

VBB-Bulletin Nr. 14 / April 2012

1. Bericht der Präsidentin.....	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.....	5
3. Ausgewählte Projekte der VBB.....	6
3.1. Bewirtschaftungsprobleme durch übermässigen Besatz und Aktivität des Schwarzkopfrengwurms <i>Nicodrilus</i> <i>nocturnus</i>	6
3.2. Monitoring der Bodenfruchtbarkeit nach Umstellung des Gutes Rheinau auf biodynamische Wirtschaftsweise	9
4. Forum	12
4.1. Lassen sich suppressive Eigenschaften von Böden übertragen?.....	12

1. Bericht der Präsidentin

*Sophie Campiche, Schweizerisches Zentrum für
angewandte Ökotoxikologie Eawag-ETHL,
Lausanne*

Der Boden als lebendes System ist Lebensraum zahlreicher Tier- und Pflanzenarten sowie einer grossen Vielfalt von Mikroorganismen. Gleichzeitig stellt er eine knappe, nicht erneuerbare Ressource dar, die für das Leben unverzichtbar ist und daher geschützt werden muss. Der Boden ist jedoch diversen Einwirkungen chemischer, physikalischer oder biologischer Art ausgesetzt. Diese können ihn schädigen und dadurch unter anderem seine biologische Funktionsfähigkeit und seine Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Auch wenn der Boden in seiner Funktion als Ressource nach wie vor häufig unterschätzt wird, so ist man sich seiner Bedeutung in den letzten Jahren zunehmend bewusst geworden. So hat zum

Beispiel der Schweizerische Nationalfonds zu Beginn dieses Jahres im Auftrag des Bundesrates das Nationale Forschungsprogramm 68 (NFP 68) über die «nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» ausgeschrieben. Dieses NFP hat zum Ziel, «das Wissen über Bodensysteme zu verbessern, Instrumente zur Einschätzung der Ressource Boden zu entwickeln und Strategien für eine nachhaltige Landnutzung zu erarbeiten». Es konzentriert sich unter anderem auf die Suche nach Instrumenten zur Bodenbewertung, etwa im Hinblick auf die Bestimmung von Indikatoren, mit welchen die Fruchtbarkeit und Qualität des Bodens sowie Veränderungen bezüglich seiner Funktionen festgestellt werden können.

Die Arbeitsgruppe «Vollzug Bodenbiologie» (VBB) ist bereits seit über 15 Jahren auf diesem Gebiet aktiv, wobei sie sich auf den Schutz und die Beobachtung der Böden aus biologischer Sicht konzentriert. Die Arbeitsgruppe VBB tritt zweimal jährlich im Rahmen eintägiger Sitzungen zusammen, an denen der Austausch von Informationen gepflegt wird und neue Strategien zur Thematik ausgearbeitet werden. In der vorliegenden 14. Ausgabe des Bulletins informiert die VBB über die neusten Fortschritte auf diesem Gebiet. Im vergangenen Jahr haben sich die Mitglieder der VBB verschiedenen Themenbereichen gewidmet. So erörtert die ART in ihrem Beitrag (Seite 6) eine eher ungewöhnliche Problematik, nämlich die Besiedlung der Ostschweizer Alpenweiden durch eine bestimmte Regenwurm-species: Gelten Regenwürmer im Allgemeinen als nützlich für die Bodenfruchtbarkeit, so erweist sich die fragliche Species als für die Bewirtschaftung problematisch. Das FiBL berichtet über das Potenzial biologischer Parameter für das Monitoring der Bodenfruchtbarkeit nach einer Umstellung landwirtschaftlicher Nutzflächen auf biodynamische Bewirtschaftung (Seite 9). Ein weiteres Thema sind die suppressiven Eigenschaften von Böden und ihre Übertragbarkeit (Seite 12).

Die meisten Projektgruppen haben ihre verschiedenen begonnenen Arbeiten wieder aufgenommen oder weiterverfolgt. So ist auch die Projektgruppe Wissensaustausch und Öffentlichkeitsarbeit wieder tätig geworden: Die Projektgruppe traf sich zu einer Sitzung mit dem Ziel, die Benutzerfreundlichkeit der Plattform KMSOIL zu verbessern. KMSOIL dient dem Informationsaustausch und ermöglicht eine bessere Zusammenarbeit der mit dem Schutz des Bodens beauftragten Bundesstellen (Kapitel 2.1). Die Projektgruppe Fauna trat mehrmals zusammen, um eine Auslegeordnung der verfügbaren Daten zur Fauna der Schweizer Böden vorzunehmen, diese Daten zu diskutieren und bestehende Lücken ausfindig zu machen (Kapitel 2.2). Ich wünsche mir, dass die Mitglieder der Arbeitsgruppe «Vollzug Bodenbiologie» zum Schutz der Böden auch künftig konstruktiv zusammenarbeiten und ihre Projekte engagiert weiterverfolgen. Zudem hoffe ich, dass der Erfahrungsaustausch und neue Erkenntnisse dazu beitragen werden, das Interesse an diesem noch häufig vernachlässigten Fachgebiet zu verstärken. Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre!

Impressum VBB-Bulletin Nr. 14/2012

Herausgeberin

VBB (Arbeitsgruppe «Vollzug Bodenbiologie»)

Die kantonalen Bodenschutzfachstellen und das Bundesamt für Umwelt (BAFU) 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 (VBBö).

Vorsitzende seit 2010

Sophie Campiche

Centre ecotox

EPFL ENAC IIE-GE

GR B0 391

Station 2

CH-1015 Lausanne

Tel. 021 693 6258

E-Mail: sophie.campiche@oekotoxzentrum.ch

Sekretariat und Bezug

Dr. Paul Mäder

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)

Ackerstrasse

CH-5070 Frick

Tel. 062 865 72 32

Fax. 062 865 72 73

E-Mail: paul.maeder@fibl.org

Das Bulletin ist auch auf Internet verfügbar:

<http://www.bafu.admin.ch/bodenschutz/> >

Schwerpunkte > Bodenbiologie

Name und Arbeitsinhalt	Mitglieder	Kontaktperson
Wissensaustausch und Öffentlichkeitsarbeit		
<ul style="list-style-type: none"> - Information und Sensibilisierung der Öffentlichkeit für den Bodenschutz - Erfahrungs- und Wissensaustausch 	C. Maurer-Troxler (BE) D. Mösch (AG) D. Schluop (SG) D. Schmutz (BL) R. von Arx (BAFU) G. von Rohr (SO) T. Wegelin (ZH) D. Widmer (LU)	Daniela Schluop Baudepartement, Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen Lämmli brunnenstrasse 54 CH-9001 Sankt Gallen Tel. 058 229 43 41 daniela.schluop@sg.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 - Erarbeiten von Interpretationsgrundlagen (Referenzwertmodelle) 	W. Heller (ACW) A. Fliessbach (FiBL) P. Mäder (FiBL) H.-R. Oberholzer (ART)	Dr. Hans-Rudolf Oberholzer Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART Reckenholzstrasse 191 CH-8046 Zürich Tel. 01 377 72 97 hansrudolf.oberholzer@art.admin.ch
Mykorrhiza		
<ul style="list-style-type: none"> - Erarbeiten und Validieren von Standardmethoden zur Beschreibung des Mykorrhiza-Zustandes von Böden 	S. Egli (WSL) H. Gamper (ETH) C. Maurer-Troxler (BE) P. Mäder (FiBL) H.R. Oberholzer (ART) F. Oehl (ART)	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 - Entwicklung von ökotoxikologischen Testmethoden 	S. Campiche (Centre Ecotox) E. Havlicek (BAFU) C. Maurer-Troxler (BE) L. Pfiffner (FiBL)	Dr. Claudia Maurer-Troxler Amt für Landwirtschaft und Natur Rütli CH-3052 Zollikofen Tel. 031 910 53 33 claudia.maurer@vol.be.ch
Langzeitbeobachtung (Aktivitäten sistiert)		
<ul style="list-style-type: none"> - Koordination von bodenbiologischen Untersuchungen in KABO's - Pilotuntersuchungen zur Langzeitbeobachtung (Zusammenarbeit mit ART-Projekt) 	U. Gasser (ZH) C. Maurer-Troxler (BE) H.-R. Oberholzer (ART) D. Mösch (AG) D. Schluop (SG) G. Schmid (SG) P. Schwab (ART)	Dr. Claudia Maurer-Troxler Amt für Landwirtschaft und Natur Rütli CH-3052 Zollikofen Tel. 031 910 53 33 claudia.maurer@vol.be.ch

2. Tätigkeiten der Projektgruppen

2.1. Projektgruppe Wissensaustausch und Öffentlichkeitsarbeit

Daniela Schluep, Baudepartement, Amt für Umwelt und Energie Kanton St. Gallen

Die Projektgruppe hat ihre Arbeit nach einer längeren Pause wieder aufgenommen. Als Thema soll vorerst die Überarbeitung des KMSOIL in Angriff genommen werden. Eine Umfrage bei den Kantonalen Bodenschutzfachstellen ergab, dass KMSOIL als Austauschplattform zwar geschätzt wird, jedoch benutzerfreundlicher werden soll, dies insbesondere beim Login (Verzicht auf Zertifikate) und bei den Suchfunktionen. Weiter sollen die Zuständigkeiten neu geregelt und Ordnung in die vorhandenen Dokumente in der Infothek gebracht werden. KMSOIL soll eine interaktive Hilfe erhalten (das bestehende Handbuch interaktiv gestalten) und die Menüführung soll besser, intuitiver und moderner gestaltet werden. Zum Beispiel sollten ein Logoutknopf und klarere «Zurück»-Buttons vorhanden sein. Es soll zudem geprüft werden, ob KMSOIL durch eine externe Stelle fachlich betreut werden soll.

Erste Sitzungen mit dem BAFU haben folgendes Bild bezüglich Situation des KMSOIL ergeben: Das KMSOIL ist eine Applikation des Computersystems GEVER, das beim BAFU vor ungefähr 10 Jahren eingeführt wurde. Das System zeigte in den letzten 2 Jahren vermehrt Probleme, welche auch Auswirkungen auf KMSOIL hatten. Das BAFU ist aufgrund dieser Probleme momentan daran, das GEVER-System zu überarbeiten. Nach Gesprächen mit den zuständigen Informatikfachleuten des BAFU wird nun die Verbesserung von KMSOIL in zwei Phasen und abhängig von der GEVER-Überarbeitung umgesetzt.

Erste Phase: Das bestehende KMSOIL wird sofort mit kleineren Arbeiten so weit gebracht, dass die Performance (Schnelligkeit), das Login (inkl. Zertifikatsinstallation) und die Suche verbessert werden. Alle Nutzerinnen und Nutzer, die Probleme mit KMSOIL haben, sollen sich unmittelbar an den Servicepoint des BAFU wenden (servicepoint@bafu.admin.ch). Das BAFU hat der Arbeitsgruppe zugesichert, dass sich die Mitarbeiter so schnell wie möglich um die Lösung jeglicher KMSOIL-Probleme bemühen.

Zweite Phase: Das BAFU bereitet die Überarbeitung von KMSOIL im Rahmen der GEVER-Überarbeitung vor. Es kann sein, dass KMSOIL

aus dem GEVER-System herausgelöst wird. Dieser Grundsatzentscheid wird von der BAFU-Direktion im Sommer 2012 gefällt. Die weiteren Entwicklungen hängen von diesem Entscheid ab, weshalb die Arbeitsgruppe bis dahin keine weiteren Sitzungen geplant hat.

2.2. Projektgruppe Mikrobiologie

Hans-Rudolf Oberholzer, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Die Arbeitsgruppe Mikrobiologie hat sich intensiv mit bodenmikrobiologischen Analysen am Projekt «Mykorrhiza-Infektionspotenzial» der Projektgruppe Mykorrhiza beteiligt, in das auch zahlreiche Kantone involviert waren.

2.3. Projektgruppe Mykorrhiza

Simon Egli, WSL Birmensdorf

Die Projektgruppe Mykorrhiza hat im Rahmen des im Jahr 2009 gestarteten BAFU Projekts zum Mykorrhiza-Infektionspotenzial (MIP) die Datenerhebung abgeschlossen. 153 Landwirtschaftsböden aus KABO- und NABO-Beobachtungsstandorten der Kantone AG, BE, FR, GR, SG, ZH wurden einem Biotest unterzogen, um das Infektionspotential arbuskulärer Mykorrhizapilze zu bestimmen. Chemische, physikalische, biologische und mikrobiologische Analysen von Böden und Testpflanzen wurden zur Ergänzung und Diskussion der Analysen des MIP miteinbezogen. Hauptziel ist die Überprüfung der Eignung des MIP als integrativer Parameter zur Beurteilung der Bodenqualität und die Frage, welche Standortfaktoren und Nutzungsformen die Gemeinschaft der arbuskulären Mykorrhizapilze und ihr Infektionspotential beeinflussen.

2.4. Projektgruppe Fauna

Claudia Maurer-Troxler, Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern

Die ersten Sitzungen dieser wieder aktivierten Gruppe waren geprägt von gegenseitigem Informationsaustausch und dem Zusammentragen von Grundlagenpapieren für die zukünftige Zielformulierung der Projektgruppe. So wurden im Rahmen der BAFU-Tagung «Aussprache zum Bodenschutz in der Schweiz» die Arbeiten der VBB vorgestellt und im Bereich Ökotoxikologie

erste Erfahrungen mit dem Bait-Lamina-Test (Köderstreifen-Abbautest) weiterverfolgt.

Als erstes Ziel wurde beschlossen, bisher in der Schweiz erhobene biologische, insbesondere faunistische Daten zusammenzutragen und vorhandene Lücken aufzuzeigen. Als Grundlagen stehen verschiedene Unterlagen zur Naturraumgliederung zur Verfügung sowie die Absicht, die Verbreitung und Ökologie der Tierarten in der Schweiz am CSCF (Centre Suisse de Carthographie de la Faune) um Bodentiere zu erweitern. Eine Tabelle zur Darstellung des «faunistischen Ist-Zustands» wird derzeit erarbeitet.

2.5. Projektgruppe Langzeitbeobachtung

Claudia Maurer-Troxler, Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern

Peter Schwab, Projektleitung LAZBO, FB14.2 (NABO) ART (AG, BE, SG, ZH)

Die AG Langzeitbeobachtung ist momentan sistiert.

3. Ausgewählte Projekte der VBB

3.1. Bewirtschaftungsprobleme durch übermässigen Besatz und Aktivität des Schwarzkopfrengwurms *Nicodrilus nocturnus*

Hans-Rudolf Oberholzer
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-
Tänikon ART
Reckenholzstrasse 191
CH-8046 Zürich
Tel. 044 377 72 97
hansrudolf.oberholzer@art.admin.ch

Lydia Frei
Amt für Umwelt und Energie (AFU),
Lämmlibrunnenstrasse 54, 9001 St. Gallen

Anita Philipp
Landw. Zentrum SG, Fachstelle Pflanzenbau;
9230 Flawil, Anita.Phillipp@lzsg.ch

Vor über 50 Jahren wurde in der Gemeinde Nesslau-Krummenau erstmals ungewöhnlich viel Regenwurm Kot auf einer Wiese festgestellt. Die betroffenen Flächen wurden durch Mitarbeitende der Forschungsanstalt Reckenholz untersucht. Als Verursacher wurde der Schwarzkopfrengwurm (*Nicodrilus nocturnus*), ein ortsfremder Regenwurm, ausgemacht (Jäggi und Högger 1993). Es wird vermutet, dass er in Wurzelballen von Sträuchern, die bei einem Ferienhaus gepflanzt wurden, aus dem Schweizer Mittelland eingeschleppt worden ist. In den betroffenen Flächen macht er bis 75 Prozent der Regenwurmpopulation aus. Optimales Klima und Nahrungsangebot ermöglichten eine ausserordentliche Vermehrung dieses Regenwurms und bewirken eine erhöhte Aktivität.



Abbildung 3.1.1 Die ausserordentliche Aktivität zeigt sich in 6 bis 8 cm grossen Kothaufen.

Der Schwarzkopfrengwurm: Aussehen und Schäden

Der Schwarzkopfrengwurm: Er ist lang und dünn. Den Namen hat er von der braun-schwarz Färbung vorne auf dem Rücken. Der Rest des Körpers ist grau-braun.



Abbildung 3.1.2 Schwarzkopfrengwurm.

Als anözische Regenwurmart ist *N. nocturnus* ein Tiefgräber und macht unter normalen Bedingungen vertikale Gänge. Auf den Problemflächen zeigt er ein untypisches Verhalten. Er hält sich hauptsächlich in der obersten, dicht bewurzelten Bodenschicht von 0 bis 10 cm auf und bewegt sich horizontal (Jäggi et al. 1993). Auch die Juvenilen zeigen eine Tendenz zu diesem endogäischen Verhalten (Stähli et al. 1997).

In der Westschweiz dominiert *N. nocturnus* die Regenwurmgesellschaft der Waldböden und häufig auch der Wiesen (Cuendet 1991, 2009). Im Schweizer Mittelland kommt diese Regenwurmart ebenfalls häufig vor. In den Böden der Laubwälder ist sie die dominierende Art (Cuendet 1994). Im Grünland jedoch ist sie nicht immer vorhanden und wenn, dann nicht dominierend. In der Ostschweiz ist *N. nocturnus* selten oder fehlt vollständig. Tritt *N. nocturnus* trotzdem auf, ist er von Menschen eingeschleppt worden, kann in riesigen Mengen vorkommen und ist speziell im Frühling und Herbst sehr aktiv

Er befördert dann zahlreiche, grosse Kothaufen auf die Erdoberfläche. Diese erschweren die landwirtschaftliche Bewirtschaftung; bei Nässe wird sie sogar verunmöglicht: Der Boden wird weich und glitschig, was das Befahren von Hanglagen gefährlich macht. Das mit Regenwurm Kot verschmutzte Futter wird von den Tieren kaum gefressen.

Die dadurch verursachte ein bis mehrere Zentimeter dicke Schicht Wurmerde (Wurmkot) führt bei einer Hangneigung von 10 bis 35 Prozent und hohen Niederschlagsmengen von nahezu 2000 mm pro Jahr zu massiven Bewirtschaftungsproblemen. In einer Masterarbeit (Kohli 1993) und einer Dissertation (Daniel et al 1996) wurde die Kotproduktion in Abhängigkeit vom Regenwurmbesatz in einem Gradienten ausgehend von der vermuteten Eintragsstelle untersucht. In einer weiteren Arbeit (Cuendet und Lorenz 2001) wurden Inventare der von diesem Phänomen betroffenen Regionen in den Voralpen der Westschweiz und in Graubünden erstellt und die Auswirkungen auf die Bewirtschaftung erfasst. Während in der Westschweiz die Kolonisierung von Wiesen durch den Schwarzkopfrengenwurm kaum zu Problemen führt, normalisiert sich in Graubünden auf entsprechenden Flächen die Situation nach anfänglich ebenfalls erhöhter Kotproduktion im Laufe der Zeit. Als Lösung wird eine Anpassung der landwirtschaftlichen Nutzung empfohlen, aber auch festgestellt, dass die Situation für die betroffenen Landwirte im Toggenburg trotz Anpassung der Bewirtschaftung weiterhin unbefriedigend ist. Seither breitet sich der Schwarzkopfrengenwurm jährlich 5 bis 10 Meter in alle Richtungen aus. Mittlerweile sind rund um die erwähnte Wiese ganze Liegenschaften, insgesamt rund 40 ha Grünland, betroffen.

Aktueller Befall

Betroffene Toggenburger Landwirte haben sich deshalb erneut beim Landwirtschaftlichen Zentrum St. Gallen (LZSG) gemeldet und baten um Unterstützung. Das LZSG hat in einem ersten Schritt das aktuelle Ausmass des Problems erfasst. Auf zwei Aufrufe im *St. Galler Bauer* im Herbst 2008 und im Frühling 2009 haben sich rund 65 Landwirte gemeldet. Bis im Oktober 2009 wurden die Meldungen durch Betriebsbesuche ausgewertet, indem Interviews mit den Landwirten geführt und das Vorhandensein des Schwarzkopfrengenwurms vor Ort überprüft wurden.

Es wurde ein Bericht über das Vorkommen des Schwarzkopfrengenwurms im Kanton St. Gallen zuhänden der zuständigen kantonalen Ämter erstellt. Der Bericht zeigt auf, dass im Kanton St. Gallen bereits 100 Betriebe mit einer Gesamtfläche von etwa 400 ha in den Regionen Oberes Toggenburg, Neckertal, Gamser- und Grabserberg sowie See-Gaster betroffen sind. Der Schwarzkopfrengenwurm wurde wahrscheinlich bei einem Grossteil dieser Gebiete ebenfalls in Wurzelballen von Sträuchern oder durch Erd-

verschiebungen (Bautätigkeit, Geländeaufschüttungen oder Rekultivierungen) eingeschleppt.

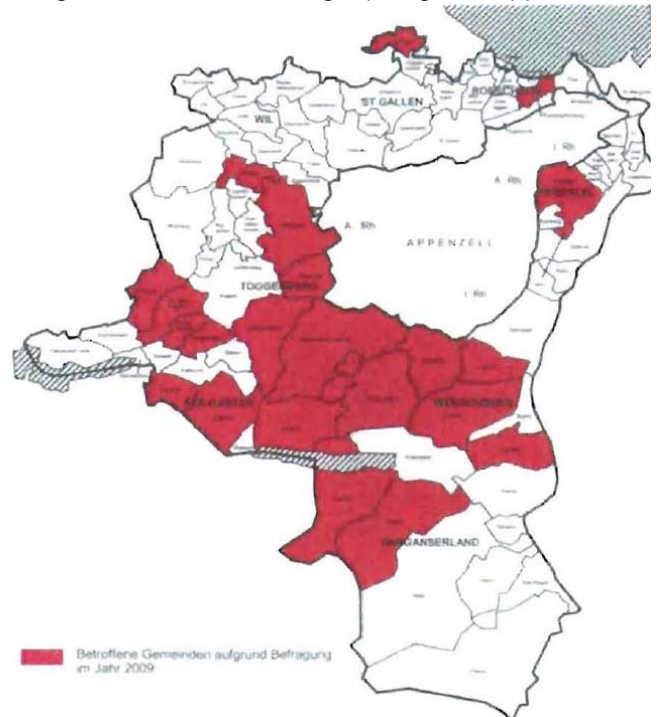


Abbildung 3.1.3 Betroffene Gemeinden im Kanton St. Gallen (Stand 2009).

Keine Patentlösungen

Im Winter 2009/2010 wurden unter Federführung des St. Galler Landwirtschaftsamtes das Problem und mögliche Lösungsansätze mit der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART diskutiert.

Für die Regulierung des Schwarzkopfrengenwurms in den betroffenen Gebieten stehen keine Patentlösungen zur Verfügung. In der Vergangenheit wurden auf einzelnen Betrieben verschiedene Bekämpfungsmassnahmen ausprobiert. Weder eine chemische Bekämpfung noch der Einsatz von grossen Mengen an konzentrierter Gülle brachten den erwünschten nachhaltigen Erfolg. Die chemische Bekämpfung ist heute nicht mehr zulässig. Die damit gemachten Erfahrungen haben zudem die negativen Auswirkungen auf die allgemeine Bodenfruchtbarkeit deutlich aufgezeigt.

Von den betroffenen Stellen würde eine direkte biologische Bekämpfung des Schwarzkopfrengenwurms gewünscht, wie etwa bei der Engerlingsbekämpfung mit dem Pilz *Beauveria*, die in der Schweiz erfolgreich angewendet wird. Obwohl theoretisch möglich, wäre eine solche Lösung jedoch unverhältnismässig teuer und riskant. Dazu müsste ein einheimischer Organismus gefunden werden, der gezielt nur den Schwarzkopfrengenwurm bekämpft und der andere, naheverwandte Regenwürmer verschont, wie

beispielsweise *Nicodrilus longus*, der in den betroffenen Flächen heimisch ist. Schliesslich müsste sichergestellt werden, dass der Einsatz eines solchen Kontrollorganismus nicht zu neuen Problemen führt. Das Risiko, dass der Kontrollorganismus ins Mittelland gelangen könnte, wo der Schwarzkopfrengwurm heimisch ist und keine Probleme macht, wäre so gross, dass die Zulassung eines entsprechenden «Nützlings» kaum zu verantworten wäre. Damit ist davon auszugehen, dass eine gezielte direkte Bekämpfung des Schwarzkopfrengwurms nicht möglich sein wird.



Abbildung 3.1.4 Die grossen Mengen an Kothaufen verschmutzen das Futter und erschweren die Bewirtschaftung.

Ansätze

Primär muss die durch den Menschen verursachte Ausbreitung des Schwarzkopfrengwurms in neue Gebiete verhindert werden. Dazu hat das LZSG ein Merkblatt erstellt, welches die Problematik aufzeigt und Empfehlungen abgibt. Dieses Merkblatt kann unter www.lzsg.ch heruntergeladen werden. Die Landwirte und Gemeinden wurden direkt informiert.

Im Weiteren gilt weiterhin die schon früher gemachte Empfehlung, die Bewirtschaftung in den betroffenen Gebieten so anzupassen, dass eine geringere Verschmutzung des Futters erreicht wird und eine sichere Nutzung der betroffenen Flächen möglich ist, was von den Landwirten gezwungenermassen schon getan wird. Die Bemühungen der Landwirte sollen nun durch ein 3-jähriges Projekt (2011–2013) unterstützt werden. Die Schwarzkopfrengwürmer sollen in den betroffenen Gebieten so beeinflusst werden, dass die starke Ausbreitung und die extreme Kotalaufstoss-Aktivität vermindert werden. Dazu wurden im Herbst 2010 an fünf Standorten im Kanton St. Gallen Versuchsflächen auf betroffenen Betrieben angelegt. Dort werden verschie-

dene Bewirtschaftungsmassnahmen getestet, die den Bestand an Schwarzkopfrengwurm beeinflussen könnten. Die Auswirkungen auf den Boden, die Regenwürmer und den Pflanzenbestand sollen erfasst und ausgewertet werden. Das Ziel des Projekts ist es, diejenigen Lebensbedingungen zu erkennen, die zum problematischen Verhalten des Schwarzkopfrengwurms führen, und Bewirtschaftungsmöglichkeiten aufzuzeigen, die es erlauben, Aktivität und Ausbreitung der Schwarzkopfrengwürmer – soweit möglich – zu kontrollieren.

Das Projekt steht unter der Leitung der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon und wird in Zusammenarbeit mit dem Landwirtschaftlichen Zentrum St. Gallen, einem Regenwurmspezialisten und den Versuchsbetrieben durchgeführt.

Publikationen

- (1) Cuendet G. (1991). Peuplements lombriciens. Rapport complémentaire. KaBo-Zürich: Etude pilote 1990. ABG-SA. 1–21.
- (2) Cuendet G. (1994). Peuplements lombriciens dans les sols forestiers du Jorat. Bulletin BGS/SSP 18: 51–56.
- (3) Cuendet G. (2009). Identification des lombriciens de Suisse. Vauderens.
- (4) Cuendet G., Lorez F., 2001. Effet secondaire néfaste des vers de terre sur les prairies alpines. Rev. Suisse Agric. 33, 253–259.
- (5) Daniel O., Kohli L., Schuler B., Zeyer J., 1996. Surface cast production by the earthworm *Aporrectodea nocturna* in a pre-alpine meadow in Switzerland. Biol Fertil Soils 22, 171–178
- (6) Jäggi W., Högger C., Cuendet G., 1993. Eine Regenwurmart erschwert die Bewirtschaftung von Wiesen im Toggenburg. Landwirtschaft Schweiz 6, 169–176.
- (7) Kohli L., 1993. Regenwürmer als «Schädlinge» in einer Wieslandparzelle im Toggenburg. Diplomarbeit Institut für terrestrische Ökologie, ETH Zürich.
- (8) Stähli R., Suter E. und G. Cuendet (1997). Die Regenwurmfauna von Dauergrünland des Schweizer Mittellandes. Schriftenreihe Umwelt, Nr. 291, BUWAL, Bern. 91 S.

3.2. Monitoring der Bodenfruchtbarkeit nach Umstellung des Gutes Rheinau auf biodynamische Wirtschaftsweise

Andreas Fliessbach, Lukas Pfiffner, Paul Mäder
 Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)
 Ackerstrasse
 CH-5070 Frick
 Tel. 062 865 72 25
 andreas.fliessbach@fibl.org

Mit der Umstellung des Gutes Rheinau von konventionell integrierter Bewirtschaftung auf biodynamische Wirtschaftsweise im Jahre 1998 wurde ein Monitoring der Bodenfruchtbarkeit begonnen, das die biologische Veränderung im Boden während der Umstellungsphase dokumentiert. Die ersten Bodenproben wurden 1999 auf drei Ackerschlägen und einer permanenten Naturwiese gezogen, danach wurden in den Jahren 2002, 2005 und 2010 auf den 1999 definierten Teilflächen je Schlag weitere Bodenproben entnommen (Mäder et al. 2011, Denzel, 2006).

Tabelle 3.2.1 Kulturplan der Beobachtungsflächen in den Jahren 1998 bis 2010 (NW: Naturwiese; KW: Kunstwiese; WW: Winterweizen; Ka: Kartoffel; SG: Sommergerste; Gemüse: verschiedene Arten Industriegerste; Probenahmejahre sind unterstrichen)

Jahr	Breitenwegbückli	Eulenberg	Solboden	Schochenacker
1998	NW	KW	WW	Gemüse
<u>1999</u>	NW	KW	Roggen	WW
2000	NW	WW	KW	SG
2001	NW	Ka	WW	KW
<u>2002</u>	NW	Roggen	Ka	KW
2003	NW	KW	Hafer	WW
2004	NW	Dinkel	Gemüse	Ka
<u>2005</u>	NW	Ka	WW	Roggen
2006	NW	Hafer	Gerste	KW
2007	NW	Gemüse	KW	Emmer/ Einkorn
2008	NW	WW	KW	Gemüse
2009	NW	Rotklee	WW	Weide
<u>2010</u>	NW	Rotklee frisch gepflügt	Gemüse	Weide

Neben mikrobiologischen Bodenparametern (mikrobielle Biomasse, Basalatmung, Dehydrogenaseaktivität) wurden die Regenwurmpopulationen und auch chemische Bodenparameter und lösliche und nachlieferbare Fraktionen wichtiger Nährstoffe ermittelt.

Im Vergleich zu der vorherigen Bewirtschaftung, bei der auch Klärschlamm auf die Ackerflächen gebracht wurde, ist die Tierproduktion leicht

intensiviert und der Anteil an Natur- und Kunstwiesen erhöht worden. Ausserdem wurden vermehrt Zwischenfrüchte und Gründüngung in die erweiterte Fruchtfolge integriert.

Humusdynamik

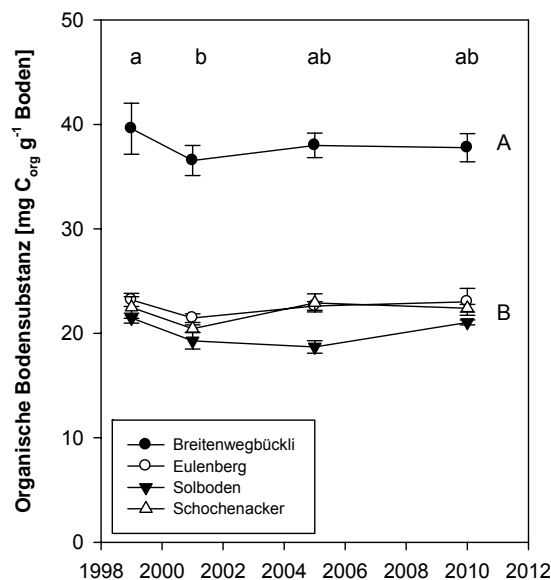


Abbildung 3.2.1 Mittelwert der Gehalte des Bodens an organischem Kohlenstoff (C_{org}) ($n=4$; unterschiedliche Grossbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede der Schläge und Kleinbuchstaben solche der Jahre bei $p=0.05$ an).

Im Vergleich zur Erstbeprobung im Jahr 1999, die als Basiswert diente, nahm im Jahre 2002 der Humusgehalt in allen Schlägen leicht ab, um in den darauffolgenden Jahren tendenziell wieder zuzunehmen (Tabelle 3.2.2; Abbildung 3.2.1). Die Naturwiese hatte den höchsten Humusgehalt. Auch die hier nicht gezeigten pH-Werte und Nährstoffgehalte wiesen eine zeitliche Dynamik mit unterschiedlich ausgeprägter Tendenz auf.

Bodenmikrobiologische Veränderungen

Die mikrobielle Biomasse des Bodens zeigte in allen Schlägen bis auf Solboden einen signifikanten Abfall im zweiten Beprobungsjahr, um danach langsam wieder zuzunehmen. Die Werte waren in der Naturwiese (Breitenwegbückli) 3- bis 4-mal höher als in den Böden der drei Ackerschläge. Unter Ackernutzung hatte der Schlag Schochenacker ein signifikant höheres C_{mic} als der Schlag Solboden (Tabelle 3.2.2). Im Mittel aller Schläge nahm die mikrobielle Biomasse im Vergleich zum ersten Beprobungsjahr um 10 Prozent zu (Abbildung 3.2.2).

Tabelle 3.2.2 Signifikanz der Effekte aus der 2-Weg-ANOVA für die erhobenen bodenbiologischen Messgrößen

	C _{org}	C _{mic}	BA	DHA	Regenwurmbiomasse
Jahr	0.0248	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0234
Schlag	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0007
Jahr*Schlag	0.8764	0.29	0.0002	<0.0001	0.1013

Im zeitlichen Verlauf der Untersuchung zeigt sich eine Verringerung der Basalatmung im Jahr 2002, die dann aber wieder stark zunahm und das Niveau von 1999 im Jahr 2010 signifikant um 60 Prozent überschritt. Die Böden aus der Naturwiese hatten eine doppelt so hohe Basalatmung wie die Ackerböden (Abbildung. 3.2.3)

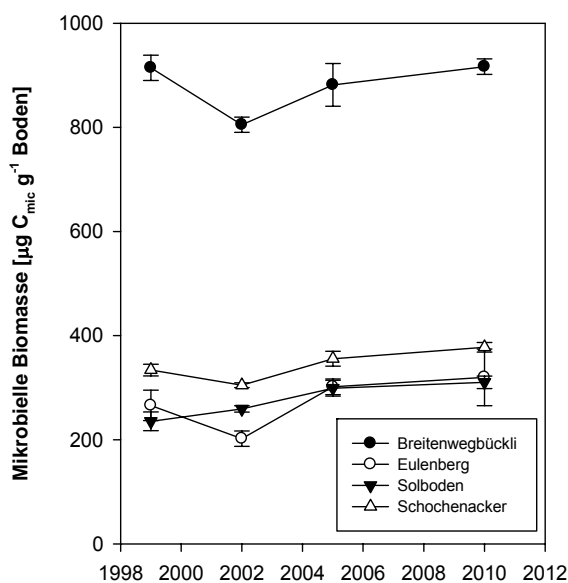


Abbildung. 3.2.2 Mittelwert und Standardfehler der Gehalte des Bodens der vier Schläge und Jahre an mikrobiell gebundenem Kohlenstoff (C_{mic}) (n=4).

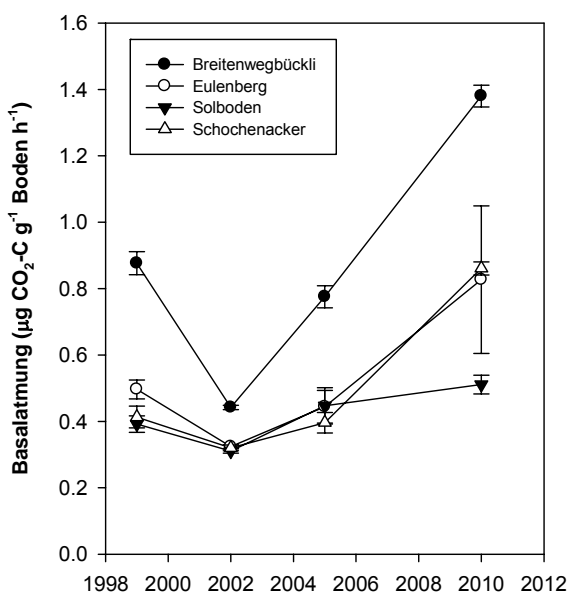


Abbildung. 3.2.3 Mittelwert und Standardfehler der Basalatmung des Bodens der vier Schläge und Jahre (n=4).

Die Dehydrogenasen sind Enzyme der Elektronentransportkette innerhalb intakter Zellen und kommen ausserhalb der Zellen nicht vor. Auffällig ist die im Vergleich zur Naturwiese um durchschnittliche 70 Prozent tiefere Dehydrogenaseaktivität in den Ackerböden, die untereinander keine statistischen Unterschiede aufwiesen (Tabelle 3.2.2). Im zeitlichen Verlauf über die Beprobungsjahre zeigte sich eine Abnahme um 21 Prozent im Boden des Schlags Schochenacker, in den anderen Böden aber nahm die DHA um 40 Prozent ab. In den darauf folgenden Jahren nahm die DHA in den Ackerböden stetig und über das Ausgangsniveau von 1999 hinaus zu, während sie in der Naturwiese erst 2010 wieder angestiegen war, aber nur 80 Prozent des Ausgangsniveaus erreichte (Abbildung 3.2.4).

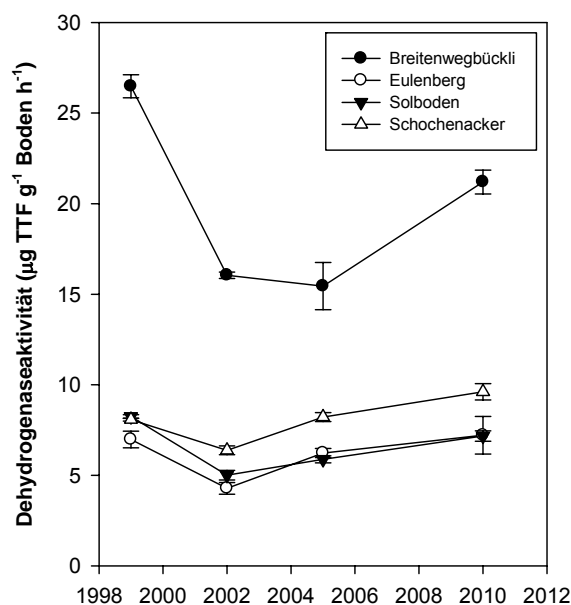


Abbildung 3.2.4 Mittelwert und Standardfehler der Dehydrogenaseaktivität des Bodens der vier Schläge und Jahre (n=4).

Regenwurmbiomasse

Im Durchschnitt nahm die Biomasse der Regenwürmer in den untersuchten Böden von 1999 bis 2005 signifikant um 53 Prozent zu. Im Jahr 2010 fiel sie wieder auf einen Wert 26 Prozent über dem Ausgangswert. Beträchtliche Unterschiede wurden je nach Standort und der angebauten Kultur gefunden. Im Langzeitvergleich erhöhte

sich der Regenwurmbesatz in drei der vier Standorte deutlich (Abbildung 3.2.5) und es kam zu erheblichen Veränderungen der Tiergemeinschaften. Dies war ausgeprägt bei der Regenwurmbiomasse, die als wichtiger Indikator für die Bodenfruchtbarkeit gilt. Die agrarökologisch wichtigen Arten (Vertikalgraber wie *L. terrestris*, *Nicodrilus sp.*), aber auch die Horizontalgraber und die juvenilen Regenwürmer profitierten von der Umstellung. Die teils stark angestiegene Anzahl juveniler Individuen deutet an, dass die Umweltverhältnisse sich günstig entwickelt haben. Die teils sehr ausgeprägten standortgebundenen Bodenverhältnisse wie Skelettreichtum und relativ hoher Sand- und Schluffanteil sind hingegen klar limitierende Faktoren für die Regenwurm-Artengemeinschaft (weniger Lebensraum, limitiertes Nahrungsangebot, hohe mechanische Belastung bei Bodenbearbeitung, Sommertrockenheit). Auf der Naturwiese (Breitenwegbückli), die eine sehr geringe Bodenschicht über einer Schotterunterlage aufweist, wurde trotzdem eine deutliche Verbesserung des Regenwurmbestandes festgestellt. Die vertikal grabenden Arten haben sich dort gut entwickelt, und vor allem stieg der Anteil juveniler Tiere stark an.

Die Regenwürmer im Schlag Schochenacker – mit anfänglich höchsten Vorkommen – nahmen hingegen ab, wahrscheinlich bedingt durch die Umnutzung dieses Schlags als Weide. In den anderen beiden Ackerschlägen waren deutliche Zunahmen von 30 bis 90 Prozent zu verzeichnen.

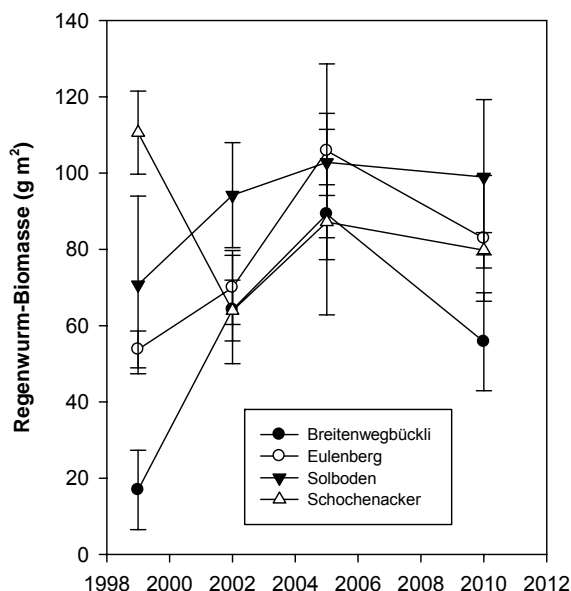


Abbildung 3.2.5 Mittelwert und Standardfehler der Regenwurmbiomasse des Bodens der vier Schläge und Jahre ($n=4$)

Schlussfolgerungen

Diese Langzeitstudie hat gezeigt, dass der Boden sich nach einigen Jahren an eine neue Bewirtschaftungsform anpasst und sich je nach Standort und Kulturfolge zu verändern beginnt. Dies bestätigt die Erfahrungen auf Betriebsebene, wo es oft in den ersten Jahren nach Umstellung auf Biolandbau zu Ertragsdepressionen kommt, gefolgt von einer Phase, in der sich die Bodenfruchtbarkeit aufbaut und die Erträge sich stabilisieren. Die reichhaltige Fruchtfolge mit deutlich erhöhtem Kleegehalt (von anfänglich 12 % auf 29 %), Zwischenfrüchten und Gründüngungen und die leicht erhöhte Viehbesatzdichte dürften diese Veränderungen massgeblich beeinflusst haben. Das gewählte Methodenspektrum hat sich zudem als geeignet erwiesen, die Veränderungen im Bodenzustand des Betriebes nach seiner Umstellung auf biologische Bewirtschaftung zu beurteilen.

Publikationen

- (1) Denzel, C. (2006): Die Entwicklung bodenbiologischer und bodenchemischer Parameter nach Umstellung auf biologisch-dynamische Wirtschaftsweise. In: Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau, Universität Kassel – Ökologische Agrarwissenschaften, Witzenhausen, 69 S.
- (2) Mäder, P., Pfiffner, L., Fliessbach, A. (2011). Bodenüberwachung nach der Umstellung des Guts Rheinau auf biologische Bewirtschaftung – Berichtsperiode 1999–2010. Schlussbericht z.H. BAFU FiBL, 41 S.

4. Forum

4.1. Lassen sich suppressive Eigenschaften von Böden übertragen?

Barbara Thürig, Andreas Fliessbach, Jacques Fuchs, Lucius Tamm
 Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)
 Ackerstrasse
 CH-5070 Frick
 Tel. 062 865 72 25
 barbara.thuerig@fibl.org

Einleitung

Das Phänomen der suppressiven Böden hat schon seit Jahrzehnten das Interesse von Landwirten und Forschern geweckt. Pflanzen, die in suppressiven Böden wachsen, entwickeln wenig oder keine Krankheitssymptome, auch nicht in Anwesenheit eines Pathogens (z. B. Review durch Weller *et al.* (2002). Lebende Bodenmikroorganismen sind für das Phänomen der suppressiven Böden verantwortlich, da die Suppressivität durch Hitzebehandlung, Fumigation oder γ -Bestrahlung zerstört werden kann. Bodenmikroorganismen können Pflanzen gegen bodenbürtige Krankheiten auf verschiedene Art und Weise schützen. Die Mechanismen sind Konkurrenz, Antibiose, Hyperparasitismus und die Induktion von Resistenz in Pflanzen (Haas and Défago, 2005). Die durch spezifische Bodenmikroorganismen induzierte Resistenz kann sowohl zu einer reduzierten Anfälligkeit gegenüber bodenbürtigen Krankheiten im Wurzelbereich als auch gegenüber luftbürtigen Blattkrankheiten beitragen (van Loon *et al.*, 1998). Landwirtschaftliche Praktiken führen oft zu einer Abnahme der Bodenfruchtbarkeit, sichtbar in einer Abnahme von organischer Bodensubstanz, mikrobieller Biomasse und Bodenstruktur. In der Folge kann erwartet werden, dass auch die Suppressivität von Böden beeinflusst wird (Höper and Alabouvette, 1996; Van Bruggen and Semenov, 2000). Bisher ist nicht bekannt, ob und in welchem Ausmass die Suppressivität von gestörten Böden durch die Einführung von mikrobiellen Gemeinschaften wiederhergestellt werden kann, und ob der Grad einer allenfalls wiedererlangten Suppressivität vom Typ der eingeführten Mikroorganismen abhängig ist.

Hier stellen wir einen Auszug aus einer Studie vor, in der untersucht werden sollte, ob und wie gut die Suppressivität in gestörten Böden wiederhergestellt werden kann (Thuerig *et al.*, 2009). Insbesondere sollten folgende Hypothesen überprüft werden:

- i) Lebende Bodenmikroorganismen sind nicht nur für die Toleranz von Pflanzen gegen boden-, sondern auch gegen luftbürtige Krankheiten wichtig.
- ii) Die mikrobielle Gemeinschaft sowie die Suppressivität kann in sterilen Böden durch die Reinokulation kleiner Mengen nativen Bodens wiederhergestellt werden.
- iii) In reinokulierten Böden sind die mikrobielle Population sowie der Grad der erreichten Suppressivität abhängig vom verwendeten Inokulum.

Material und Methoden

Böden von drei Standorten (THE [CH], REC [CH], STC [UK]) wurden im Frühsommer 2006 beprobt. In einer früheren Studie konnten wir bereits zeigen, dass sich diese drei Böden in ihrer Suppressivität gegenüber boden- und luftbürtigen Krankheiten unterscheiden. Es handelt sich um drei verschiedene Bodentypen, die sich in vielen Bodenparametern unterscheiden. Zur Sterilisierung wurden Proben in Plastikbeutel verpackt und γ -bestrahlt. Jede der sterilen Bodenmatrices wurde anschliessend mit 1 Prozent nativem Boden derselben Herkunft oder jeweils einem der beiden anderen Standorte reinokuliert (3 Bodenmatrices * 3 Inokulumstypen = 9 reinokulierte Böden). Alle Böden (nativ, steril, reinokuliert) wurden in sterile Beutel gefüllt, welche mit einem Wattestopfen verschlossen wurden, und 14 (Suppressivitätstests) beziehungsweise 35 Tage (Bodenmikrobiologie) bei 20 °C im Dunkeln gelagert.

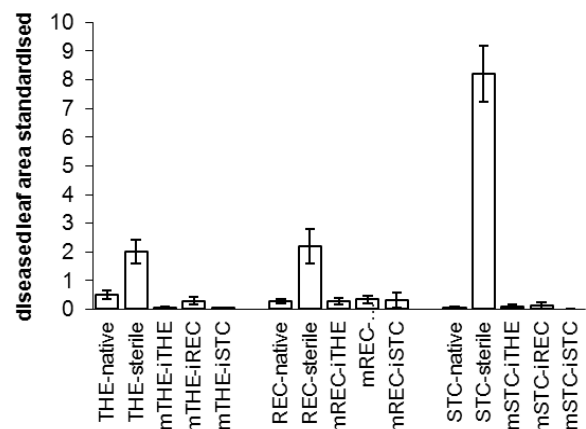


Abbildung 4.1.1 Anfälligkeit von *A. thaliana* gewachsen auf nativem, γ -bestrahltem und reinokuliertem Boden von drei verschiedenen Standorten gegenüber der luftbürtigen Krankheit *H. parasitica*. Die y-Achse zeigt die relative mit Sporangioophoren bedeckte Blattfläche, berechnet als a^*b^{-1} , mit a = Befallsstärke eines Topfes und b = mittlere Befallsstärke des Experiments. Die Abbildung zeigt gepoolte Ergebnisse von zwei unabhängigen Experimenten. Die Präfixe ‚m‘ und ‚i‘ stehen für Boden-Matrix beziehungsweise Inokulum.

Nach 14 Tagen wurden die mikrobielle Biomasse (C_{mic} , N_{mic}) mittels CFE, die Dehydrogenaseaktivität, N_{min} sowie das Phospholipid-Fettsäuremuster (PLFA) bestimmt. Die Suppressivität der Böden wurde in den Modellsystemen Kresse – *Pythium ultimum* (bodenbürtige Krankheit) und *Arabidopsis thaliana* – *Hyaloperonospora parasitica* (luftbürtige Krankheit) bestimmt. Im System Kresse – *P. ultimum* wurden verschiedene Mengen *P. ultimum* (0, 0.25, 1,2,4,16, 64 g/l) unter die Erden gemischt, die so behandelten Erden zwei Tage gelagert und anschliessend in Töpfe gefüllt und mit Kresse besät. Das Sprossgewicht der Kresse wurde nach sieben Tagen bestimmt. Im System *A. thaliana* – *H. parasitica* wurden *A. thaliana*-Pflanzen steril auf MS-Nähragar angezogen und nach sieben Tagen in die Erden pikiert. Nach 18 Tagen wurden sie mit *H. parasitica* besprüht und nach weiteren sieben

Tagen wurde der Krankheitsbefall geschätzt (Anteil mit Sporangioophoren bedeckte Blattfläche).

Resultate und Diskussion

Die drei Böden wurden für die vorliegende Studie ausgewählt, weil sie sich im ungestörten Zustand substanziell in ihrer Suppressivität gegenüber *H. parasitica* und *P. ultimum* unterschieden. *A. thaliana* Pflanzen waren am wenigsten anfällig, wenn sie auf STC-Böden gewachsen waren, und am anfälligsten auf THE-Böden (Abb.4.1.1). STC-Böden war auch sehr suppressiv gegenüber *P. ultimum*. Die Zugabe von *P. ultimum* beeinflusste das Sprossgewicht von Kresse auf STC-Böden nicht, führte aber auf THE und REC Böden zu einer mehr als 50 %-igen Gewichtsreduktion (Abb. 4.1.2).

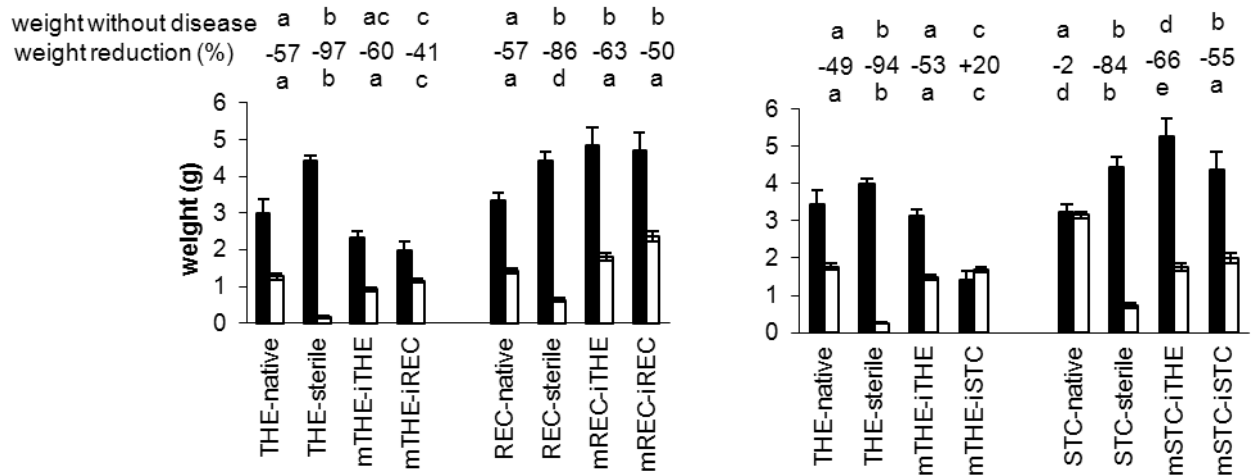


Abbildung 4.1.2 Suppressivität von nativem, γ -bestrahltem und reinokuliertem Boden von drei Standorten im System Kresse – *P. ultimum*. Wegen Platzmangels wurden die Böden der drei Standorte in den Kombinationen THE und REC (links) und THE und STC (rechts) getestet. Die y-Achse zeigt das Frischgewicht der Kresse in Böden ohne (schwarze Balken) und nach (weisse Balken) Zugabe von *P. ultimum*. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen Böden ohne die Zugabe von *P. ultimum* (obere Zeile) beziehungsweise Unterschiede in der Gewichtsreduktion durch die Zugabe von *P. ultimum* (untere Zeile). Die Präfixe ‚m‘ und ‚i‘ stehen für Boden-Matrix bzw. Inokulum.

Die γ -Bestrahlung führte in allen Böden und in beiden Pathosystemen zu einer stark erhöhten Krankheitsanfälligkeit. In γ -bestrahlter Erde waren *A. thaliana*-Pflanzen bis zu 8-mal anfälliger als in der entsprechenden nativen Erde. Ein grosser Einfluss von lebenden Bodenmikroorganismen auf die Suppressivität wurde zuvor bereits für bodenbürtige Krankheiten bewiesen. Hier konnten wir zeigen, dass diese auch für die Toleranz von Pflanzen gegen luftbürtige Krankheiten entscheidend sind. Im System Kresse – *P. ultimum* führte die Zugabe von *P. ultimum* zu γ -bestrahlter Erde zu einer verglichen mit nativem Boden stark erhöhten Gewichtsreduktion der Kresse. Gleichzeitig war aber das Wachstum

ohne die Zugabe von *P. ultimum* verbessert, möglicherweise als Resultat von erhöhten DOC- und DON-Werten in den γ -bestrahlten Böden oder durch die Eliminierung von weniger bedeutenden Bodenpathogenen.

Reinokulation mit nativem Boden führte zu einer vollständigen Wiederherstellung der Suppressivität gegenüber der luftbürtigen Krankheit, unabhängig vom Typ des verwendeten Inokulums und der Bodenmatrix. Die Reinokulation verbesserte auch die Suppressivität der Böden gegenüber *P. ultimum*. Hier war das Ergebnis jedoch stark abhängig von der Bodenmatrix und, in geringerem Ausmass, vom Inokulum. Insbesondere fällt auf, dass i) die sehr hohe Suppressivität

des nativen STC-Bodens mit keinem Inokulum vollständig wiederhergestellt werden konnte und ii) in Boden THE nach der Reinokulation ohne Zugabe von *P. ultimum* das Wachstum gegenüber nativem Boden leicht (Inokula THE und REC) bis stark (–60 %, Inokulum STC) reduziert war. Im Gegensatz dazu war das Wachstum ohne *P. ultimum* in den reinokulierten REC und STC-Böden um 20 bis 50 Prozent erhöht. Das verbesserte Wachstum in den reinokulierten Böden REC und STC ist wie in γ -bestrahlten Böden möglicherweise auf erhöhte DOC-/DON-Werte oder auf die Eliminierung von minoren Pathogenen zurückzuführen. Das schlechte Kressewachstum in reinokuliertem THE-Böden (trotz erhöhtem DOC/DON) könnte hingegen durch eine in dieser Bodenmatrix vermehrte Ausbreitung von im nativen Boden vorhandenen Pathogenen verursacht worden sein.

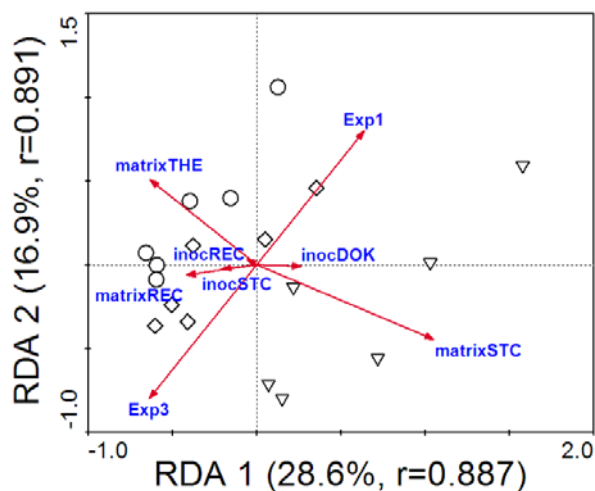


Abbildung 4.1.3 Ordination der zwei ersten kanonischen Achsen bestimmt in einer Redundanzanalyse der PLFA Profile der reinokulierten Böden. Die Abbildung zeigt Ergebnisse aus zwei unabhängigen Experimenten. THE: ○, REC: ▽, STC: ◇, Exp1 und Exp3 stehen für die 2 wiederholten Experimente.

Ebenso wie die Suppressivität konnten auch die mikrobielle Biomasse (C_{mic} , N_{mic}) und Aktivität (DHA) durch Reinokulation nicht vollständig wiederhergestellt werden, die Werte blieben 20 bis 75 Prozent unter denjenigen der nativen Böden. Auch die PLFA-Muster der reinokulierten Böden unterschieden sich stark von denjenigen der nativen Böden (multivariate Datenanalyse mittels Canoco). Innerhalb der reinokulierten Böden differenzierten die PLFA-Muster vor allem in Abhängigkeit von der Bodenmatrix und nur geringfügig in Abhängigkeit vom Inokulum (Abb. 4.1.3). In der vorliegenden Studie wurde die Bodenentwicklung nach Reinokulation allerdings nur über eine relativ kurze Zeitspanne (Bodenmikrobiologie 35 Tage, Suppressivität 14 Tage)

beobachtet. Zudem wurde ein allfälliger Einfluss von Wurzelexsudaten nicht untersucht. In weiteren Studien sollten diese zwei Faktoren unbedingt mit einbezogen werden.

Die vorliegende Studie hat gezeigt, dass die Sterilisierung von Böden die Anfälligkeit von Pflanzen gegenüber boden- und luftbürtigen Krankheiten stark erhöhen kann. Dieser Prozess scheint kurz- bis mittelfristig nicht vollständig reversibel zu sein. Deshalb sollten landwirtschaftliche Praktiken, die zur Bodendegradation führen, vermieden werden. Ganz speziell gilt dies für Bodenfumigation oder Hitzebehandlungen, welche im Gemüsebau öfter verwendet werden.

Dank: Diese Arbeit wurde ermöglicht durch eine Finanzierung im Rahmen des 6. Forschungsrahmenprogramms der EU als Teil des Projektes QualityLowInputFood (QLIF). Sie ist ein Auszug aus der Publikation Thuerig *et al.*, 2009.

Literatur

- (1) Haas, D., Défago, G., 2005. Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. *Nature Reviews Microbiology* 3, 307–319.
- (2) Höper, H., Alabouvette, C., 1996. Importance of physical and chemical soil properties in the suppressiveness of soils to plant diseases. *European Journal of Soil Biology* 32, 41–58.
- (3) Thürig, B., Fliessbach, A., Berger, N., Fuchs, J.G., Kraus, N., Mahlberg, N., Nietlisbach, B., Tamm, L., 2009. Re-establishment of suppressiveness to soil- and air-borne diseases by re-inoculation of soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry* 41, 2153–2161.
- (4) Van Bruggen, A.H., Semenov, A.V., 2000. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. *Applied Soil Ecology* 15, 13–24.
- (5) van Loon, L.C., Bakker, P.A.H.M., Pieterse, C.M.J., 1998. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. *Annual Review of Phytopathology* 36, 453–483.
- (6) Weller, D.M., Raaijmakers, J.M., McSpadden Gardener, B.B., Thomashow, L.S., 2002. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 40, 309–348.