risikotrends auf nationaler Ebene eingesetzt (Tab. 1). Die restlichen werden auf Betriebsebene oder zu wissenschaftlichen Zwecken verwendet.

Erst kürzlich wurde der durch die Diskussionsgruppe erarbeitete Projektvorschlag für ein zweijähriges Projekt zur Handhabung von terrestrischen Indikatoren durch eine Experten-Gruppe der OECD gutgeheissen. Zielsetzungen dieses Projektes umfassen

- die Auswahl und das Testen von 3-4 bereits vorhandenen terrestrischen Indikatorenanwendungen aus Tab. 1 durch eine kleinere Gruppe von OECD-Mitgliedstaaten,
- die Zusammenstellung und den Gebrauch der geeigneten Eingabedaten
- die Verbesserung der Visualisierung von Risikotrends, sowie
- die Anpassung eines bereits vorhandenen Computerprogrammes mit den neusten Erkenntnissen.

Alle hier aufgeführten Indikatoren sollen Risikotrends auf nationaler Ebene berechnen können.

Es ist selbstverständlich, dass die Erkenntnisse aus dem vorangegangenen Projekt über Fließgewässer-Indikatoren intensiv genutzt und in dieses Projekt einfließen sollen.

Tab. 1: Risikoindikatoren für das terrestrische Kompartiment.

	Indikator	OECD Mitgliedstaat	Literatur
1	Threshold Approach	Grossbritannien (UK)	Hart, 1998
2	Frequency of Application	Dänemark (DK)	Clausen, 1998
3	Index of Load	Dänemark (DK)	Clausen, 1998
4	Norwegian Environ. Risk Indicator	Norwegen (N)	NAIS, 2000
5	Indicator Soil	Niederlande (NL)	Luttik & Kalf, 1998
6	Indicator Terrestrial Compartment	Niederlande (NL)	Luttik & Kalf, 1998
7	SYNOPS_2	Deutschland (D)	Gutsche & Rossberg, 1997a,b und 1998
8	Pesticide Risk Index for Hypogean* Soil Systems	Italien (IT I.)	Finizio <i>et al.</i> , 2001
9	Pesticide Risk Index for Epygean** Soil Systems	Italien (IT II.)	Finizio <i>et al.</i> , 2001

* betrifft Bodenbereich gleich unter der Oberfläche

** betrifft Bodenbereich gleich oberhalb der Oberfläche

Beispiel eines einfachen Indikators:

„Index of Load“ (Dänemark; Clausen, 1998)

$$\text{Index of Load} = \frac{\sum (\text{kg a.i.}_{ij} / \text{TOX})_i \times 1000}{\text{ha}_i}$$

[kg a.i.]: Verkaufte Gesamtmenge eines Wirkstoffes pro Jahre, basierend auf der Information der Verkaufsdaten von Produkten durch die Chemische Industrie;

TOX: Angabe zur Toxizität;

[ha]: Gesamtfläche in Dänemark, welche durch den Wirkstoff behandelt wurde;

i=bestimmter Wirkstoff eines Pestizids;

j=ein bestimmtes Jahr;

für vereinfachte Berechnung wird der Indikator mit 1000 multipliziert.

Beispiel eines komplexen, umfassenden Umweltindikators:

„Environmental Risk Index“ (Norwegen; NAIS, 2000)

$$\text{Environmental risk index} = (T + A + L + 2P + B + 1)^2$$

T= Punkte für unerwünschte terrestrische Einflüsse

A= Punkte für unerwünschte aquatische Einflüsse

L= Punkte für das Leaching Potential

P= Punkte für Persistenz

B= Punkte für die Bioakkumulation; wird errechnet aus der Persistenz eines Wirkstoffes im Boden und seiner Halbwertszeit zur entsprechenden Reinigung im Boden.

Die Zahl 1 ist der Summe beigelegt, damit auch der Gebrauch von Pestiziden, welche keine Punkte bekommen, nach wie vor bezüglich Umweltisrisiko erfasst werden kann.

Clausen, H. (1998): „Ændringer i bekæmpelsesmidlerne egenskaber fra 1981-1985 frem til 1996,” Rep. No. 223. Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser, Copenhagen.

Finizio, A., Calliera, M. und Vighi, M. (2001): Rating system for pesticide risk classification on different Ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 49, 262-274.

Gutsche, V. und Rossberg, D. (1997a): Die Anwendung des Modells SYNOPS 1.2 zur synoptischen Bewertung des Risikopotentials von Pflanzenschutzmittelwirkstoffgruppen für den Naturhaushalt. *Nachrichtendienst des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 49, 273-285.

Gutsche, V. und Rossberg, D. (1997b): Synops 1.1: a model to assess and to compare the environmental risk potential of active ingredients in plant protection products. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 64, 181-188.

Gutsche, V. und Rossberg, D. (1998): SYNOPS_2. In „Integrated Pest Management Measurement Systems Workshop“ (E. Day, ed.), pp. 99-113. American Farmland Trust, Chicago, Illinois.

Hart, A., Wilkinson, D., Thomas, M. und Smith, G. (2000): „DETR Aquatic Risk Indicators Project: Report on evaluation of threshold and profile approaches,” Central Science Lab, York.

Luttik, R. und Kalf, D. F. (1998): „Acute aquatic risk indicator for pesticides,” Rep. No. No.607504006. National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven, The Netherlands.

NAIS (2000): „Pesticide risk indicators for health and environment - Norway,” Rep. No. Version 3. Norwegian Agricultural Inspection Service, Ås, Norway.

4.2. Regenwurmerhebungen der Bodenbeobachtung des Kantons Bern

Auswertung der Regenwurm-Biomassen der Erstbeprobungsphase 1994-2000

Claudia Maurer-Troxler, Abteilung Umwelt und Landwirtschaft, Rütli, CH-3052 Zollikofen

Die Abteilung Umwelt und Landwirtschaft (AUL) des Kantons Bern betreibt ein thematisch breit angelegtes Bodenbeobachtungsnetz (KABO) mit dem Schwerpunkt auf landwirtschaftlich genutzten Böden. An insgesamt 19 Standorten im Berner Mittelland werden auf je einer Natur- und Ackerfläche verschiedene chemische, physikalische und biologische Parameter erhoben. Die Ergebnisse der ersten 10 Standorte wurden 1997 publiziert (BSF 1997) und im VBB-Bulletin Nr. 3 beschrieben (VBB-Bulletin 3/1999).

Im Folgenden werden die Biomassen der Regenwurmpopulationen für die Erstbeprobungsphase aller 19 Standorte dargestellt und diskutiert.

Die in Ackerland und Dauergrünland vorkommenden Regenwurmartens lassen sich in drei ökologische Gruppen einteilen, welche sich bezüglich ihrer Lebensform, ihrer Ansprüche und ihrer Auswirkungen auf die Bodenstruktur grundsätzlich unterscheiden:

- **Epigäische Arten:** kleine, stark pigmentierte Würmer, die in der Streuauflage bzw. den obersten Zentimetern des Bodens leben und sich von wenig zersetztem organischem Material ernähren.
- **Endogäische Arten:** kleine bis mittelgrosse, nicht oder kaum pigmentierte Arten, welche im Wurzelbereich des Bodens leben. Sie ernähren sich von der im Boden vorhandenen organischen Substanz, die zusammen mit mineralischen Bestandteilen aufgenommen wird. Es entsteht dabei ein vor allem horizontal ausgerichtetes, nicht dauerhaftes Gangsystem, welches zum Teil mit Losungen gefüllt wird.
- **Anözische Arten:** grosse pigmentierte Regenwürmer, welche tiefe, bis in den Unterboden reichende, vertikale Gänge graben, die sie mit Losungen tapezieren und mehrere Jahre lang bewohnen können. Sie

ernähren sich von Streu, welche sie an der Bodenoberfläche sammeln und in die Röhren hineinziehen; der Kot wird sowohl in den Gängen als auch an der Bodenoberfläche abgelegt.

Bei der Auswertung der Regenwurmhebungen wurde sowohl die Gesamtbiomasse als auch die Biomassen der ökologischen Gruppen berücksichtigt. Unter den anözischen Arten wurde *Lumbricus terrestris* gesondert betrachtet, weil er sich im Gegensatz zur Gattung *Nicodrilus* bei Frost und Trockenheit nicht aufrüllt, sondern in tiefere Bodenschichten zurückzieht.

Als Referenzwert für die Beurteilung der Regenwurmpopulationen in den **Naturwiesen** dient die Studie „Die Regenwurmfauna von Dauergrünland des Schweizer Mittellandes“ (Ök CONSULT-Cuendet 1997). Die Hälfte der darin beprobten 91 Standorte weist eine Regenwurm-Gesamtbiomasse zwischen 250 und 400 g/m² auf, der Median liegt bei 301 g/m². Neun der im Rahmen des KABO beprobten Naturwiesen weisen

vergleichbare Werte auf, an neun Standorten wurden tiefere und an einem Standort höhere Werte beobachtet (Abb. 4). Die durchschnittlichen Biomassen der vier ökologischen Gruppen liegen ebenfalls im Bereich der Referenzwerte.

Für **Ackerflächen** existieren keine Referenzwerte. Die Regenwurm-Erhebungen auf den Ackerflächen erfolgten jeweils im ersten Hauptnutzungsjahr der Kunstwiese. Die Regenwurmpopulation kann sich während der Kunstwiesenperiode deutlich regenerieren (Jossi et al. 2001). Die erhobenen Werte sind deshalb wahrscheinlich höher als sie für offene Ackerflächen zu erwarten sind.

Der **Vergleich von Naturwiese und Ackerfläche** zeigt für die Gesamtbiomasse an 9 von 19 Standorten auf der Naturwiese statistisch gesichert höhere Werte als auf der Ackerfläche, das Gegenteil ist nur an einem Standort (Uettligen) der Fall und bis jetzt nicht interpretierbar (Abb. 4).

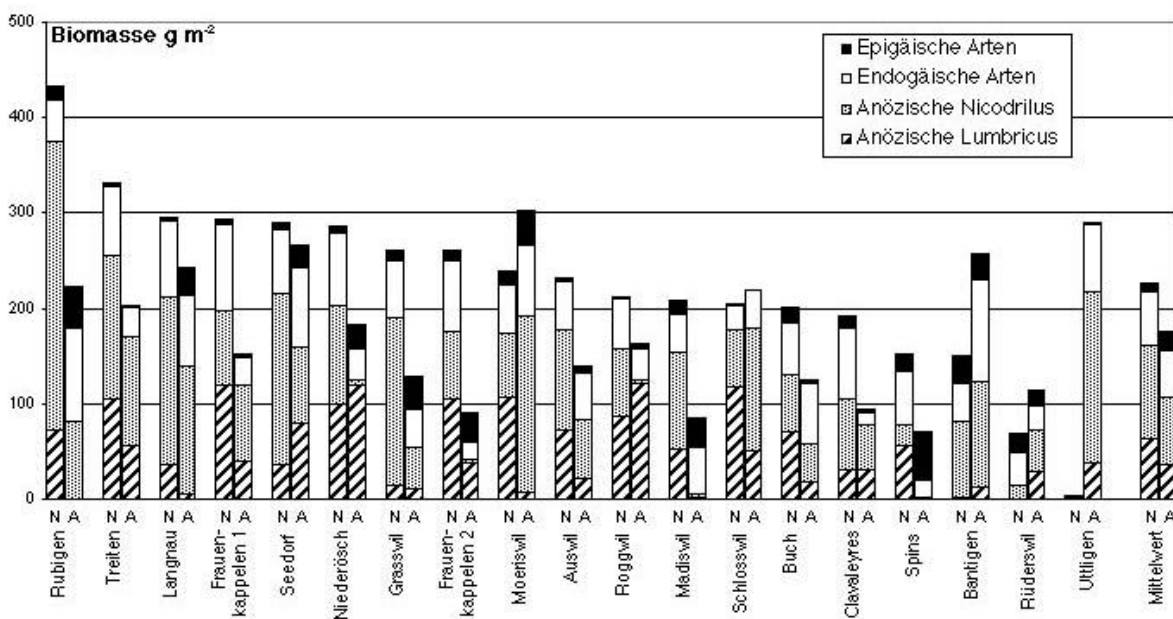


Abb. 4: Regenwurm-Biomassen von je 19 Naturwiesen (N) und Ackerflächen (A). Erstbeprobung im Rahmen der Bodenbeobachtung des Kantons Bern zwischen 1994-2000.

Der **Anteil der ökologischen Gruppen** ist unterschiedlich: In den Ackerflächen sind weniger Tiefgräber, v.a. *Lumbricus*, zu finden als in den Wiesen. Sobald der Boden bearbeitet wird, werden die anözischen Arten dezimiert. Die Tiere werden durch den Pflug oder andere Bodenbearbeitungsmaschinen direkt getötet. Schwerwiegender jedoch ist die regelmässig wiederkehrende Zerstörung ihrer Gänge im Oberboden durch die Bodenbearbeitung und die Druckbelastung durch schwere Geräte. Zwar bleiben die stabilen Röhren im Unterboden über Jahre intakt, aber die Verbindung zur Bodenoberfläche wird unterbrochen. Ein Rückzug ist für die Tiere unmöglich und Wasser und Luft werden nicht mehr in die Tiefe geleitet. Damit fliesst ein Grossteil des Regenwassers oberflächlich weg (Erosion). Einige wenige intakte vertikale Wurmröhren pro Quadratmeter würden jedoch ausreichen, um beträchtliche Niederschlagsmengen in die Tiefe abzuleiten (Bäumer 1995). Es besteht also ein direkter Zusammenhang zwischen intakten, stabilen vertikalen Regenwurmröhren und dem Wasserhaushalt des Bodens. Weil die Biomasse der anözischen Arten nicht direkt mit den funktionsfähigen Röhren verglichen werden kann – die Röhren bleiben auch nach dem Tod der Tiere einige Jahre bestehen (Edwards 1996) – konnte keine direkte Korrelation zwischen den Regenwurmbiomassen und den Infiltrationsraten gefunden werden.

Im Gegensatz zu den anözischen sind die epigäischen Arten in 10 der 19 untersuchten Standorten im Acker mit signifikant höheren Biomassen zu finden als in den Naturwiesen. Als Nahrungskonkurrenten profitieren hier die Streubewohner von der geringeren Menge Tiefgräber. Bei grossem Streuanfall – die Kunstwiese wird häufiger geschnitten als die Naturwiese – vermehren sie sich sehr schnell.

Bei den endogäischen Arten wurden keine Unterschiede zwischen Naturwiesen- und Ackerflächen gefunden.

Die Darstellung und Diskussion aller physikalischen und biologischen Daten wird im 2. Bericht „Bodenbeobachtung im Kanton Bern: Ergebnisse der Erstbeprobungsphase“ im Verlaufe des Jahres 2002 veröffentlicht.

- Bäumer, K. (1995): Ökologische Aspekte der Bodenbearbeitung. In: Zeitgemässe Bodenbearbeitungssysteme – verfahrenstechnisch effizient, ökologisch präzise. Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Bauwesen Hessen, Bericht Nr. 62. Bodenschutzfachstelle (BSF) des Kantons Bern (1997): Bodenbeobachtung im Kanton Bern. Ein physikalisch-biologisch-chemischer Ansatz. Edwards C. A. und Bohlen P. J. (1996): *Biology and Ecology of Earthworms*. 3. Auflage. Chapman and Hall, London.
- Jossi W., Valenta A., Zihlmann U. und Dubois D. (2001): Burgrain: Einfluss unterschiedlicher Anbausysteme auf die Regenwurmfaua. *Agrarforschung* 8 (2), 60 – 65.
- Ökonsult-Cuendet, G. (1997): Die Regenwurmfaua von Dauergrünland des Schweizer Mittellandes. BUWAL, Schriftenreihe Umwelt Nr. 291.
- VBB Vollzug Bodenbiologie (1999): Bulletin Nr. 3. Bezug FiBL, CH-5070 Frick.

4.3. Einsatz von Bodenbakterien für den Pflanzenschutz

Christoph Keel, Laboratoire de Biologie microbienne, Université de Lausanne, CH-1015 Lausanne; christoph.keel@lbn.unil.ch

Die Wurzeln unserer Kulturpflanzen werden häufig von schädlichen Pilzen befallen, welche Auflaufkrankheiten, Fäulen und Welken und damit erhebliche Ertragsausfälle verursachen. Die Bekämpfung solcher bodenbürtiger Pflanzenkrankheiten gestaltet sich sehr schwierig. Eine Massnahme ist die Einhaltung einer angepassten Fruchtfolge, jedoch ist diese Massnahme allein häufig zu wenig effizient. Herkömmliche mechanische und chemische Bekämpfungsmethoden sind oft ungenügend wirksam, und die eingesetzten Pestizide können die Umwelt und öffentliche Gesundheit ernsthaft gefährden. Es besteht deshalb ein klares Bedürfnis nach alternativen, umweltverträglichen Methoden zur Bekämpfung von bodenbürtigen Pflanzenkrankheiten. Eine faszinierende Perspektive für die Zukunft bietet deren biologische Bekämpfung mit Hilfe nützlicher Bodenbakterien. Das besondere Augenmerk verschiedener Forschungsgruppen gilt dabei den fluoreszierenden Pseudomonaden, einer verbreiteten und sehr vielseitigen Gruppe von Bakterien,

welche in der Umwelt eine Vielzahl von ökologischen Nischen besetzen.

In Zusammenarbeit mit der Gruppe von Frau Prof. Défago am Institut für Pflanzenwissenschaften der ETH Zürich untersucht das Laboratoire de Biologie microbienne seit mehreren Jahren ein besonders wirksames Bakterium der Art *Pseudomonas fluorescens*. Der Westschweizer Boden, aus welchem das Bakterium isoliert wurde, war durch seine dauerhafte, natürliche Resistenz gegen eine Wurzelfäule des Tabaks aufgefallen. Es stellte sich heraus, dass in diesem Boden solche Bakterien mit dafür sorgen, dass die Pflanzen nicht von der Pilzkrankheit befallen werden. Wirklich interessant wurde es, als der krankheitsunterdrückende Effekt in anderen pilzverseuchten Böden nachgeahmt werden konnte. Gewächshaus- und Feldversuche zeigten nämlich, dass das Bakterium nach Zugabe zum Boden die Wurzeln verschiedenster Kulturpflanzen wie Weizen, Mais, Tabak, Tomate und Gurke rasch besiedelt und diese effizient vor einer ganzen Reihe von pilzlichen Schaderregern schützt.

Die krankheitsunterdrückende Wirkung von *Pseudomonas fluorescens* beruht auf dem komplexen Zusammenspiel verschiedener Mechanismen. Eine Grundvoraussetzung ist die Fähigkeit des Bakteriums, Pflanzenwurzeln rasch und aggressiv zu besiedeln. Es ernährt sich dabei von den Wurzelausscheidungen und produziert eine ganze Anzahl biologisch aktiver Metaboliten, darunter antibiotisch wirksame Stoffe, Eisenchelatoren, Pflanzenhormone, Enzyme und Exopolysaccharide. Ein Teil dieser Metaboliten dient dem Bakterium dazu, sich in der Wurzelumgebung Fressfeinde und unerwünschte Konkurrenten um Nahrung und Platz vom Leibe zu halten, darunter sicher auch Schadpilze. Mit Hilfe aufwändiger, molekulargenetischer und biochemischer Methoden gelang der Nachweis, dass zwei breitwirksame, pilzhemmende Metaboliten, welche das Bakterium ausscheidet, hauptverantwortlich für dessen Wirkung gegen Wurzelkrankheiten sind. Die produzierte Menge und die Wirksamkeit dieser Pilzhemmer wird dabei von vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Bakterium, Kulturpflanze, Krankheitserreger und Bodenökosystem beeinflusst. Das Bakterium schützt jedoch

Pflanzen nicht nur, indem es Krankheitserreger direkt hemmt. Es kann, vermutlich über bestimmte Signalstoffe, Pflanzen auch dazu veranlassen, sich selbst gegen Erreger zu wehren. Dies zeigte sich bei Pflanzen, deren Wurzeln das Bakterium besiedelt hatte und deren Blätter vor einem Krankheitsbefall geschützt wurden, obwohl das Bakterium mit den Erregern nie in direkten Kontakt gelangt war.

Das Überleben und die biologische Aktivität von *Pseudomonas fluorescens* in der Wurzelumgebung und im Boden wird durch eine Vielzahl biotischer und abiotischer Umweltfaktoren beeinflusst. Im Brennpunkt der aktuellen Forschung steht die Untersuchung von Strategien und Regulationsmechanismen, mit welchen die Bakterien sich dieser Herausforderung stellen. Besonders faszinierend ist die Erkenntnis, dass die Bakterien eine Art „Sprache“ entwickelt haben, mit welcher sie untereinander, aber auch mit Ihrer Umwelt kommunizieren. Innerhalb der Bakterienpopulation geschieht dies über den Austausch von spezifischen Signalmolekülen, die es den einzelnen Bakterienzellen erlauben, ihr Verhalten zu koordinieren und wie ein mehrzelliger Organismus zu reagieren. So organisieren sich die Bakterien auf der Wurzeloberfläche in Kleinstkolonien, in welchen die Signalmoleküle mit zunehmender Populationsdichte bis zu einer kritischen Konzentration akkumuliert werden. Dies wirkt dann als Auslöser etwa für die Produktion pilzhemmender Stoffe in einer lokal hochwirksamen Menge. Einige dieser Signalmoleküle erlauben es den Bakterien gar, über die Artgrenzen hinaus mit anderen wurzelbesiedelnden Bakterien zu kommunizieren. Signalaustausch spielt aber auch bei der bakteriellen Interaktion mit Schadpilzen und Wirtspflanzen eine wichtige Rolle. So blockiert etwa der Welkepilz *Fusarium oxysporum* in einer Art Selbstverteidigungsreaktion mittels eines Toxins die Produktion der pilzhemmenden Stoffe durch das Bakterium und beeinträchtigt damit dessen Pflanzenschutzwirkung massiv. Es zeichnet sich ab, dass noch eine ganze Anzahl weiterer Pilz-, Pflanzen- und Bakterienmetaboliten ähnliche Auswirkungen haben kann. Dies zeigt wie wichtig es ist, den Signalaustausch zwischen nützlichem Bodenbakterien und Wurzelumgebung zu verstehen,

um aus den gewonnenen Erkenntnissen deren Effizienz im Pflanzenschutz im Hinblick auf eine kommerzielle Anwendung gezielt zu verbessern.

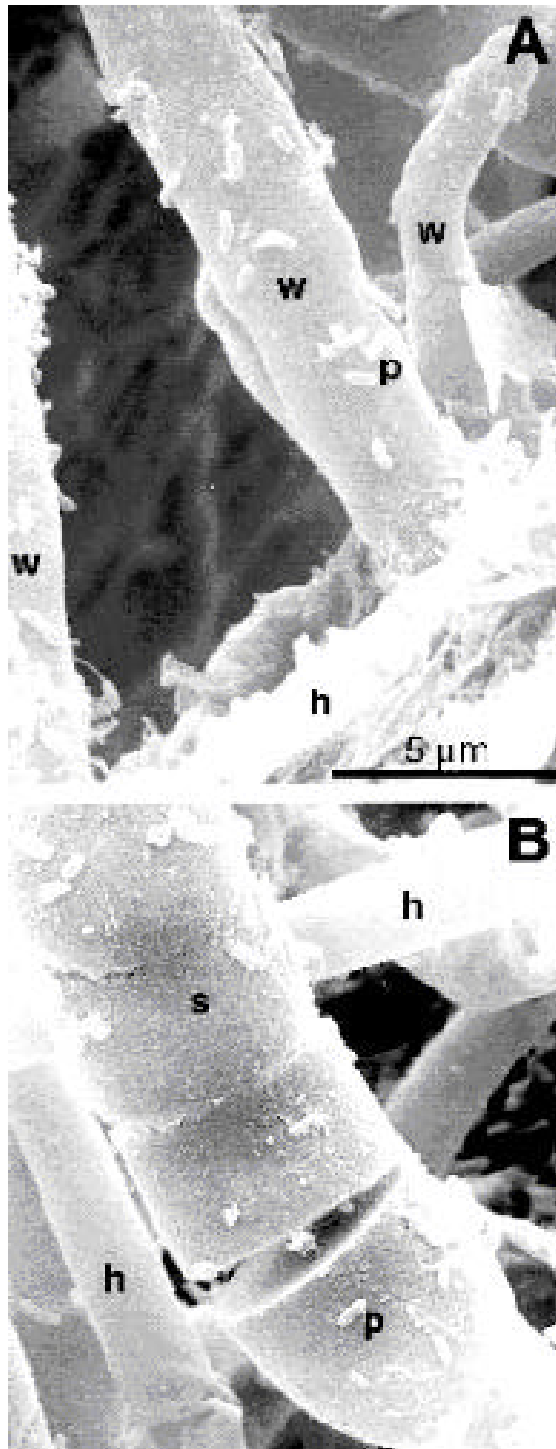


Abb. 5: Das Bodenbakterium *Pseudomonas fluorescens* besiedelt Pflanzenwurzeln (A) und greift Schadpilze an (B). p, *Pseudomonas*-Zellen; w, Wurzelhaare; h, Pilzhyphen; s, Pilzspore.

Bereits sind jedoch weltweit mehrere Bakterienpräparate in Anwendung. Insbesondere in China und den USA werden solche Bakterien schon im kommerziellen Massstab erfolgreich genutzt. Für die Zulassung unproblematischer sind dabei Präparate, welche nicht als Biopestizide, sondern als Bodenverbesserer oder Pflanzenstärkungsmittel in den Handel gebracht werden. In Europa ist zur Zeit nur ein einziges auf *Pseudomonas* basierendes Produkt auf dem Markt. Es gelangt unter dem Handelsnamen Cedemon vorab in Skandinavien als Saatgutbehandlung gegen verschiedene Pilzkrankheiten bei Getreide zum Einsatz.

Der verantwortungsbewusste Einsatz von Bodenbakterien im Pflanzenschutz setzt voraus, dass mit der Freisetzung solcher Mikroorganismen verbundene Fragen der biologischen Sicherheit zunächst gründlich abgeklärt werden. Für einen erfolgreichen Pflanzenschutz muss das Bakterium nämlich in der relativ hohen Konzentration von 10-100 Millionen Zellen pro Gramm Wurzel oder Saatgut ausgebracht werden. Diese Zahl wird allerdings durch die Tatsache relativiert, dass die Anzahl der im Wurzelbereich schon vorhandenen Mikroorganismen um ein Vielfaches höher ist. Es darf zudem nicht vergessen werden, dass die eingesetzten Bodenbakterien ein natürlicher Bestandteil unserer Böden sind. Breitangelegte Studien haben gezeigt, dass sich diese pilzhemmenden Bakterien nicht nur im obengenannten Westschweizer Boden finden lassen, sondern auch in Ackerböden Asiens, Afrikas, Australiens und der beiden Amerikas.

Seit mehreren Jahren wird im Rahmen nationaler und europäischer Schwerpunktprogramme (Biotechnologie, IMPACT-ECOSAFE) untersucht, wie sich freigesetzte *Pseudomonas*-Bakterien verbreiten, wo und wie lange sie im Boden überleben, und ob sie andere Mikroorganismen und biologische Prozesse beeinflussen. Bisher war man davon ausgegangen, dass die Bakterien sich nicht über die oberflächennahen Bodenschichten hinaus verbreiten. Feldstudien zeigen jetzt jedoch, dass sie bei starkem Regenfall entlang von Rissen, Regenwurm- und Wurzelkanälen sehr rasch und in grosser Zahl in mehrere Meter tiefe Bodenschichten gelangen können. Zudem sterben die freigesetzten Bakte-

rien im Boden nicht etwa nach wenigen Wochen ab, wie man bisher annahm, sondern können während Monaten in einem inaktiven, „schlafenden“ Zustand überleben und werden durch Pflanzenwurzeln teilweise reaktiviert. Zur Sicherheitsbeurteilung müssen jedoch Überleben und Verbreitung dieser Bakterien immer in einen Zusammenhang mit möglichen negativen Einflüssen gebracht werden, etwa auf die Artenvielfalt der Mikroflora oder biologische Abläufe im Boden. So wurden zum Beispiel mögliche Auswirkungen auf die Zahl und Diversität von Mykorrhizapilzen und Stickstoffbakterien erforscht, oder auf Enzym- und Atmungsaktivität, Kohlenstoff- und Stickstofffluss im Boden. Trotz intensiver Untersuchungen konnten keine negativen Einflüsse festgestellt werden, selbst nicht nach mehrfacher Anwendung von Bakterienvarianten, welche die pilzhemmenden Stoffe in vielfach höherer Menge ausschieden. Es zeigte sich vielmehr, dass die Diversität der natürlichen Mikroflora und biologische Abläufe im Boden im Verlauf des Pflanzenwachstums oder beim Einsatz etablierter Kulturmassnahmen (Fruchtfolge, organische Dünger, Bodenbearbeitung) viel stärker beeinflusst wird.

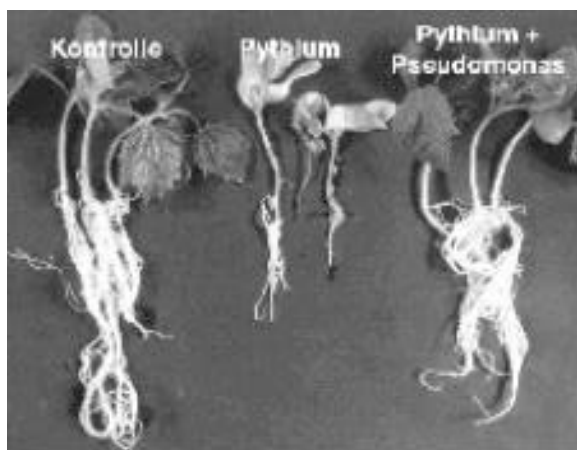


Abb. 6: Mit *Pseudomonas fluorescens* behandelte Gurkenpflanzen sind vor der Pythium-Wurzelfäule geschützt.

In der Schweiz werden *Pseudomonas*-Bodenbakterien zurzeit noch nicht für den Pflanzenschutz kommerzialisiert. Zunächst sind weitere Forschungsarbeiten erforderlich, um die Wirksamkeit und Zuverlässigkeit der Bakterien unter Praxisbedingungen zu verbessern und um

Probleme bei der Formulierung und Lagerung zu lösen. Eine zukünftige Kommerzialisierung wäre zunächst in Gewächshauskulturen sinnvoll, also dort, wo bislang die besten Erfolge erzielt wurden und mögliche Gefahren einer Beeinträchtigung der Umwelt minimiert werden können.

4.4. Bodenkonzept Bundesamt für Landwirtschaft – Kurzfassung

Hans-Rudolf Oberholzer, FAL, CH-8046 Zürich

Die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit ist in der Öffentlichkeit weniger gut akzeptiert als die Luftreinhaltung und der Gewässerschutz – ein mit Schadstoffen kontaminierter Boden kann eben mit den menschlichen Sinnen nicht so einfach als solcher erkannt werden wie verschmutztes Wasser oder verdreckte Luft. Vor diesem Hintergrund und gestützt auf verschiedene gesetzliche Erlasse (u.a. die Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBö) und die Nachhaltigkeitsverordnung) verstärkt das schweizerische Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) sein Engagement im Bereich Boden. Mit dem Bodenkonzept will das BLW nebst weiteren Zielen vor allem ein Instrument schaffen, um die Wirkungen der Agrarpolitik und der landwirtschaftlichen Tätigkeiten auf den Boden untersuchen und geeignete Massnahmen veranlassen zu können. Als Grundlage dazu wurde in Zusammenarbeit mit den landwirtschaftlichen Forschungsanstalten eine naturwissenschaftlich abgestützte, transparente und dadurch nachvollziehbare, diskussions- und entwicklungsfähige gemeinsame Basis für Forschung, Monitoring, Beratung, Vollzug und Politik im Bereich Boden erarbeitet.

In seinem bodenkundlichen Teil geht es um die sachliche Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit. Gemäss dem hier vorgestellten Konzept der Bodenfruchtbarkeit ist ein Boden dann fruchtbar, wenn er seine Funktionen den Standortvoraussetzungen entsprechend erfüllt. Dieser Ansatz stützt sich sinngemäss auf die schweizerische Verordnung über Belastungen des Bodens.

In einem ersten Schritt werden die Funktionen, dann die Eigenschaften von Böden definiert und beschrieben. Anschliessend wird qualitativ und quantitativ bewertet, von welchen Bodeneigen-

schaften die Bodenfunktionen direkt oder indirekt abhängig sind und wie der Einfluss von massiven Veränderungen von einzelnen Bodeneigenschaften sich auf die Bodenfunktionen auswirkt. Aus diesen Überlegungen geht hervor, dass Gründigkeit, Gefügebau und Gehalt an organischem Kohlenstoff diejenigen Bodeneigenschaften sind, die den potentiell umfassendsten Einfluss auf die hier betrachteten Bodenfunktionen ausüben. Als nächstes werden die potentiellen Auswirkungen landwirtschaftlicher Bewirtschaftung auf die Bodeneigenschaften abgeschätzt. Daraus muss gefolgert werden, dass auch bei Erfüllung der schweizerischen Vorschriften zum ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) bei allen Bodeneigenschaften (ausser bei der Körnung) erhebliche Beeinträchtigungen auftreten können. Durch eine angepasste Bewirtschaftung sind andererseits jedoch auch grosse Regenerationsmöglichkeiten gegeben, d.h. der Spielraum für die konkrete Ausgestaltung der Bewirtschaftungsmassnahmen und deren Abstimmung auf die standörtlichen Gegebenheiten ist selbst innerhalb der ÖLN-Grenzen beträchtlich. Erheblich zur Vermeidung von Bodenschädigungen beitragen dürfte nicht zuletzt die Fähigkeit des Betriebsleiters bzw. der Betriebsleiterin, die Bewirtschaftungsmassnahmen jeweils den gegebenen Bodenverhältnissen anzupassen. Insbesondere der Bodenabtrag durch Erosion, die Verdichtung des Unterbodens sowie der Schadstoffeintrag wurden jedoch selbst bei bester landwirtschaftlicher Praxis als mittelfristig nicht reversibel betrachtet. Analog wurden auch Auswirkungen verschiedener anderer menschlicher Tätigkeiten (Bauwirtschaft durch Versiegelung, Kiesabbau oder allgemeine Umweltbelastungen durch Schadstoffausstoss, Säureeintrag) auf die Bodenqualität abgeschätzt.

Im Folgenden werden Anwendungsmöglichkeiten dieser Grundlagen aufgezeigt:

- Im Bereich Agrarökologie ergibt sich aus diesen Überlegungen, dass die Erosion mittelfristig das höchste Gefährdungspotenzial beinhaltet, gefolgt von der Verdichtung im Unterboden und dem Schadstoffeintrag. Dabei muss bei der Umsetzung berücksichtigt werden, dass von der Erosion nur geneigte Standorte betroffen sein können,

die anderen Risiken jedoch alle Standorte betreffen können. Mit Abstand folgen der Verlust an organischer Substanz und – damit gekoppelt – die Abnahme der Speicherkapazität des Bodens.

- In Bezug auf die Beurteilung des aktuellen Bodenqualitäts-Zustandes zeigt sich, dass bei allen Bodeneigenschaften einzelne Standorte mit „maximalem Schädigungsausmass“ bekannt sind. Eine Ausnahme machen die Speicherkapazität des Bodens, über die zuwenig systematische Angaben vorhanden sind, sowie die Körnung, die nicht beeinträchtigt wird. Zu grossflächigen Bodenbelastungen gibt es nur wenige gesicherte Angaben.
- Um den agrarpolitischen Handlungsbedarf aufzuzeigen, werden den Bodenbelastungen Bewirtschaftungsmassnahmen zugeordnet, welche diese hauptsächlich verursachen. Dadurch können Einwirkungen bestimmter landwirtschaftlicher Aktivitäten auf einzelne Bodenbelastungen bewertet werden.
- Aus den Ergebnissen lassen sich Forschungsprioritäten ableiten. Bei der Erarbeitung des vorliegenden Bodenkonzpts haben sich verschiedene Lücken und Mängel gezeigt. Der erste Kreis solcher Lücken betrifft das Monitoring, der zweite Kreis die Evaluation.

Der bodenkundliche Teil des Bodenkonzpts stellt ein naturwissenschaftlich abgestütztes, transparentes und entwicklungsfähiges Werkzeug dar, das als gemeinsame Basis für Forschung, Monitoring, Beratung, Vollzug und Politik dient. Die politischen Instanzen können auf der Grundlage der von der Forschung vorgeschlagenen Möglichkeiten geeignete Indikatoren für das Monitoring und die Evaluation bestimmen. Die Forschungsmittel können gezielt in den Bereichen eingesetzt werden, in denen im aktuellen agrarpolitischen Umfeld der grösste Handlungsbedarf besteht.

Die Forschung kann diese Herausforderung annehmen und Lösungen für die gestellten Fragen erarbeiten. Sie ist aber auch aufgerufen, die vorgelegten Grundlagen innerhalb eines möglichst breiten Kreises von Interessierten in

der Forschungsgemeinschaft wissenschaftlich weiter zu entwickeln.

* Kurzfassung der Arbeit: Toni Candinas, Jean-Auguste Neyroud, Hansrudolf Oberholzer und Peter Weisskopf, 2002. Ein Bodenkonzept als Basis für Politik, Forschung, Beratung und Vollzug. Zeitschrift Bodenschutz, eingereicht.

Impressum VBB-Bulletin Nr. 6/2002

Herausgeberin
VBB (Arbeitsgruppe Vollzug BodenBiologie)

Vorsitzende 2001/02

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 auch auf Internet verfügbar
unter:
http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_boden/info/biologiesols