

VBB-Bulletin Nr. 9 / Juli 2005

1. Jahresbericht des Präsidenten.....	1
2. Tätigkeiten der Projektgruppen	4
2.1. Projektgruppe Wissensaustausch und Öffentlichkeitsarbeit.....	4
2.2. Projektgruppe Mikrobiologie.....	4
2.3. Projektgruppe Mykorrhiza	4
2.4. Projektgruppe Fauna.....	4
2.5. Projektgruppe Langzeitbeobachtung	4
3. Ausgewählte Projekte der VBB.....	6
3.1. Zehn Jahre VBB: Eine Bilanz.....	6
3.2. Bewertungskonzept und Methodenempfehlungen zur Abschätzung von Risiken von GVO und anderen biologischen Belastungen auf das Ökosystem des Bodens	13
3.3. Referenzwertbereiche für bodenbiologische Kennwerte	14
4. Forum	15
4.1. Auswirkungen von Antibiotika auf die Bodenmikroflora	15

1. Jahresbericht des Präsidenten

Guido Schmid

*Amt für Umweltschutz, Fachstelle Bodenschutz,
St. Gallen*

Zehn Jahre VBB – wir gratulieren!

1995 haben sich Fachleute aus der Forschung und dem Vollzug zusammengefunden, um gemeinsam Grundlagen für den Einbezug der Bodenbiologie in den Bodenschutz und die Langzeitbeobachtung zu schaffen. Heute, zehn Jahre später, sind wir immer noch mit vollem Elan an dieser Aufgabe und setzen bodenbiologischen Vorsätze in Taten um!

Die Arbeitsgruppe VBB führte im 2004 wiederum zwei ganztägige Arbeitssitzungen durch. Zudem fand eine ausserordentliche Sitzung zum Thema „Referenzwertbereiche in der Bodenbiologie“ statt.

Die zwei ordentlichen Sitzungen dienten neben dem Informationsaustausch zwischen Akteuren des Vollzugs und der Forschung auch der Präsentation von vorgesehenen und abgeschlossenen Arbeiten und dem Bericht über den Stand von laufenden Projekten. Der aktuelle Stand der Arbeit in den Projektgruppen kann auf Seiten 3 – 5 dieses Bulletins nachgelesen werden. An der Frühjahrssitzung wurde zudem eine Standortbestimmung durchgeführt. Viele der im Konzept „Bodenbiologie und Bodenschutz“ formulierten Ziele wurden in den letzten zehn Jahren erreicht (vergleiche dazu den Jahresbericht des Präsidenten im VBB-Bulletin Nr. 8 und den Artikel von Patricia Fry im vorliegenden Bulletin, S. 6). Neben Daueraufgaben wie Öffentlichkeitsarbeit und Standardisierung der bodenbiologischen Untersuchungsmethoden stehen aber immer noch verschiedene Aufgaben an, die in Folge von Arbeitsengpässen oder fehlender Grundlagen in den vergangenen zehn Jahren nicht angegangen werden konnten:

- Aufbau einer Referenzdatenbank für bodenbiologische Kennwerte zur Interpretation von Messwerten
- Literaturstudie zur Indikatorfunktion von Regenwürmern, Mikroorganismen und anderen Bodenlebewesen für chemische und/oder physikalische Belastungen
- Entwicklung von einfachen und kostengünstigen Methoden zur Erfassung der mikrobiellen Diversität
- Erarbeitung einer Wegleitung zur bodenbiologischen Erfolgskontrolle bei Bodensanierungen und Rekultivierungen
- Überarbeitung der Wegleitung zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit

An vorgenannter Standortbestimmung ist deutlich zum Ausdruck gekommen, dass die vielfäl-

tige Arbeit in der VBB weit herum sichtbar gemacht werden sollte. Um dieses Ziel zu erreichen, sind zwei Wege vorgesehen:

- Überarbeitung der Wegleitung Bodenfruchtbarkeit: Mit der Wegleitung aus dem Jahr 1991 konnten viele Erfahrungen gesammelt werden, der Wissenszuwachs ist zudem in vielen Bereichen erheblich. Eine Revision ist daher wünschenswert. Als erstes ist geplant, die Bedürfnisse der Kantone abzuklären.
- Bereitstellung von Referenzwertbereichen in der Bodenbiologie: Für bodenmikrobiologische Kennwerte (Biomasse, Atmung) wie auch für Regenwurmpopulationen in Naturwiesen ist die vorhandene Datenbasis gross genug für die Definition von Referenzwertbereichen. Diese Referenzwertbereiche wurden an einer ausserordentlichen Sitzung der VBB diskutiert und sind in Kapitel 3.3 zusammengefasst.

Turnusgemäss habe ich auf Anfang 2005 den Vorsitz der VBB an Françoise Okopnik von der Bodenschutzfachstelle des Kantons Aargau weitergegeben. Ich danke an dieser Stelle allen Mitgliedern der Arbeitsgruppe VBB für ihren z.T. schon Jahrzehnte langen Einsatz für die Bodenbiologie.

Impressum VBB-Bulletin Nr. 9/2005

Herausgeberin

VBB (Arbeitsgruppe Vollzug BodenBiologie)

Die kantonale Bodenschutzfachstellen und das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) haben die Arbeitsgruppe VBB 1995 gegründet. Diese widmet sich Fragen zur Bodenbiologie im Hinblick auf den Vollzug des Bodenschutzes und die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit nach der Verordnung über die Belastung des Bodens (VBBo).

Vorsitzender 2003/04

Guido Schmid
Amt für Umweltschutz
Lämmli Brunnenstrasse 54
CH – 9001 St. Gallen
Tel. 071 229 24 10
E-Mail: guido.schmid@sg.ch

Vorsitzende seit 2005

Françoise Okopnik
Abt. für Umwelt
Sektion Boden und Wasser
Entfelderstrasse 22
Buchenhof
CH – 5001 Aarau
Tel. 062 835 34 08
E-mail: francoise.okopnik@ag.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:

Deutsch:

http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_boden/info/biologiesols

Französisch:

http://www.environnement-suisse.ch/buwal/fr/fachgebiete/fg_boden/info/biologiesols

Name und Arbeitsinhalt der Projektgruppe	Mitglieder	Kontaktperson
Wissensaustausch und 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) 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) A. Fließbach (FiBL) E. Laczó (Solvit) P. Mäder (FiBL) H.-R. Oberholzer (FAL)	Dr. Hans-Rudolf Oberholzer Agroscope FAL Reckenholz 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 Gruppe ist sistiert	S. Keller (FAL) C. Maurer-Troxler (BE) L. Pfiffner (FiBL)	Dr. Claudia Maurer-Troxler ASP, Bodenschutzfachstelle, Rütti 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 KABO's - Pilotuntersuchungen zur Langzeitbeobachtung (Zusammenarbeit mit FAL-Projekt) 	H. Brunner (FAL) U. Gasser (ZH) C. Maurer-Troxler (BE) H.-R. Oberholzer (FAL) F. Okopnik (AG) G. Schmid (SG) P. Schwab (FAL)	Dr. Claudia Maurer-Troxler ASP, Bodenschutzfachstelle, Rütti CH-3052 Zollikofen Tel. 031 910 53 33 claudia.maurer@vol.be.ch

2. Tätigkeiten der Projektgruppen

2.1. Projektgruppe Wissensaustausch und Öffentlichkeitsarbeit

Roland von Arx, BUWAL

Die elektronische Plattform KMSoil, die dem Wissensaustausch zwischen den Bodenschutzfachstellen (FaBo) der Kantone und des Bundes dient, ist seit Sommer 2004 in Betrieb und durch eine gezielte Schulung bei den Fachstellen eingeführt. Die Projektgruppe war in der Anfangsphase vor allem damit beschäftigt, Mängel der Plattform aufzuspüren und zu beheben. Einige Probleme ergaben sich auch beim Zugriff auf die Plattform über das notwendige Zertifikat. Dieses musste in verschiedenen Kantonen zuerst richtig installiert werden. Verschiedene Arbeitsgruppen der FaBo nutzen nun die Vorteile von KMSoil bereits für ihre Zusammenarbeit und für die gemeinsame Ablage ihrer Dokumente. Kleinere Unzulänglichkeiten der Plattform werden nun laufend behoben und ihre Funktionsweise verbessert.

Das Projekt „Von Bauern – für Bauern“ von Patricia Fry vermittelt mit Hilfe von Videos Erfahrungen von Bäuerinnen und Bauern im Hinblick auf die Erhaltung und Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit. Das Projekt wird von den Bodenschutzfachstellen der Kantone und des Bundes unterstützt und von der Projektgruppe begleitet. Die Hauptphase (2004-08) konnte für die deutschsprachige Schweiz gestartet werden, nachdem landwirtschaftliche Organisationen und Fachstellen sowie das Bundesamt für Landwirtschaft ihre Beteiligung zugesichert hatten. Eine mögliche Umsetzung in der Westschweiz sowie die dafür notwendigen Anpassungen und Finanzierung sind noch Gegenstand von Abklärungen.

2.2. Projektgruppe Mikrobiologie

*Hans-Rudolf Oberholzer,
Agroscope FAL Reckenholz*

Die Arbeitsgruppe hat mit einer Evaluation von Methoden zur Beschreibung der Struktur der Bodenmikroorganismenpopulation begonnen, wie Substratnutzungsmuster, Muster von PLFA und molekularbiologische Methoden. Ziel dieser Arbeit ist, diese Methoden im Hinblick auf die Eignung, die Möglichkeiten und Grenzen bei ihrer Verwendung zur Beschreibung der

Bodenqualität zu evaluieren. Darunter fallen insbesondere die Diversität der Bodenmikroorganismen, das Vorhandensein und die Zusammensetzung von einzelnen wichtigen Gruppen von Mikroorganismen. Für diese Arbeit wurden neben den Mitgliedern der Arbeitsgruppe weitere Fachleute eingeladen.

2.3. Projektgruppe Mykorrhiza

Simon Egli, WSL Birmensdorf

Über die Anwendung der Methode zur Erfassung des Mykorrhiza-Infektionspotentials in Landwirtschaftsböden liegen erst wenige Erfahrungswerte aus Schweizer Böden vor. Die Projektgruppe hat aus diesem Grund beschlossen, im Frühjahr 2005 einen Pilotversuch zu starten. Die Kantone AG, BE, BL, FR, SG und SO haben sich bereit erklärt, die nötigen Mittel bereitzustellen, um Böden des Nabo- bzw. Kabo-Netzes durch ein privates Labor testen und auswerten zu lassen. Insgesamt sollen rund 16 Wiesen- und Ackerstandorte in die Studie einbezogen werden. Auf diesen Standorten sollen gleichzeitig bodenbiologische Kennwerte erhoben werden. Die Ergebnisse werden vor allem dazu dienen, die Eignung der Mykorrhizamethode in der Langzeitbeobachtung besser einschätzen zu können.

2.4. Projektgruppe Fauna

*Claudia Maurer-Troxler,
ASP, Bodenschutzfachstelle, Kt. Bern*

In dieser Gruppe gab es 2004 keine weiteren Aktivitäten; die Arbeitsgruppe wird aus Kapazitätsgründen bis auf weiteres sistiert.

2.5. Projektgruppe Langzeitbeobachtung

*Claudia Maurer-Troxler,
ASP, Bodenschutzfachstelle, Kt. Bern
Peter Schwab,
Projektleitung LAZBO, FB14.2 (NABO) FAL*

Die Arbeitsgruppe Langzeitbeobachtung beschäftigte sich im vergangenen Jahr mit drei Projekten:

- LAZBO
- NABO-Bio
- Waldböden

Die Kantone AG, BE, SG und ZH möchten im Bereich KABO enger zusammenarbeiten, sei

dies bei der Planung des weiteren Vorgehens oder der Auswertung von bestehenden Daten. In einem ersten gemeinsamen Bericht sollen KABO-Waldbodendaten ausgewertet werden und die Situation der pH-Werte als ein Indikator der Bodenfruchtbarkeit im Wald diskutiert werden. Ein Forstingenieur-Büro erarbeitete ein Konzept, in welchem Fragestellungen, Datengrundlagen und Auswertungs-Ideen zusammengetragen wurden. Nach eingehenden Diskussionen in der Gruppe einigte man sich schliesslich darauf, den pH-Wert als kleinsten gemeinsamen Nenner ins Zentrum zu stellen und die Gefahr der Empfindlichkeit der Böden gegenüber Säurezufuhr darzustellen. Je nach Kanton liegen die Schwerpunkte verschieden: Böden mit natürlicher Vegetation und Profildaten im Kanton Bern, Zeitreihen und erste Trends in den Kantonen Aargau und St. Gallen, zusätzliche Angaben zur Basensättigung im Kanton Zürich. Der Bericht sollte 2006 vorliegen.

3. Ausgewählte Projekte der VBB

3.1. Zehn Jahre VBB: Eine Bilanz

Patricia Fry,
Wissenschaftsmanagement Umwelt, Idaplatz 3,
8003 Zürich
E-mail: p.fry@bluewin.ch
Claudia Maurer,
ASP, Bodenschutzfachstelle, Kt. Bern
CH-3052 Zollikofen
E-mail: claudia.maurer@vol.be.ch
Roland von Arx, BUWAL, 3003 Bern
E-mail: roland.vonarx@buwal.admin.ch

Im Jahr 1995 haben die kantonalen Bodenschutzfachstellen und das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) die Arbeitsgruppe Vollzug Bodenbiologie (VBB) gegründet. Seither widmet sich die VBB verschiedensten bodenbiologischen Fragen, die sich im Rahmen des Vollzugs des Bodenschutzes stellen. Anlässlich ihres 10 jährigen Jubiläums möchten wir nun eine Bilanz über das Erreichte ziehen und einen kurzen Ausblick über zukünftige Aufgaben geben.

Entstehung und Ziele der VBB

Mit der Charakterisierung der Bodenfruchtbarkeit durch die VSBo 1986 (Artikel 2a) wurde unter anderem auch die Grundlage geschaffen, den Boden von wichtigen biologischen Eigenschaften und Prozessen her zu betrachten: Ein Boden wird dann als fruchtbar bezeichnet, wenn er eine standorttypische Artenvielfalt, eine aktive Lebensgemeinschaft, eine typische Bodenstruktur und eine ungestörte Abbaufähigkeit besitzt. Mit der „Wegleitung zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit“ lagen 1991 erste Methodenvorschläge und Interpretationshilfen vor. Im selben Jahr gründeten die Kantone Aargau, Bern, St. Gallen und Solothurn die **Arbeitsgruppe Bodenbiologie**. Sie waren überzeugt, dass die Bodenbiologie ein wichtiger Schlüssel sein würde, um Probleme im Bodenschutz zu lösen. In einem ersten Konzept konzentrierten sie sich auf den Einsatz bodenbiologischer Methoden für die Dauerbeobachtung. Neben der Herausforderung, aussagekräftige Methoden zu finden, stellten sich der Arbeitsgruppe auch Probleme mit der Standardisierung, mit der zeitlichen und räumlichen Variabilität sowie mit der Interpretation der Messdaten. Es war von Anfang an klar, dass diese Probleme nur mit einer engen Zusammenarbeit zwischen Vollzug

und Forschung gelöst werden konnten. Die finanzielle Lage erforderte bereits damals einen koordinierten Einsatz der personellen und finanziellen Ressourcen.

Auf Anregung der AG Bodenbiologie organisierte das BUWAL im Jahr 1995 ein Treffen, um die Gruppe mit Fachleuten aus Forschung, Hochschulen und privaten Büros zu ergänzen. Die **Arbeitsgruppe „Vollzug Bodenbiologie“ (VBB)** entstand. Die Mitglieder verabschiedeten folgende Ziele:

- Die VBB ermöglicht Kontakte zwischen den verschiedenen Bodenbiologie-Akteuren im Vollzug und koordiniert ihre Aktivitäten, so dass Doppelspurigkeiten vermieden und vorhandene Mittel optimal eingesetzt werden.
- Die VBB stellt einen lückenlosen Informationsaustausch sicher.
- Die VBB setzt Prioritäten.
- Die VBB stellt bodenbiologische Methoden für den Vollzug bereit.
- Die VBB sensibilisiert die Bevölkerung und die Bodennutzer für den Bodenschutz.

Mit der Verordnung über die Belastungen des Bodens (VBBo 1998) schliesslich erhielt die VBB eine weitere Grundlage für ihre Arbeiten zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit.



Abb. 1: Organisation der Arbeitsgruppe VBB mit den Projektgruppen im Jahre 1995.

Bisher Erreichtes

Verschiedene Kantone, das BUWAL, die FAL, das FiBL und die WSL beteiligen sich seither aktiv an der VBB. Die fachliche Bearbeitung der verschiedenen Themen wird in mehreren Projektgruppen geleistet, in denen auch private Firmen mit einbezogen werden können. Alle relevanten Beschlüsse werden jedoch in der Kerngruppe getroffen (Abb. 1). Diese trifft sich zweimal jährlich, wird von einem Präsidenten/ einer Präsidentin aus der Verwaltung geleitet (Wechsel alle zwei Jahre) und von einem Sekretariat unterstützt (FiBL im Auftrag des BUWAL). Zur breiteren Information wurde das VBB-Bulletin ins Leben gerufen, das einmal jährlich auf Deutsch und Französisch erscheint und vollzugsorientiert über die Arbeiten der Projektgruppen und über ausgewählte Projekte der VBB informiert sowie im Rahmen eines Forums externe Experten zu relevanten Themen zu Wort kommen lässt. Im Folgenden werden die von den Projektgruppen geleisteten Arbeiten zusammengefasst.

Projektgruppe Konzept Bodenbiologie:

Mit der Revision des USG im Jahre 1995 und der Verordnung über Belastungen des Bodens VBBö 1998 wurden die gesetzlichen Grundlagen um die Bereiche physikalischer Bodenschutz und biologische Belastungen erweitert. Die Projektgruppe formulierte daraufhin mit dem Konzept „Bodenbiologie und Bodenschutz 1999“ die verschiedenen neuen Einsatzmöglichkeiten für bodenbiologische Aktivitäten im Bodenschutz. Dieses Konzept dient als Basis für die Koordination zwischen den Akteuren aus Vollzug und Forschungsinstitutionen. Folgende Einsatzbereiche für bodenbiologische Aktivitäten wurden beschrieben: Öffentlichkeitsarbeit, Sanierung und Rekultivierung von Böden, Langzeitbeobachtung sowie belastete Böden. Zu jedem Bereich wurden entsprechende Ziele, laufende und geplante Vorhaben, einsetzbare Parameter sowie vorhandene und fehlende Grundlagen und Interpretationshilfen aufgezeigt. Ende 1999 hat sich die Gruppe zur Projektgruppe Langzeitbeobachtung umformiert.

Tab. 1: Stand der Arbeiten in den Projektgruppen Mikrobiologie, Mykorrhiza und Fauna (nach Maurer-Troxler BGS 2001). F: Forschungsinstitutionen

Projektgruppe	Parameter	Literaturrecherche zur Auswahl der Basisparameter	Beschreibung als Referenzmethode	Standardisierung mittels Ringversuchen	Erste Anwendungen	Referenzwertbereiche	Zentrale Datenbank
Mikrobiologie	Biomasse FEM, SIR, ATP	vorhanden	vorhanden	durchgeführt	Kantone, F	Acker Naturwiese	vorläufig sistiert
	Bodenatmung	vorhanden	vorhanden	durchgeführt	Kantone, F	Acker Naturwiese	vorläufig sistiert
	N-Mineralisierung	vorhanden	vorhanden	durchgeführt	Kantone, F		vorläufig sistiert
	Dehydrogenase aktivität	vorhanden	vorhanden	durchgeführt	F		vorläufig sistiert
	Phospholipid-fettsäuren PLFA				in Arbeit		
Mykorrhiza	Infektionspotenzial	vorhanden	vorhanden	zum Teil durchgeführt	F		
Fauna (vormals Zoologie)	Regenwürmer	vorhanden	vorhanden	nicht vorgesehen	Kantone, F	Acker Naturwiese	vorläufig sistiert

Projektgruppen Mikrobiologie, Mykorrhiza und Fauna (vorher: Zoologie):

Diese drei Projektgruppen beschäftigten sich mit der Bereitstellung von Methoden und Referenzwertbereichen für die Untersuchung von Böden. Zuerst wurden geeignete Basisparameter ausgewählt, die Methoden standardisiert und als Referenzmethoden beschrieben, Ringversuche durchgeführt, eine Probenahmestrategie erarbeitet und schliesslich in ausgewählten Projekten angewendet (vgl. Tab. 1). Aus den Ergebnissen konnten schon erste Referenzwertbereiche abgeleitet werden (Mikrobiologie, Regenwürmer). Der Aufbau einer zentralen

Datenbank ist eine weitere wichtige Grundlage. Dies hat sich aus personellen und finanziellen Gründen verzögert.

In den Jahren 1997 bis 1999 hat die Projektgruppe „Konkrete Belastungen“ die Literatur über bodenmikrobiologische Testverfahren studiert, Pilotstudien zur Erfassung von konkreten Belastungen durchgeführt und eine Dokumentation über die Beeinflussung von Bodenmikroorganismen und Bodentieren durch Schadstoffe und Bewirtschaftung in Angriff genommen. Danach wurde diese Projektgruppe mit der Projektgruppe Mikrobiologie zusammengeführt.

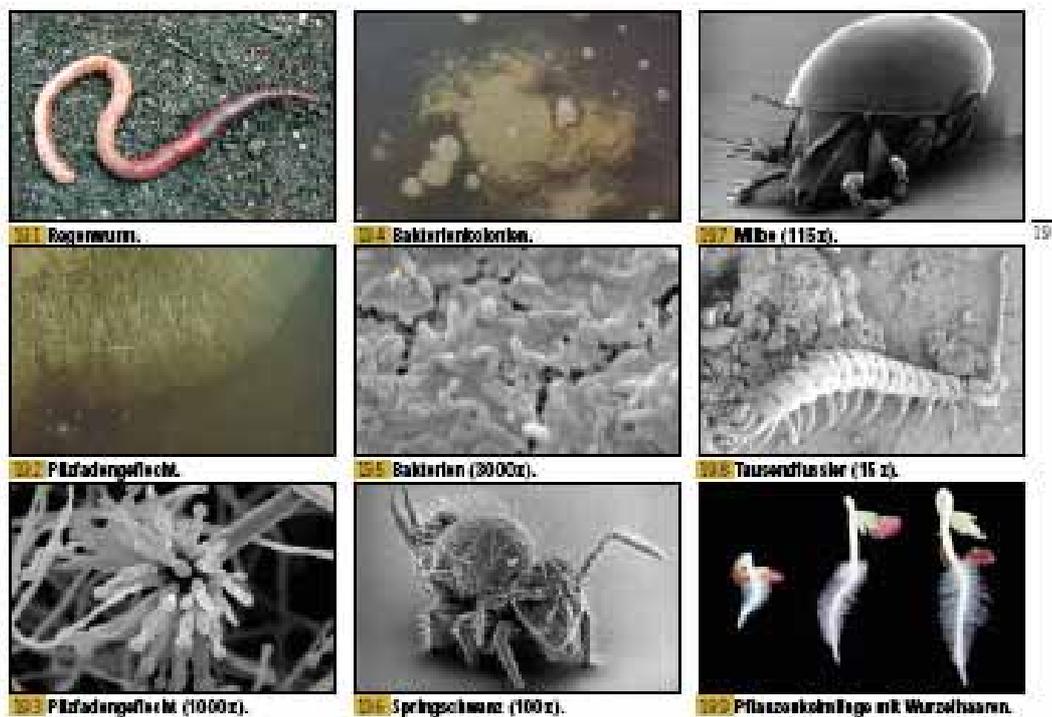


Abb. 2: Bodenbiologie: Unterrichtsmappe „Boden – erleben, erforschen, entdecken“ für Schulen. Abbildung aus der Begleitbroschüre: Comenius Verlag, Hitzkirch, www.comenius-verlag.ch

Projektgruppe Wissensaustausch und Öffentlichkeitsarbeit:

Die Gruppe initiierte und begleitete die Regenwurmausstellung, den Gartenlehrpfad, die Aktion „Erlebnis Boden“, eine Unterrichtsmappe, ein Lehrmittel und die Plattform „KMSoil“.

Die von Fredy Vetter und dem Atelier Ruth Schürmann konzipierte **Regenwurmausstellung** wurde seit 1996 an 17 verschiedenen Orten der Schweiz gezeigt und von schätzungsweise 200'000 Personen und über 2000 Schulklassen besucht (vgl. www.regenwurm.ch).

Die Ausstellung war auch wiederholt in Deutschland und wurde dort von weiteren 50'000 Besuchern und 500 Schulklassen gesehen. Der vom Büro naturnah Hansjürg Hörler konzipierte und geleitete **Garten-Lehrpfad** konnte seit 1998 in über 150 Gemeinden der Deutsch- und Westschweiz durchgeführt werden: (www.naturnah.ch/projectframe.htm). Mit bisher etwa hundert Auftritten in der Deutsch- und Westschweiz ist die im 2001 lancierte Aktion „**Erlebnis Boden**“ ebenfalls erfolgreich verlaufen (Leitung Hansjürg Hörler und Martin Geilinger, www.erlebnisboden.ch).

Diese drei Ausstellungen sprechen Konsumenten und Konsumentinnen sowie verschiedene Bodennutzer an und vermitteln die Zusammenhänge zwischen Bodenbiologie, Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz auf eine anschauliche, lebendige und praxisorientierte Weise. Sie sind zurzeit alle noch im Einsatz.

Mit der **Unterrichtsmappe „Boden – erleben – erforschen – entdecken“**¹ konnte in Zusammenarbeit mit der Stiftung für Umweltbildung in der Schweiz und der Fachstelle für Umwelt-erziehung des Kantons Aargau auch für die Schulen ein ansprechendes Werkzeug geschaffen werden. Für die Westschweiz entstand das umfangreiche **Lehrmittel Boden „LE SOL“**, das aus der Broschüre „LE SOL“², dem Ordner „LE SOL“ mit Arbeitsblättern³ sowie dem Bodenkoffer „Terre à Terre“⁴ besteht.

Um den Wissensaustausch zwischen den Bodenschutzfachstellen der Kantone und des BUWAL zu verbessern, hat die Projektgruppe mit Unterstützung des BUWAL und in enger Zusammenarbeit mit den Kantonen eine elektronische Plattform aufgebaut. Die Bodenschutzfachstellen sind seit einem Jahr über die Plattform „**KMSoil**“ (Knowledge Management Boden) miteinander vernetzt und benützen diese als Forum, als gemeinsame Ablage und als Werkbank.

Projektgruppe Langzeitbeobachtung:

Mit dem Konzept und den erarbeiteten Methoden war im Jahr 2000 die Basis gegeben, um erste Anwendungen zu initiieren. Die Projektgruppe Langzeitbeobachtung koordiniert den Einsatz bodenbiologischer Methoden in den Kantonalen Bodenbeobachtungsprogrammen KABO und initiierte erste Erhebungen im Nationalen Bodenbeobachtungsprogramm NABO. Mit dem Projekt der FAL „Pilotuntersuchungen zur Langzeitbeobachtung physikalischer und biologischer Bodeneigenschaften“ (LAZBO 2001-2003) bzw. der Testphase (2004-2007) wurden die dafür notwendigen Schritte bei den mikrobiologischen Parametern vorbereitet (Probenahme, Archivierung, zeitliche und räumliche Variabilität, Validierung über die Zeit, Referenzstabilität der Proben und Messsysteme, Methodensensitivität, zeitlicher Auflösungsgrad und Effektivität).

¹ Hrsg. BUWAL, Comenius Verlag Hitzkirch

² Gobat J.-M. et al. CIP Editions 2001

³ Béguin, D. CIP Editions 2002

⁴ Les Cerlatez 2002

Bilanz

Die VBB hat in den letzten 10 Jahren trotz beschränkten personellen und finanziellen Mitteln sehr viel erreicht! Sie hat mit einem grossen Durchhaltewillen ihre Ziele verfolgt und ist Schritt für Schritt vorwärts gekommen. Anhand der im Kapitel 1 aufgelisteten Ziele der VBB lässt sich folgende Bilanz ziehen:

Kontakte und Koordination im Vollzug:

Sowohl für die Kantone als auch für das BUWAL, die Forschungsinstitutionen FiBL, FAL, FAW und WSL sowie private Firmen war die VBB eine ideale Plattform, um Wissen und Ideen auszutauschen und zusammenzuarbeiten. Die **Organisationsstruktur** mit den verschiedenen Projektgruppen als "Arbeitsstätten" und der Kerngruppe als "Entscheidungs- und Vernetzungsstätte" hat sich bewährt. Die Kräfte der verschiedenen Akteure konnten konzentriert werden. Die Unterstützung durch das **Sekretariat** erlaubte eine professionelle Organisation und entlastete die Fachstellen. Viele Fachleute haben sich in den letzten 10 Jahren im Rahmen der VBB eingesetzt und die meisten Kantone machten aktiv mit. Durch die intensive Zusammenarbeit in der VBB wurden Doppelspurigkeiten vermieden und die knappen Mittel optimal verwendet.

Lückenlosen Informationsaustausch herstellen:

Der Austausch zwischen den Kantonen und den Forschungsinstitutionen wurde durch gemeinsame Projekte innerhalb der VBB ermöglicht. Zudem erhielten externe Fachleute im jährlich erscheinenden Bulletin ein Forum, um neue Methoden und Ergebnisse zu beschreiben. Insbesondere durch die Wissensplattform Boden „KMSoil“ wurde der Wissensaustausch zwischen den Fachstellen des Bundes und der Kantone verbessert, so dass vorhandenes Fachwissen gezielter eingesetzt werden kann.

Prioritäten setzen: Auf der Basis des Konzeptes mit den vier Handlungsfeldern "Beobachten und Überwachen", "Öffentlichkeitsarbeit", "Handeln" und "Überprüfen" konnten Prioritäten gesetzt werden. Eine klare Auslegeordnung ermöglichte ein koordiniertes und konzentriertes Vorgehen.

Methoden bereitstellen und anwenden:

Dies war in den letzten 10 Jahren der zentrale Arbeitsschwerpunkt der VBB. Durch die gute Zusammenarbeit von FiBL, FAL, WSL und den Kantonen konnte dieses Ziel weitgehend er-

reicht werden, was als grosser Erfolg zu werten ist. Die zur Erfassung der Bodenbiologie bereitgestellten Methoden konnten in verschiedenen Projekten angewendet werden (LAZBO). Die VBB hat ihre Ziele insofern übertroffen, als dass sie bereits den Einsatz biologischer Methoden in verschiedenen Kantonen und im NABO initiiert und koordiniert hat.

Öffentlichkeitsarbeit: Ein weiterer Schwerpunkt der VBB war die Information der Öffentlichkeit mit Hilfe von vier verschiedenen Ausstellungen und Animationen. Diese kamen in der Bevölkerung sehr gut an. Wichtige Zusammenhänge zwischen der Bodenbiologie und dem Bodenschutz konnten auf eine anregende Art und Weise vermittelt werden.

Zusammenfassend lässt sich folgende Bilanz ziehen: Die VBB ist heute eine gut funktionierende Schnittstelle zwischen Forschung und Vollzug im Bereich der Bodenbiologie. Sie ist auf all den ausgewählten Themengebieten einen grossen Schritt weitergekommen!

Ausblick

Es sind jedoch noch zahlreiche Aufgaben zu erfüllen, um die Ziele des Bodenschutzes zu erreichen. Im Folgenden unterscheiden wir zwischen eigentlichen Daueraufgaben, weiterzuführenden und neu anzugehenden Aufgaben:

Viele Ziele der VBB sind zu Daueraufgaben geworden, wie zum Beispiel die Koordination und der Informationsaustausch zwischen Vollzug und Forschung. So wird die VBB bereits für andere Themen als Plattform genutzt. Die Diskussionsmöglichkeiten, der Erfahrungsaustausch und der Austausch von Fachwissen in der VBB werden auch in Zukunft wichtig bleiben, z.B. wenn es um die Interpretation der Daten geht. Auch die Qualitätssicherung bei den Methoden bleibt ein Dauerthema. Für den Aufbau und die Weiterführung der KABO ist die Vernetzung über die VBB elementar. Wegen den immer knapper werdenden personellen und finanziellen Mitteln ist eine verstärkte Zusammenarbeit und Koordination nach wie vor gefordert.

Bei den Zielen „Methoden bereitstellen“ und „Öffentlichkeitsarbeit“ wurden wichtige Etappen erreicht. Es gilt nun mit viel Elan diese Aufgaben weiter zu führen und den Ist-Zustand der biologischen Basisparameter mit standardisierten Methoden zu erheben, die Daten als Interpreta-

tionsgrundlage zur Verfügung zu stellen, auf eine gemeinsame Datenbank hinzuarbeiten und Aussagen über die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit zu machen. Auch die Sensibilisierung der Öffentlichkeit muss weiter geführt werden.

Einige Aufgaben sind neu anzugehen: Welche Aussage kann über die Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit gemacht werden? Welche Aussagemöglichkeiten ergeben sich, wenn verschiedene bodenbiologische und bodenphysikalische Daten am selben Standort erhoben werden? Wie wirken sich gentechnisch veränderte Pflanzen langfristig auf Bodenorganismen aus? Wie wirken sich ortsfremde Organismen z.B. auf Mykorrhiza aus?

Im Folgenden sind die nächsten Etappenziele der einzelnen Projektgruppen aufgeführt.

Projektgruppen Mikrobiologie, Mykorrhiza und Fauna:

Als wichtigste Arbeit steht im Moment das Definieren von Referenzwertbereichen für die mikrobiologischen Methoden Biomasse und Bodenatmung sowie für die Regenwurmpopulationen an. Diese sollen zusammen mit den physikalischen Parametern die schon bestehenden chemischen Richt-, Prüf- und Sanierungswerte der VBBo 1998 ergänzen. Als Basis dienen Arbeiten der FAL für Ackerstandorte⁵ bzw. die Regenwurmerhebungen im Schweizer Mittelland auf Dauerwiesen⁶. Mikrobiologische Erhebungen liegen aus den Kantonen Bern, Freiburg und Genf vor und sind geplant für Aargau und St. Gallen. Das Mykorrhiza-Infektionspotential wird 2005 erstmals in mehreren Kantonen in einem Pilotversuch als Messgrösse verwendet. Regenwurmerhebungen werden seit 1993 regelmässig im KABO Bern durchgeführt und sind im Kanton Aargau geplant.

Als weiteren Schwerpunkt ist der Aufbau einer Datenbank für bodenbiologische Kennwerte zur Interpretation von Messwerten zu nennen. Im Zuge dessen soll auch die Wegleitung aus dem Jahre 1991 überarbeitet werden, sind doch im vergangenen Jahrzehnt viele Erkenntnisse hinzugekommen.

Mit Hilfe von Literaturstudien soll die Indikatorfunktion von Regenwürmern, Mikroorganismen und anderen Bodenlebewesen für chemische

⁵ Oberholzer et al. 1999

⁶ BUWAL Schriftenreihe 291

und/oder physikalische Belastungen ermittelt werden. Hierzu existieren bereits erste Arbeiten durch die VBB (vgl. Kapitel 2 und Literaturliste).

Weiter sollen einfache und kostengünstige Methoden zur Erfassung der mikrobiologischen Diversität entwickelt werden.

Wissensaustausch und Öffentlichkeitsarbeit:

Diese Projektgruppe unterhält und betreut die Wissensplattform „KMSoil“ und fördert so den Austausch unter den Bodenfachleuten aktiv. Der weiterhin grosse Bedarf an Informationen und Ausstellungsgegenständen zum Thema Boden-

lebewesen soll in Zukunft noch besser abgedeckt werden. Es ist zudem vorgesehen Informationen über den Bodenschutz bei verwandten Fachbereichen (z.B. im Naturschutz oder bei der Raumplanung) stärker einzubringen.

Langzeitbeobachtung:

Aufgrund der vorliegenden Resultate aus den Methodengruppen ist ein breiterer Einsatz in verschiedenen KABO-Programmen geplant (vgl. Kapitel 2). Auch der Einsatz im NABO ist für die Kantone von grosser Bedeutung, spielt das NABO doch eine wichtige Vorreiterrolle für die Kantone.

Tab. 2: Aktuelle und zukünftige Vollzugs- und Forschungsaufgaben im Bereich der Bodenbiologie.

- Referenzwertbereiche für bodenbiologische Basisparameter (mikrobielle Biomasse und Bodenatmung, Regenwurmpopulationen) definieren und in Langzeit-Beobachtungsprogrammen validieren
- Datenbank für bodenbiologische Kennwerte aufbauen
- „Wegleitung zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit“ von 1991 überarbeiten
- Vergleichbarkeit von mikrobiologischen Labormessungen durch Referenzböden und weitere Ringversuche (Qualitätssicherung) sicherstellen
- Literaturstudie zur Indikatorfunktion von Regenwürmern, Mikroorganismen und anderen Bodenlebewesen für chemische und/oder physikalische Belastungen erstellen
- Eignung von bodenbiologischen Parametern zur Erfassung von chemischen und physikalischen Bodenbelastungen prüfen
- Gemeinsames Labor für mikrobiologische Analysen, Bestimmungen des Mykorrhiza Infektionspotentials und Physikalische Messungen organisieren
- Öffentlichkeitsarbeit als Vollzugsaufgabe auch in verwandten Fachbereichen wie Naturschutz und Raumplanung weiterführen
- Auswirkungen von pathogenen, ortsfremden und/oder gentechnisch veränderten Organismen und deren Handhabung aufzeigen
- Auswirkungen ortsfremder Organismen z.B. auf Mykorrhiza überprüfen
- Langfristige Auswirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen auf Bodenorganismen abschätzen
- Zeitliche und räumliche Variabilität verschiedener Bodenlebewesen in einem unbelasteten Boden über mehrere Jahre erheben
- Interpretations- und Bewertungsschemen für verschiedene Kenngrössen, Arten und Organismengruppen theoretisch und praktisch vergleichen
- Einfache und kostengünstige Methoden zur Erfassung der mikrobiellen Diversität entwickeln und standardisieren
- Wegleitung zur bodenbiologischen Erfolgskontrolle bei Bodensanierungen und Rekultivierungen erarbeiten
- Wechselwirkungen zwischen biologischen, physikalischen und chemischen Bodenzuständen aufzeigen
- Mikrobiologische Analysen, Mykorrhiza- und Regenwurmbestimmungen am selben Standort durchführen
- Weitere mikrobiologische Methoden auswählen und standardisieren

Um der Veröffentlichung kantonaler Daten mehr Gewicht zu verleihen, sollen kantonsübergreifende Publikationen erarbeitet werden. Eine erste gemeinsame Auswertung bestehender KABO-Daten ist im Bereich Waldböden zwischen den Kantonen Aargau, Bern, St. Gallen und Zürich vorgesehen. Im Weiteren soll das Vorgehen sowohl bei den Wald- als auch bei den Landwirtschafts-Dauerbeobachtungsflächen koordiniert werden (Parameter-Wahl, Laboranalysen, Standort-Absprache).

Eine gezielte Zusammenarbeit soll es ermöglichen, trotz der beschränkten personellen und finanziellen Mittel die nun etablierten Methoden einzusetzen.

Für die VBB ergeben sich also auch neue Arbeitsschwerpunkte. Tabelle 2 zeigt einen Überblick über zukünftige Vollzugs- und Forschungsaufgaben im Bereich Bodenbiologie und Bodenschutz.

Publikationen und begleitete Projekte der VBB

- Arbeitsgruppe ökonsult/Cuendet, 1997: Die Regenwurmfauna von Dauergrünland des Schweizer Mittellandes. Synthesebericht. Vergleichswerte als Interpretationsgrundlage für Regenwurmerhebungen. BUWAL Schriftenreihe Umwelt Nr. 291. Bern.
- Arbeitsgruppe VBB, 1996: Die Arbeitsgruppe „Vollzug Bodenbiologie, VBB“ stellt sich vor.
- Arbeitsgruppe VBB, 1998: Übersicht über laufende und seit 1995 abgeschlossene Projekte im Bereich angewandte Bodenbiologie (CH). Stand Anfang 1998.
- Arbeitsgruppe VBB, 2004: Bodenbiologie. Stand der Vollzugs- und Forschungsaufgaben 2004.
- BUWAL (Hrsg.), 1997: Regenwurmfauna von Dauergrünland des Schweizerischen Mittellandes. Vergleichswerte als Interpretationsgrundlage für Regenwurmerhebungen. Synthesebericht. Schriftenreihe Umwelt Nr. 291. 91 S. Autoren: Arbeitsgemeinschaft ökonsult (R. Stähli, E. Suter)/G. Cuendet.
- BUWAL: Referenzwerte-Bereiche für Regenwurmpopulationen in Dauergrünland. Bericht Schriftenreihe Umwelt Boden Nr. 291.
- Eidgenössische Forschungsanstalten FAL RAC FAW, 1996: Schweizerische Referenzmethoden der Eidgenössischen Landwirtschaftlichen Forschungsanstalten. Band 2. Bezug: FAL, Reckenholzstrasse 191/211, 8046 Zürich.
- Fließbach, A. und Mäder, P., 2004: Short- and long-term effects on soil microorganisms of two potato pesticide spraying sequences with either glufosinate or dinoseb as defoliant. *Biology and Fertility of Soils* 40: 268-276.
- Fry, P., 1994: Stand der Anwendung bodenbiologischer Methoden im Bodenschutz. *Bulletin BGS*. 18: 15-21.

- Fry, P., C. Maurer-Troxler und A. Enggist, 1994: Einsatz bodenbiologischer Methoden in der langfristigen Bodenbeobachtung. In: K. Alef, H. Fiedler und O. Hutzinger (Hrsg.), 1994: ECOINFORMA. 3. Fachtagung und Ausstellung für Umweltinformation und Umweltkommunikation. Bd. 5 (Umweltmonitoring und Bioindikation): 273-280. Wien.
- Fry, P., E. Laczko, N. Maire, C. Maurer-Troxler und K. Nowack, 1997: Vergleichbarkeit von bodenmikrobiologischen Messungen. Mikrobielle Biomasse (SIR, FEM, ATP), Basalatmung und Zelluloseabbau. Bodenschutzfachstellen der Kantone Aargau, Bern und Solothurn (Hrsg.). 46 S. Bezug: Baudepartement des Kantons Aargau, Abteilung Umweltschutz, Entfelderstrasse 16, CH-5001 Aarau.
- Fry, P., E. Laczko, N. Maire, C. Maurer-Troxler, K. Nowack, unter Mitarbeit von W. Jäggi, P. Mäder und H.-R. Oberholzer, 1997: Vergleichbarkeit von bodenmikrobiologischen Messungen. Mikrobielle Biomasse (SIR, FEM, ATP), Basalatmung und Zelluloseabbau. Bodenschutzfachstellen der Kantone Aargau, Bern und Solothurn (Hrsg.). Bezug: Baudepartement, Abt. Umweltschutz, Buchenhof, 5001 Aarau.
- Galli, U., 1997: Der Einbezug von Methoden aus dem Bereich der Wurzelpilz symbiose zur Bodenbeurteilung. Literaturstudie im Auftrag der Arbeitsgruppe Vollzug Bodenbiologie, Projektgruppe Mykorrhiza. 43 S. Bezug: U. Galli, Beratender Biologe, Archstr. 70, 2540 Grenchen.
- Heeb, J. und F. Vetter, 1995: Ansatz für eine integrative Auswertung bodenbiologischer Messergebnisse. BUWAL Umwelt-Materialien. Nr. 30. Bern.
- Hörler, H., 1998: Gartenlehrpfad. Naturnah, Hinterer Schermen 29, 3063 Ittigen. Finanziert durch Bund und Kantone.
- Mäder, P., K. Nowack und T. Alföldi, 1993: Literaturstudie zur Wahl der Methode für die Schätzung der mikrobiellen Biomasse im Boden sowie zur zeitlichen und räumlichen Variabilität der mikrobiellen Biomasse, der Bodenatmung, und des Zelluloseabbaus. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, 5070 Frick. Baudepartement Kanton Aargau (Hrsg.), Abteilung Umweltschutz, 5001 Aarau.
- Nowack, K. und P. Mäder, 1995: Literaturstudie zur Empfindlichkeit der mikrobiellen Biomasse und der Bodenatmung auf die Schwermetalle Blei, Kupfer, Cadmium und Zink. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Oberwil, Auftrag und Bezug: Aargauisches Baudepartement, Abteilung Umweltschutz, Buchenhof, 5001 Aarau.
- Nowack, K. und P. Mäder, 1996: Stichprobenvarianz von bodenmikrobiologischen Kennwerten – eine Fallstudie im Hinblick auf die Entwicklung von Probenahmestrategien. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 81 381-384.
- Nowack, K. und P. Mäder, 1997: Temporal and spatial variability of soil microbial parameters strategies. In: *Proceedings of ECO-INFORMA'97*, October 6 - 9, 1997, Munich. Information and Communication in Environmental and Health Issues. Eco-Infoma Press, D-95444 Bayreuth, Germany. S.259-264.
- Nowack, K. und P. Mäder, 1999: Abschlussbericht des Projektes „Einsatz bodenmikrobiologischer Methoden in der Landwirtschaft und im Bodenschutz“ zuhanden des BUWAL. Bezug: FiBL, Ackerstrasse, Postfach, 5070 Frick.

Nowack, K. und P. Mäder, 1999: Methodenstandardisierung Dehydrogenaseaktivität und N-Mineralisierung. Teil des Abschlussberichts des Projektes „Einsatz bodenmikrobiologischer Methoden in der Landwirtschaft und im Bodenschutz“ zuhanden des BUWAL. Bezug: FiBL, Ackerstrasse, Postfach, 5070 Frick.

Nowack, K., Bono R., Fry P., Muntwyler T, Maurer-Troxler C., von Rohr, G., Rüesch-Domenig, C., Krebs R., 1999: Bodenbiologie und Bodenschutz. Hrsg. Arbeitsgruppe Bodenbiologie VBB.

Nowack, K., H.R. Oberholzer, P. Mäder, und E. Laczko, 1999: Datenbank für bodenmikrobiologische Kennwerte – Konzept. VBB.

Oberholzer H.R. und P. Mäder, 2003: Bodenqualität bei biologischer und integrierter Bewirtschaftung. Schriftenreihe der FAL (45): 60-65.

Oberholzer, H.-R. und H. Höper, 2000: Reference systems for the microbiological evaluation of soils. Kongressband VDLUFA-Schriftenreihe 55, Teil2: 19-34.

Oberholzer, H.-R., J. Rek, P. Weisskopf und U. Walther, 1999: Evaluation of soil quality by means of microbiological parameters related to the characteristics of individual arable sites. *Agribiol. Res.* 52,2:113-125.

Rossier, N et Dessureault, J., 2004: Evolution des paramètres biologiques des sol agricoles fribourgeois. *Revue Suisse Agric* 36 (2): 77-82.

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

Schmied, B., 1997: Einsatz bodenbiologischer Methoden in der Bodenüberwachung. Literaturstudie. 47 S. Auftrag und Bezug: Baudepartement des Kantons Aargau, Abteilung Umweltschutz, Entfelderstrasse 16, CH-5001 Aarau.

Vetter, F., 1996: Regenwurmausstellung. Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid. Finanziert durch Bund und Kantone.

3.2. Bewertungskonzept und Methodempfehlungen zur Abschätzung von Risiken von GVO und anderen biologischen Belastungen auf das Ökosystem des Bodens

Hans-Rudolf Oberholzer, Agroscope FAL

Reckenholz, 8046 Zürich

E-mail: hansrudolf.oberholzer@fal.admin.ch

Paul Mäder, FiBL, 5070 Frick

E-mail: paul.maeder@fibl.ch

Im letzten Jahrzehnt sind bodenbiologische Methoden zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit mit grossem Aufwand weiterentwickelt

worden. Die Methoden wurden aber nicht spezifisch ausgewählt zur Indikation von biologischen Belastungen, zu denen nach der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) gentechnisch veränderte Organismen (GVO) und pathogene Organismen gehören. Die VBBo soll aber einen umfassenden Schutz der Struktur und Funktionen der Bodenbiozöosen sicherstellen.

Im Rahmen eines Forschungsschwerpunktes zum Thema Biosicherheit in der ausserhumanen Gentechnologie fördert das BUWAL Projekte zu den Themen „*Früherkennung von unerwarteten und langfristigen Umweltauswirkungen von GVO*“, „*Analyse ethischer Fragen zur Risikobewertung*“, „*Risiken für das Ökosystem Boden*“ sowie „*Risiken für Nichtzielorganismen*“. Das hier beschriebene Projekt ist im Bereich „*Risiken für das Ökosystem Boden*“ angesiedelt. Es wird in Zusammenarbeit von Agroscope FAL Reckenholz (H.-R. Oberholzer, Projektleiter, S. Scheid, F. Widmer, J. Mayer und O. Daniel) und dem Forschungsinstitut für biologischen Landbau (P. Mäder, A. Fliessbach, K. Nowack und B. Oehen) durchgeführt und dauert 2 ½ Jahre.

Das Ziel des Projektes ist die Erarbeitung eines Bewertungskonzeptes für das Risiko von GVO und anderen biologischen Belastungen. Methoden zur Erfassung wichtiger bodenbiologischer Funktionen werden diesbezüglich evaluiert. Die für die verschiedenen Risikoszenarien am besten geeigneten Methoden werden für eine Risikobeurteilung von biologischen Belastungen vorgeschlagen und exemplarisch in Modell- und Feldversuchen geprüft. Darauf basierend erarbeiten wir Vorschläge für die Umsetzung des Bewertungskonzeptes.

In einem ersten Teil wird ein Bewertungskonzept für das Risiko von GVO, exotischen und pathogenen Organismen erarbeitet.

Grundlage bildet eine Aufarbeitung des Begriffs der Bodenfruchtbarkeit unter dem Gesichtspunkt der bodenbiologischen Funktionen. Daran schliesst sich ein kritischer Vergleich der existierenden Bewertungskonzepte im Europäischen Raum und eine Evaluation der vorgeschlagenen Methoden an. Die bisher publizierten Ergebnisse zu den direkten und indirekten Auswirkungen von GVO und anderen biologischen Belastungen auf die Bodenfunktionen werden zusammengestellt. Basierend auf diesen Teilschritten wird dann ein Bewertungskonzept erstellt.

Im zweiten, experimentellen Teil wird das vorgeschlagene Bewertungskonzept in einer Fallstudie im Modellversuch bei der Anwendung von exotischen Organismen überprüft.

Dazu werden exotische Bakterien- oder Mykorrhizastämme in einen vom Feld stammenden, also belebten Boden zugegeben und darin Pflanzen in Containern im Gewächshaus kultiviert. In Anlehnung an den unten beschriebenen Feldversuch werden in einem Verfahren sogenannte effektive Mikroorganismen (EM) angewendet. Als Kontrolle dienen nicht-inokulierte Böden. Anschliessend wird untersucht, wie sich die im ersten Teil ausgewählten biologischen Messparameter entwickeln. Kriterien zur Bewertung der Methoden sind die Wirkung, die Sensitivität und Variabilität.

Zusätzlich wird das Bewertungskonzept in einer zweiten Fallstudie in einem Feldversuch ebenfalls mit exotischen Mikroorganismen überprüft. Als Infrastruktur dient ein 2003 gestarteter Versuch, in dem schon seit zwei Jahren EM im Feld ausgebracht werden. Diese Organismen wurden in Japan entwickelt und beinhalten u.a. Bakterien und Hefepilze, die zusammen mit verschiedenen Trägermaterialien zum Boden gegeben werden. Insgesamt stehen im Feldversuch 10 Verfahren zur Verfügung, die in vierfacher Wiederholung geführt werden. Die Kontrollböden bleiben uninokuliert. Bodenproben werden nach dem erarbeiteten Konzept im vierten Versuchsjahr gezogen, und dieselben biologischen Messparameter wie im Modellversuch werden analysiert.

Anschliessend an den experimentellen Teil wird anhand der Ergebnisse das ursprüngliche Bewertungskonzept zur Risikoabschätzung des Eintrages von GVO, exotischen und pathogenen Organismen aktualisiert. Die Methoden werden re-evaluiert und Vorschläge für Referenz und Erwartungswerte zur Risikoabschätzung werden ausgearbeitet. Die Resultate aller Projektteile sollen in einem Synthesebericht zusammengefasst werden.

Weitere Informationen zu den Projekten des Forschungsschwerpunktes: www.umweltschweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_biotechnologie/project.

3.3. Referenzwertbereiche für bodenbiologische Kennwerte

*Claudia Maurer-Troxler,
ASP, Bodenschutzfachstelle, Kt. Bern,
3052 Zollikofen
E-mail: claudia.maurer@vol.be.ch
Hans-Rudolf Oberholzer,
Agroscope FAL Reckenholz, 8046 Zürich
E-mail: hansrudolf.oberholzer@fal.admin.ch
Gaby von Rohr,
Amt für Umwelt/Fachstelle Bodenschutz, Kt. Solothurn, 4509 Solothurn
E-mail: gaby.vonrohr@bd.so.ch*

In den vergangenen 10 Jahren wurde in zahlreichen Grundlagen- und Anwendungsprojekten eine breite Datenbasis über mikrobiologische und faunistische Parameter erarbeitet (siehe Kapitel 3.1, S. 6). Die Mitglieder der Arbeitsgruppe VBB sind deshalb daran, einen Vorschlag zu Referenzwertbereichen für den Bodenschutz im Bereich Bodenbiologie zu erarbeiten.

Die VBBo enthält Bewertungskriterien für das Vorgehen bei chemischen Bodenbelastungen (Richt-, Prüf- und Sanierungswerte) sowie bei Erosion auf Ackerflächen. Für schädliche Bodenverdichtungen besteht seit Kurzem das Dokument Nr. 13 der BGS, das Vorschläge für Richt- und Prüfwerte zur Definition von Bodenschadverdichtungen beinhaltet sowie empfohlene Feld- und Labormethoden. Ein analoger Vorschlag im Bereich Bodenbiologie ist das Ziel unserer Gruppe.

Biologische Parameter stellen Indikatoren der Bodenqualität dar, die kurz-, mittel- und langfristige Veränderungen der Bodenfruchtbarkeit integrierend anzeigen können. Im Bereich Mikrobiologie werden die mikrobielle Biomasse primär mit der SIR- und FE-Methode erhoben, vergleichende Untersuchungen mit ATP laufen im Kanton Fribourg. Die Bodenatmung ist ein zentraler mikrobieller Parameter in Acker- und Dauergrünlandböden. Für die Beurteilung von Regenwurmpopulationen in Wiesen bestehen bereits Referenzwertbereiche; entsprechende Erhebungen werden regelmässig im Kanton Bern durchgeführt.

Die genaue Beschreibung der Methode, ihrer Einsatzbereiche und – bei den mikrobiellen Parametern – ihrer Berechnungsgrundlagen sind Inhalt des geplanten Dokumentes.

4. Forum

4.1. Auswirkungen von Antibiotika auf die Bodenmikroflora

*Andreas Fließbach,
FiBL, Ackerstrasse, CH-5070 Frick,
E-mail: andreas.fliessbach@fibl.org
Alexander Hauri,
Gratstrasse 4, 8143 Üetliberg
E-mail: alexander.hauri@bluewin.ch*

Bakterielle Erkrankungen von Mensch und Tier werden seit mehr als 50 Jahren erfolgreich mit Antibiotika behandelt (Mazel and Davies 2000). Unter Antibiotika versteht man in der Regel antibakterielle Substanzen, die das Wachstum, oder spezifische Syntheseprozesse in der bakteriellen Zelle hemmen (Davies 1997). Bei der Anwendung von Antibiotika wirken diese aber nicht nur auf die Krankheitserreger sondern auf das dynamische Gleichgewicht der Mikroorganismen in Mensch, Tier und der Umwelt. Empfindliche Mikroorganismen werden gehemmt oder eliminiert, während tolerante bzw. resistente Spezies die frei gewordenen Nischen besetzen können und so einen Selektionsvorteil haben. Einige Bakterienarten sind von Natur aus gegenüber gewissen Antibiotika unempfindlich, so greifen z.B. die Penicilline nur Gram-positive Bakterien mit ihrer spezifischen Zellwandstruktur an. Die Resistenz gegenüber Antibiotika wird relativ leicht erworben und ist meist schon wenige Jahre nach Markt-Einführung eines neuen Antibiotikums klinisch relevant (Mazel and Davies 2000). Der prophylaktische und zum Teil massive Einsatz der Therapeutika in der Human- und Veterinärmedizin hat zu einer weiten Verbreitung von Antibiotikaresistenzen geführt (Berger et al. 1986; Mary et al. 2000; Smalla et al. 2000). Die Resistenz ist genetisch determiniert, kann auf Plasmiden aber auch chromosomal lokalisiert sein (Smalla et al. 1997). Häufig werden Resistenzen gegenüber mehreren Antibiotika gemeinsam übertragen. Die Übertragung der Resistenz erfolgt auch zwischen verschiedenen bakteriellen Spezies. Daher ist Antibiotikaresistenz nicht nur ein klinisches, sondern auch ein ökologisches Problem.

Die eingesetzten Mengen an Antibiotika in der Schweiz entfallen rund zur Hälfte auf Humanantibiotika und zur anderen Hälfte auf Veterinärantibiotika. Die im Jahre 1997 in der Schweiz

verkauften 89 Tonnen Antibiotika waren zu 40% Futtermittelzusätze, zu 18% Veterinärantibiotika und die restlichen 31% wurden in der Humanmedizin eingesetzt (Alder 1999). Bis Mitte 1999 fanden Antibiotika auch als antimikrobielle Leistungsförderer (AML) Verwendung, die ein schnelleres Wachstum der Tiere bewirkten. Dieser Gebrauch von Antibiotika wurde mit Wirkung vom 1.6.1999 verboten, die eingesetzte Menge an verschreibungspflichtigen Antibiotika im Veterinärbereich scheint – anders als in Schweden – etwa konstant zu bleiben. Während im humanen Bereich die ausgeschiedenen Antibiotika zum grossen Teil im Abwasser landen und somit vor der Einleitung in die Vorfluter einer gewissen Reinigung unterzogen werden, gelangen die Antibiotika, die von den Nutztieren ausgeschieden werden, über Gülle, Mist und Einstreu relativ direkt in die Umwelt und den Boden. Grosse nationale und internationale Forschungsprojekte widmen sich dem Problem der Antibiotika in der Umwelt (NFP 49 Antibiotika-Resistenz: <http://www.nrp49.ch>; ERAVMIS: <http://www.silsoe.cranfield.ac.uk/ecochemistry>; POSEIDON: <http://www.eu-poseidon.com>). Viele antibiotisch wirksame Substanzen werden im Körper inaktiviert und wieder ausgeschieden. Zum Teil gelangen dabei grosse noch oder wieder aktive Mengen in die Umwelt. Eine direkte Anwendung von Antibiotika in der Umwelt z.B. gegen bakterielle Pflanzenkrankheiten ist in der Schweiz verboten, in einigen anderen Ländern Europas jedoch zum Teil zugelassen.

Die Umweltauswirkungen von Antibiotika sind bis in die frühen 90er Jahre kaum untersucht worden. Seitdem entwickelt sich – besonders angetrieben durch die zunehmenden Probleme bei der Therapie – ein Bewusstsein für das Umweltverhalten von Antibiotika. Im Rahmen einer Diplomarbeit (Hauri 2000) sind die Auswirkungen von Antibiotika auf die mikrobielle Biomasse des Bodens, die Bodenatmung, die Abundanz resistenter Mikroorganismen und die mikrobielle Gemeinschaft untersucht worden. Beispielhaft werden hier einige Resultate vorgestellt.

Im Rahmen dieser Studie wurden Penicillin und Sulfadimidin in sehr hohen Dosen mit Boden vermischt. Die jeweils geringste angewendete Dosierung entsprach ungefähr der Menge, die eine behandelte Kuh nach dem Urinieren punktuell auf dem Feld hinterlässt – der Effekt des Urins selbst wurde hier aber nicht untersucht.

Penicillin hemmt die Zellwandsynthese Gram⁺ Bakterien. Dieser Wirkmechanismus führt in der Regel zum Platzen und Absterben der Zelle. Die Resistenz beruht auf spaltenden Enzymen, den Penicillinasen. Zu den Sulfonamiden gehört das Sulfadimidin (Sulfamethazin), das die Folsäuresynthese bei Gram⁺ und Gram⁻ Bakterien

hemmt. Das Wachstum wird dadurch gehemmt. Die Resistenz ist chromosomal und extrachromosomal determiniert, zum Teil wird Sulfadimidin auch metabolisch inaktiviert. Es wird viel in der intensiven Schweinemast eingesetzt, während Penicillin häufig zur Euterbehandlung von Mastitiden bei Kühen angewendet wird.

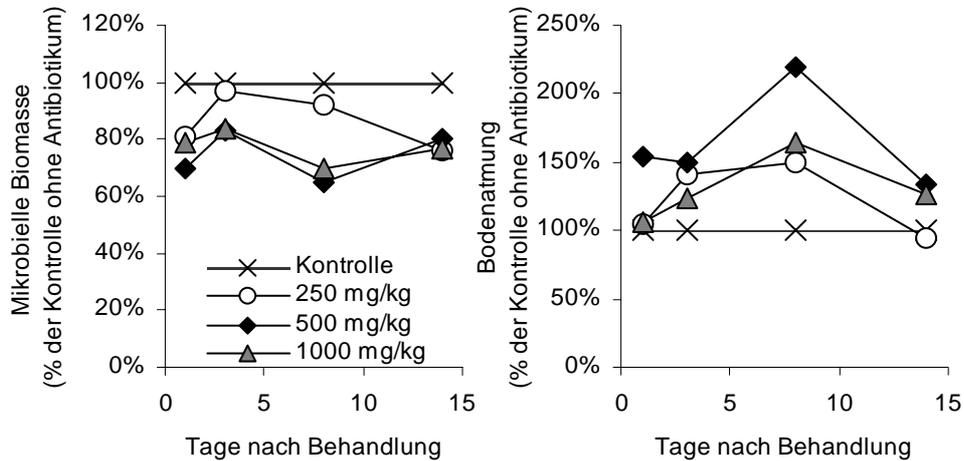


Abb. 3: Bodenatmung und mikrobielle Biomasse (relativ zur jeweils unbehandelten Kontrolle = 100%) im zeitlichen Verlauf nach Zugabe von Sulfadimidin.

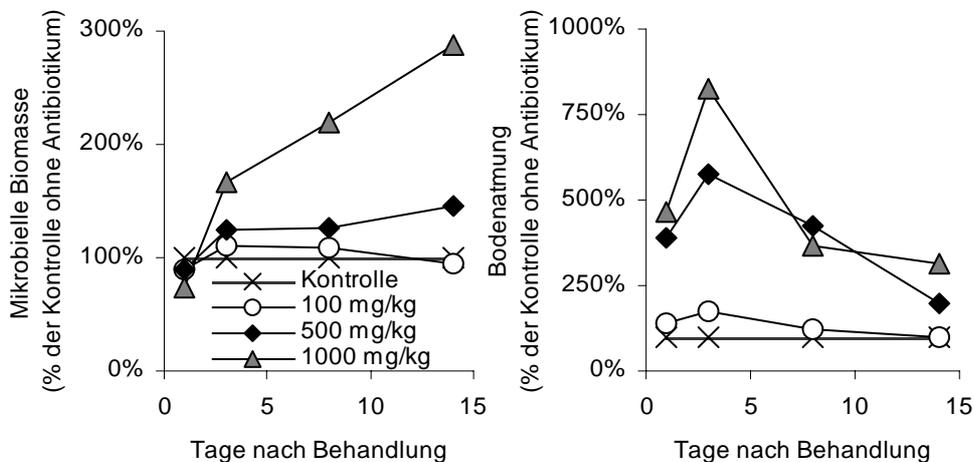


Abb. 4: Bodenatmung und mikrobielle Biomasse (relativ zur jeweils unbehandelten Kontrolle = 100%) im zeitlichen Verlauf nach Zugabe von Penicillin.

Mikrobielle Biomasse und Bodenatmung

Nach Zugabe von Sulfadimidin zum Boden zeigte sich bei allen Applikationsmengen eine Reduktion der mikrobiellen Biomasse um durchschnittlich 20% im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (Abb. 3). Die Bodenatmung stieg im Durchschnitt über alle Termine und Dosen um 40% an und schien wieder auf das ursprüngliche Niveau abzusinken. Die mikrobielle Biomasse

erholte sich jedoch nicht wieder auf das ursprüngliche Niveau.

Penicillin rief eine kurzfristige und geringfügige Reduktion der mikrobiellen Biomasse hervor, die nur beim ersten Messtermin erkennbar war (Abb. 4). Daraufhin vermehrten sich die Mikroorganismen, besonders stark bei hohen Penicillin-Mengen. Die Bodenatmung war schon 24h nach Antibiotika-Zugabe deutlich (4 – 5 mal

höher als die Kontrolle) erhöht. Dies deutet darauf hin, dass das Penicillin selbst, wie auch die abgetöteten Zellen als mikrobielle Nahrungsquelle dienen können. Der anfängliche Peak der Bodenatmung hat ein langes Tailing, das wahrscheinlich nach längerer Inkubationszeit als im Experiment wieder bei dem Wert der unbehandelten Kontrolle ankommen würde. Die mikrobielle Biomasse war lediglich bei den geringen Applikationsmengen auf dem Weg der Erholung, während die hohe Dosis auch nach 14-tägiger Inkubation immer noch eine Zunahme zeigte (Abb. 4).

Keimzahlen und mikrobielle Gemeinschaft

Sulfadimidin und Penicillin unterschieden sich entsprechend ihrer spezifischen Wirkungsweise. Aus Böden, die mit Antibiotika behandelt worden waren extrahierten wir die Bakterien und liessen sie auf Agar wachsen, dem die gleichen Antibiotika beigemischt waren. Auf diesem Agar wuchsen nur Antibiotika-tolerante Bakterien,

während auf dem Agar ohne Antibiotika die Gesamtzahl der Bakterien ermittelt wurde. Böden die nicht mit Antibiotika behandelt worden waren dienten als Kontrolle. Dieses Experiment erlaubt Aussagen über die Neubildung oder Vermehrung von Antibiotika-toleranten Bakterien im Boden.

Es zeigte sich, dass die Zugabe von Sulfadimidin zum Boden zu keiner Veränderung der Keimzahlen (CFU: colony forming units) führte. Demgegenüber vermehrten sich die Bakterien in Penicillin behandeltem Boden stark und auch der Anteil Penicillin-toleranter Bakterien nahm stark zu.

Der Substratnutzungstest unter Verwendung von Biolog ecoplates (Biolog Inc, Hayward, Cal. US) zeigte, dass sich die mikrobielle Gemeinschaft im Boden – unabhängig davon ob der Boden sehr fruchtbar (hohe biologische Aktivität) oder weniger fruchtbar war – durch Antibiotikazugabe deutlich veränderte.

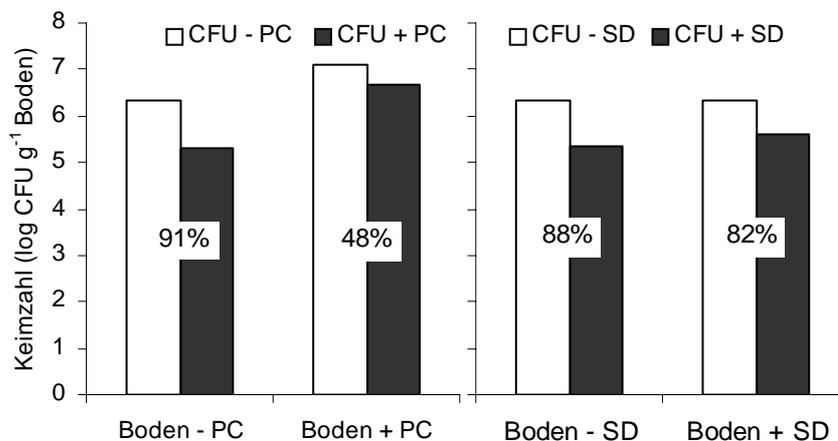


Abb. 5: Keimzahlen (CFU: colony forming units) aus Böden mit und ohne Zugabe von Antibiotika, die auf Nährmedien mit (100 mg/L) und ohne Penicillin (PC) oder Sulfadimidin (SD) wuchsen.

Schlussfolgerungen

Penicillin stimulierte die Bodenatmung, die mikrobielle Biomasse und Vermehrung (toleranter) Mikroorganismen. Sulfadimidin bewirkte eine leichte Erhöhung der Bodenatmung. Die mikrobielle Biomasse wurde verringert ohne Einfluss auf die Anzahl toleranter Bakterien. Beide Antibiotika bewirken eine Veränderung des Substratnutzungsspektrums. Dies ist ein Indikator für eine Veränderung der Arten-

zusammensetzung. Penicillin tötet empfindliche Bakterien ab. Die Bakterienleichen und der austretende Zellinhalt sind dann Nährstoffquelle für die übrigen Bodenbewohner. Die Resultate zeigen, dass Antibiotika in den verwendeten hohen Dosen starke akute bodenbiologische Effekte hervorrufen können, die aber zumindest was mikrobielle Biomasse und Bodenatmung betrifft wieder reversibel sind. Bei der Zunahme der resistenten Bakterien ist zu berücksichtigen, dass im ursprünglichen Boden schon resistente

Umweltverhalten von Sulfonamid Veterinärantibiotika

Christian Stamm,
Eawag, CH-8600 Dübendorf

Ein Grund für das begrenzte Verständnis der Auswirkungen der Veterinärantibiotika auf die Umwelt liegt darin, dass schon das Schicksal der Substanzen selbst relativ schlecht untersucht ist. Aus diesem Grund wird an der Eawag im Rahmen des NFP 49 zur Antibiotika-Resistenz das Umweltverhalten von Sulfonamiden, die im Veterinärbereich eingesetzt werden, untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass nach praxisüblichen Gülle-Applikationen Sulfonamid-Konzentrationen im Boden auftreten können, die über dem Trigger-Wert liegen, der bei einer Neuzulassung eine vertiefte Risikoabschätzung verlangen würde. Diese Konzentrationen über 100 µg/kg können auch mehrere Wochen nach der Applikation immer noch nachgewiesen werden (Stettler, 2004). Wie diese Substanzen an die Böden sorbiert werden und bis zu welchem Grad sie auch bioverfügbar sind, wird in zwei laufenden Teilprojekten untersucht.

Experimente auf der Plot- und Feldskala haben gezeigt, dass die Sulfonamide mit der Gülle nicht nur auf den Boden gelangen, sondern von dort aus auch abgeschwemmt werden können und ins Gewässer gelangen (Burkhardt et al., im Druck; Stoob et al., 2005). Allerdings scheinen die Konzentrationen in Oberflächen- und Grundwässern sehr viel tiefer als im Oberboden zu sein, so dass die grössten Effekte auf die Mikroorganismen beim momentanen Wissensstand in der Gülle selbst und im Oberboden zu erwarten sind. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass mit der Gülle nicht nur die Antibiotika sondern auch direkt resistente Bakterien in die Umwelt gebracht werden. Auf der anderen Seite deuten unsere Daten aber auch darauf hin, dass die Resistenzgene auch schon in unbelasteten Böden vorhanden sein können (Stoob et al., 2005). Es bestehen deshalb noch zahlreiche Wissenslücken, die einer abschliessenden Risikobeurteilung im Wege stehen.

Burkhardt, M., Stamm, C., Waul, C., Singer, H., Müller, S. accepted: Surface Runoff and Transport of Sulfonamide Antibiotics and Tracers on Manured Grassland, *Journal of Environmental Quality*.

Stettler, S. 2004: Extrahierbarkeit und Transportverfügbarkeit von Sulfonamiden in Grünlandböden nach Gülle-Applikation. Diplomarbeit, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich.

Stoob, K., Schmitt, H., Wanner, M. 2005: Antibiotikaeinsatz in der Landwirtschaft – Folgen für die Umwelt. *EAWAG news* 59: 12-15.

Keime vorkamen, dass die angewendeten Antibiotikamengen sehr hoch waren und dass – gemäss unserem Szenario – nur kleine Flächen belastet wurden. In weiteren Untersuchungen müsste geklärt werden, wie die Antibiotika in Kombination mit dem Urin auf die Bodenorganismen wirken und wie die Zunahme der antibiotikaresistenten Keime ökotoxikologisch zu bewerten ist.

Die Auswirkungen wie auch das Verhalten von Antibiotika in der Umwelt sind schlecht untersucht (s. Box) und über chronische Effekte gibt es kaum Informationen. Der massive Einsatz von Antibiotika in der Tierhaltung und Humanmedizin ruft deshalb einerseits nach vermehrter Risikoforschung, andererseits nach einem sorgfältigen und Zielbewussten Einsatz dieser sehr wirksamen Substanzen.

Literatur

- Alder, A.C. 1999: Pharmazeutika in der aquatischen Umwelt. In: S. Müller (Hrsg.) *Veterinärpharmaka: Relevanz für die Umwelt?*. Bern
- Berger, K., Petersen, B. und Büning-Pfaue, H. 1986: Persistenz von Gülle-Arzneistoffen in der Nahrungskette. *Archiv für Lebensmittelhygiene* 37: 99-102.
- Davies, J.E. 1997: Origins, acquisition and dissemination of antibiotic resistance determinants. In: D.J. Chadwick, J. Goode (Hrsg.) *Antibiotic resistance: origins, evolution, selection and spread*. (CIBA Foundation symposium, 207) pp 15-35. Wiley, Chichester.
- Hauri, A. 2000: Auswirkungen von Antibiotika aus der Tierhaltung auf die Bodenmikroorganismen. In: Departement Umweltnaturwissenschaften in Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut für biologischen Landbau. pp 94. Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich.
- Mary, P., Defives, C. und Hornez, J.P. 2000: Occurrence and multiple antibiotic resistance profiles of non-fermentative gram-negative microflora in five brands of non-carbonated french bottled spring water. *Microbial Ecology* 39: 322-329.
- Mazel, D. und Davies, J. 2000: Antibiotics, present and future. In: C.R. Bell, M. Brylinski und P. Johnsons-Green (Hrsg.) *Microbial Biosystems: New Frontiers - 8th International Symposium of Microbial Ecology*, Halifax, Canada, 9.-14.08.1998.
- Smalla, K., Gebhard, F. und Heuer, H. 2000: Antibiotika-Resistenzgene als Marker in gentechnisch veränderten Pflanzen - Gefahr durch horizontalen Gentransfer? *Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst* 52: 62-68.
- Smalla, K., Wellington, E. und van Elsas, J.D. 1997: Natural Background of Bacterial Antibiotic Resistance Genes in the Environment. In: A. Holck (Hrsg.) *Nordic Seminar on Antibiotic Resistance Marker Genes and Transgenic Plants*. Oslo, 12.-13.6.1997.