

VBB-Bulletin Nr. 13 / April 2011

1. Bericht 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. Beurteilung von Bodenverdichtungen aus Sicht der Bodenbiologie	6
3.2. Bodenreise – ein Projekt im Bereich Wissensvermittlung (E-learning)	9
4. Forum	11
4.1. Versauerung und Schwermetallbelastung forstwirtschaftlich genutzter Böden im Kanton Bern.....	11
4.2. Bodenbiologische Untersuchungen in Graubünden.....	14
4.3. Molekulargenetische Verfahren zur Bestimmung der Vielfalt von arbuskulären Mykorrhizapilzen in Wurzeln und Böden..	18

1. Bericht des Präsidenten

*Nicolas Rossier, Landwirtschaftliches Institut
des Kantons Freiburg, Posieux*

Die Arbeitsgruppe « Vollzug Bodenbiologie » VBB entstand am 20. Juni 1995 auf Initiative von 5 kantonalen Bodenschutz-Fachstellen, der damaligen landwirtschaftlichen Forschungsanstalten, der Forschungsanstalt Wald, Schnee und Landschaft WSL sowie des Bundesamts für Umwelt BAFU. Diese Arbeitsgruppe hatte sich die folgenden Ziele gesetzt:

- den Kontakt und die Koordination zwischen den verschiedenen Akteuren im Bodenschutz und der Bodenbiologie ermöglichen,
- den vollständigen Informationsaustausch sichern,
- gemeinsame Prioritäten festlegen,

- in der Bodenbiologie anwendbare Methoden bereitstellen,
- die Bevölkerung und Bodennutzer für die Bodenbiologie und deren Einfluss auf die Fruchtbarkeit sensibilisieren,
- Doppelspurigkeiten vermeiden und so die verfügbaren Mittel optimal nutzen.

Nach 15 Jahren Tätigkeit wurden die gesteckten Ziele in weiten Teilen sehr gut erfüllt. Die in all diesen Jahren erfolgten Publikationen und die Artikel in diesem 13. Bulletin zeugen davon.

Die Kontakte zwischen den verschiedenen Akteuren und den Deutschschweizer Kantonen sind eng. Abgesehen vom Kanton Freiburg ist die französische Schweiz an der Gruppe bis jetzt nur wenig beteiligt. Als einziger Vertreter der frankophonen Kantone wünschte ich mir eine zunehmende Präsenz meiner Westschweizer Kollegen.

Der Informationsaustausch erfolgt durch dieses Bulletin, welches zum 13. Mal in Deutsch und Französisch erscheint. Die VBB ist auch in engem Kontakt mit der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS); sie hat ihre Aktivitäten an deren Jahrestagung im Februar 2009 in Wädenswil vorgestellt.

Die gemeinsamen Prioritäten werden in den verschiedenen Projektgruppen festgelegt, welche die folgenden Themen umfassen: Wissensaustausch und Sensibilisierung der Öffentlichkeit, Mikrobiologie, Mykorrhiza, Fauna und Langzeitbeobachtung. Die Ziele und die Gruppenmitglieder der VBB sind auf Seite 3 aufgelistet. Nach 15 Jahren Aktivität müssen die Ziele dieser Projektgruppen neu definiert werden.

Mehrere Bodenbiologische Methoden sind inzwischen beschrieben und in den „Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope“

referenziert. Zur Interpretation unterschiedlicher Analyseresultate haben wir im letzten Bulletin eine Arbeitshilfe mit Interpretationsschemata veröffentlicht. Sie werden auf Seite 18 feststellen, dass die Forschung mit neuen Verfahren aus der Molekulargenetik in jüngster Zeit grosse Fortschritte erzielt.

Die Bevölkerung wird regelmässig informiert. Sie finden die aktuellste Neuerung dazu auf Seite 9. Es handelt sich um eine spielerische virtuelle Reise durch den Boden. Sie ist auf dem Internet unter bodenreise.ch verfügbar. Auch die Bewirtschafter kommen nicht zu kurz. Im Rahmen des Projekts „Von Bauern für Bauern“ verfügen sie über mehrere kurze Videos, welche von besonders bodenschonenden Arbeitstechniken berichten.

Die VBB konnte eine erfolgreiche Zusammenarbeit mit allen wesentlichen Akteuren des Bodenschutzes aufbauen. In den letzten Jahren haben wir besonders von den Kenntnissen der WSL über Mykorrhiza profitiert. Ein überkantonales Projekt ist im Gange (Seite 4) und erlaubt allen Akteuren eine Vertiefung ihres Wissens.

Die Organisationsstruktur der VBB verlangt, dass das Präsidium rotiert und abwechselungsweise von Vertretern der Kantone und der Bundesinstitutionen besetzt wird. Nach zwei Jahren Präsidentschaft habe ich die Ehre, die Fackel an eine Westschweizerin weiterzugeben: Sophie Campiche, die Vertreterin des Ecotox Zentrums EAWAG/EPFL. Ich wünsche ihr erfolgreiche und spannende Jahre an der Spitze der VBB.

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 	E. Havlicek (BAFU) C. Maurer-Troxler (BE) D. Mösch (AG) D. Schlupe (SG) D. Schmutz (BL) R. von Arx (BAFU) G. von Rohr (SO) T. Wegelin (ZH) D. Widmer (LU)	Dr. Roland von Arx BAFU CH-3003 Bern Tel. 031 322 93 37 roland.vonarx@bafu.admin.ch
Mikrobiologie		
<ul style="list-style-type: none"> - Erarbeiten und validieren von Probenahmestrategien (Wiese, Acker, Wald) - Auswahl, Standardisierung und Validierung von Methoden - Dokumentation der räumlichen und zeitlichen Variabilität - Erarbeiten von Interpretationsgrundlagen (Referenzwertmodelle) 	A. Fliessbach (FiBL) W. Heller (ACW) P. Mäder (FiBL) H.-R. Oberholzer (ART)	Dr. Hans-Rudolf Oberholzer Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART Reckenholzstrasse 191 CH-8046 Zürich Tel. 044 377 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 (Univ. Basel) J. Jansa (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. 044 739 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 (Ecotox Zentrum EAWAG/EPFL) 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		
<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) D. Mösch (AG) H.-R. Oberholzer (ART) D. Schlupe (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

Roland von Arx, BAFU

Die Projektgruppe hat sich 2010 nicht getroffen. Das Projekt "Von Bauern – für Bauern", das mit Hilfe von Videos Erfahrungen von Bäuerinnen und Bauern über die Erhaltung oder Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit vermittelt wurde abgeschlossen. Das zusätzliche Modul für den Futterbau (Hügel- und Bergzone) und die Anpassungen und Ergänzungen für die französischsprachige Schweiz mit Videosequenzen zur Begrünung im Rebbau und zur Direktsaat im Ackerbau sind nun ebenfalls erhältlich. Insgesamt sind neun schweizerdeutsch und französisch gesprochene Filme mit französischen, deutschen oder englischen Untertiteln verfügbar. Auf der Webseite www.vonbauernfuerbauern.ch sind die wichtigen Informationen zu finden.

Zusammen mit der Firma LerNetz AG hat das Bundesamt für Umwelt BAFU ein neues Lernangebot „Bodenreise.ch – unterirdisch unterwegs“ entwickelt. Das Programm ist online auf der Webseite www.bodenreise.ch verfügbar und ersetzt und ergänzt die bisherige Webseite www.regenwurm.ch. Schülerinnen und Schüler der 3. bis 6. Klasse können auf spielerische und abenteuerliche Weise die Eigenschaften und Funktionen des Bodens erfahren und in einem virtuellen Bodenlift selbstständig navigieren und interaktiv durch die verschiedenen Schichten bis tief in den Boden vordringen. An sieben Stationen, bestehend aus Lernsequenzen und Hörbeiträgen, lernen Kinder die existentielle Bedeutung des Bodens kennen und entwickeln ein besseres Verständnis der ökologischen Zusammenhänge (siehe Ausgewählte Projekte 3.2). Zusätzlich zum Online-Angebot auf Deutsch und Französisch liefert ein Leporello zur Bodenkunde Anregungen und Anleitungen zu den Experimenten, welche auch im Online-Lernangebot beschrieben werden.

2.2. Projektgruppe Mikrobiologie

Hans-Rudolf Oberholzer, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Die Arbeitsgruppe Mikrobiologie beteiligte sich an Projekten der Gruppe Mykorrhiza (Mykorrhiza-Infektionspotenzial) und der Langzeitbeobachtung (NaBo-Bio).

2.3. Projektgruppe Mykorrhiza

Simon Egli, WSL Birmensdorf

Die Projektgruppe Mykorrhiza hat im Herbst 2009 ein neues Projekt im Auftrag des BAFU gestartet, welches einen Überblick über das Mykorrhiza-Infektionspotential (MIP) in Schweizer Landwirtschaftsböden geben soll. Über 100 Böden aus dem bestehenden KABO- und NABO-Messnetzwerk wurden evaluiert und im Frühjahr 2010 beprobt. Chemische, physikalische, biologische und mikrobiologische Analysen von Böden und Testpflanzen werden die Erfassung des MIP ergänzen. Hauptziel ist es, die Eignung des MIP als integrativen Parameter zur Beurteilung der Bodenqualität an einem für schweizerische Landwirtschaftsböden repräsentativen Sampling zu testen und die wichtigsten das MIP beeinflussenden Faktoren zu eruieren.

2.4. Projektgruppe Fauna

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

Die wieder aktivierte Gruppe Fauna traf sich zu einer ersten Sitzung. Mit einem Grundlagenpapier und einer Tabelle mit Arbeitsschwerpunkten und Interessen der einzelnen TeilnehmerInnen wurde über Ziele und zukünftige Inhalte diskutiert. Bis zur nächsten Sitzung sollen verschiedene Zusammenstellungen vorliegen: ein Verzeichnis der Kantone, die bodenbiologische Parameter anwenden (wer macht was); die alte Arbeitsliste der VBB (1999) aktualisieren (abgeschlossene, laufende, neue Projekte); eine Zusammenstellung der möglichen Ökotoxtests mit Aufwand, Kosten, Aussagekraft etc.; ein Grundlagenpapier mit Zielen, möglichen Parametern, Forschungsstellen, Literatur, Vollzug-Forschung, etc.

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)

Wald: Die in dieser Arbeitsgruppe beteiligten Kantone präsentierten am letzten Erfahrungsaustausch der Kantone in St.Gallen eine kurze Zusammenfassung der Resultate der Waldbodendaten sowie Fakten und Anliegen zum Thema Waldbodenversauerung. Sie machten einerseits den Vorschlag, dass das BAFU zu

diesem Thema die Federführung übernehmen sollte. Als Beispiel wurde vorgeschlagen, dass das Handbuch „Gefährdungsabschätzung“ mit einem Kapitel zur Abschätzung der Waldbodenversauerung und entsprechenden Handlungsanweisungen ergänzt wird. Die anwesenden Kantone stimmten den Vorschlägen zu. Das BAFU nahm die Anliegen auf und wird auf die Kantone zukommen. Die vorliegende Arbeitsgruppe stellt sich nun auch die Frage, wie es weiter gehen soll. Der Kanton Zürich schlägt vor, sich der Koordination der KABOs zu widmen.

3. Ausgewählte Projekte der VBB

3.1. Beurteilung von Bodenverdichtungen aus Sicht der Bodenbiologie

Hans-Rudolf Oberholzer, Anneke Beylich, Stefan Schrader, Heinrich Höper und Berndt-Michael Wilke

*Hans-Rudolf Oberholzer
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART
Reckenholzstrasse 191
CH – 8046 Zürich
hansrudolf.oberholzer@art.admin.ch*

Bodenverdichtung ist weltweit ein Problem mit steigender Bedeutung, sowohl in der Land- wie auch in der Forstwirtschaft. Verdichtungen im Sinne von Gefügebeeinträchtigungen können sowohl durch den Einsatz von schwerer Mechanisierung wie auch durch den Tritt von Tieren verursacht werden. In erster Linie betrifft Bodenverdichtung die physikalischen Bodeneigenschaften, die Lagerungsdichte wird erhöht und folglich das Volumen und die Vernetzung der Poren reduziert.

Bis jetzt konzentrierten sich Untersuchungen zu diesem Thema vor allem auf die Effekte auf bodenphysikalische Eigenschaften und Pflanzenertrag. Grenzwerte für physikalische Eigenschaften wurden vorgeschlagen, um ungünstige Effekte auf Pflanzenwachstum, Ertrag und den Luft- und Wasserhaushalt von Böden vermeiden zu können. Bisher existieren noch keine Grenzwerte für ungünstige Auswirkungen von Gefügebeeinträchtigungen auf Bodenorganismen und biologische Prozesse in Böden. Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, zu überprüfen, ob die vorgeschlagenen Grenzwerte für bodenphysikalische Parameter mit jenen Grenzen übereinstimmen, bei denen schädliche Auswirkungen auf Bodenorganismen und biologische Prozesse auftreten.

Der Zusammenhang zwischen physikalischen Bodenschäden und Veränderungen von bodenbiologischen Parametern wurde aufgrund von publizierten Ergebnissen analysiert. Dazu wurden insgesamt 240 wissenschaftliche Veröffentlichungen, die zwischen 1963 und 2007 publiziert worden sind, nach Daten über Effekte von Bodenverdichtung auf Bodenorganismen und biologische Prozesse in Böden durchsucht. Die Ergebnisse wurden in einer Datenbank

zusammengestellt, insgesamt 640 Datensätze zu Mikroorganismen und mikrobiologischer Aktivität und 332 Datensätze zur Bodenfauna. Zur Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den bodenphysikalischen Parametern Lagerungsdichte bzw. Grobporenvolumen und den verschiedenen biologischen Parametern wurden Regressionsanalysen eingesetzt.

Von den 240 wissenschaftlichen Veröffentlichungen enthielten nur 54 Ergebnisse in einer für unsere Auswertungen geeigneten Form. Dazu mussten folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Ergebnisse zumindest zu den bodenphysikalischen Parametern Lagerungsdichte und Grobporenvolumen mussten vorhanden sein oder abgeleitet werden können;
- Original- und Rohdaten mussten angegeben sein;
- Verdichtungseffekte müssen von andern Effekten trennbar sein (z.B. Wirkungen von Bodenbearbeitungssystemen).

Bodenfauna

In Bezug auf die Bodenzooologie sind in Feldversuchen vorwiegend Abundanz und Biomasse von Regenwürmern untersucht worden, während in Laborversuchen vorwiegend Grabaktivität und Kotproduktion von Regenwürmern in künstlich verdichteten Meso- und Mikrokosmen bestimmt wurden. Bei Berücksichtigung aller Daten konnten keine klaren Beziehungen zwischen den zoologischen Parametern und der Zunahme der Lagerungsdichte festgestellt werden (Abbildung 3.1.1). Eine Unterteilung in Feld- und Laborstudien ergab ebenfalls keine deutlicheren Beziehungen. Die Kotproduktion ist bei den durch die Verdichtung erreichten Lagerungsdichten erhöht. Dennoch besteht ein negativer Effekt mit abnehmenden Werten mit steigender Lagerungsdichte. Der von Bodenphysikern vorgeschlagene Grenzwert für die Lagerungsdichte konnte durch unsere Analysen der veröffentlichten Bodenfaunadaten weder bestätigt noch widerlegt werden. Neben der hohen Variabilität sowohl bei den grundlegenden physikalisch-chemischen wie auch bei den spezifisch physikalischen Bodeneigenschaften könnten dafür folgende Ursachen in Frage kommen: (1) unterschiedliche zoologische Bodenparameter reagieren unterschiedlich auf Bodenverdichtung; (2) verschiedene Verdichtungsursachen (z.B. Tritt durch Weidetiere, Befahrung) verursachen unterschiedliche

Verdichtungseffekte, so dass z.B. als Folge von Verknüchtungen und Verscherungen physikalische Parameter gewachsener Böden anders

verändert werden als durch die künstliche Verdichtung von geschütteten Bodensäulen.

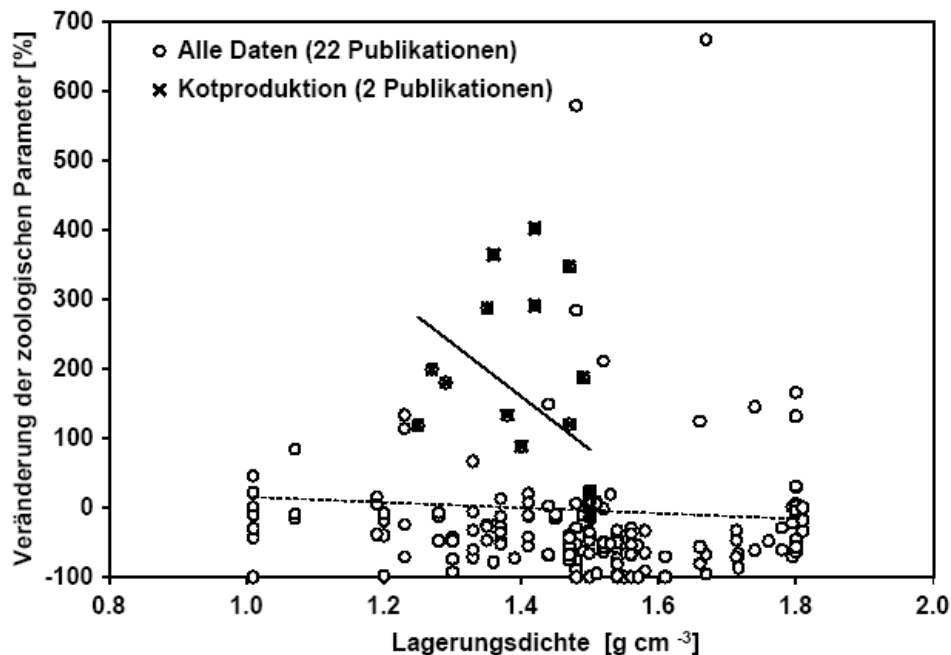


Abbildung 3.1.1 Veränderung der zoologischen Parameter (% der unverdichteten Kontrolle) in Relation zur Lagerungsdichte. Ergebnisse zur Kotproduktion sind wegen der vorwiegend positiven Effekte separat markiert und berechnet. $r^2 = 0.005$, n. s. (alle Data, punktierte Linie; $y = -40.45x + 56.489$) und $r^2 = 0.222$, $p < 0.05$ (Kotproduktion, durchgezogene Linie; $y = -763.67x + 1229.3$).

Mikroorganismen

In unserer Datenbank konnten 29 Datensets aus 6 wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu Verdichtungswirkungen auf die C-Mineralisierung in Feldversuchen ausgewertet werden. Im Gegensatz zu den bedeutenden Verdichtungseffekten auf die physikalischen Bodeneigenschaften Lagerungsdichte und Grobporenvolumen waren die Effekte auf die C-Mineralisation sehr unterschiedlich und reichten von -47% bis +51%. In etwa der Hälfte aller Fälle traten ungünstige Effekte auf. Zwischen den durch die Verdichtung verursachten Veränderungen der C-Mineralisation und der Lagerungsdichte ergab sich ein positiver Zusammenhang, d.h. die C-Mineralisierung wurde durch die infolge Verdichtung zunehmende Lagerungsdichte eher gefördert.

Für die Beurteilung der Effekte der Bodenverdichtung auf die C-Mineralisation in Laborversuchen standen 68 Datensätze aus 9 veröffentlichten Arbeiten zur Verfügung (Abbildung 3.1.2). In 7 Fällen wurde durch die induzierte Verdichtung der vorgeschlagene Grenzwert für die effektive Lagerungsdichte von 1.7 g cm^{-3} und

in 7 Fällen derjenige für das Grobporenvolumen von 5 bis 7 Vol. % überschritten. Die Korrelation (r^2) zwischen der Veränderung der C-Mineralisation (in % derjenigen des Kontrollverfahrens) und der effektiven Lagerungsdichte bzw. der Lagerungsdichte betrug 0.32 bzw. 0.17. Alle Verdichtungsverfahren, die zu einer Verdichtung auf eine effektive Lagerungsdichte von über 1.70 g cm^{-3} führten, zeigten einen ungünstigen Effekt auf die CO_2 -Produktion.

Bodenverdichtungen führten zu ähnlichen Effekten auf die mikrobielle Biomasse wie auf die C-Mineralisation. Während Verdichtungen in den Feldversuchen eher eine leichte Erhöhung der biologischen Parameter bewirkten, wurde in Laborexperimenten eine klare Abnahme beobachtet. Bei einer Verdichtung auf über 1.7 g cm^{-3} effektive Lagerungsdichte waren alle Effekte auf die mikrobielle Biomasse ungünstig.

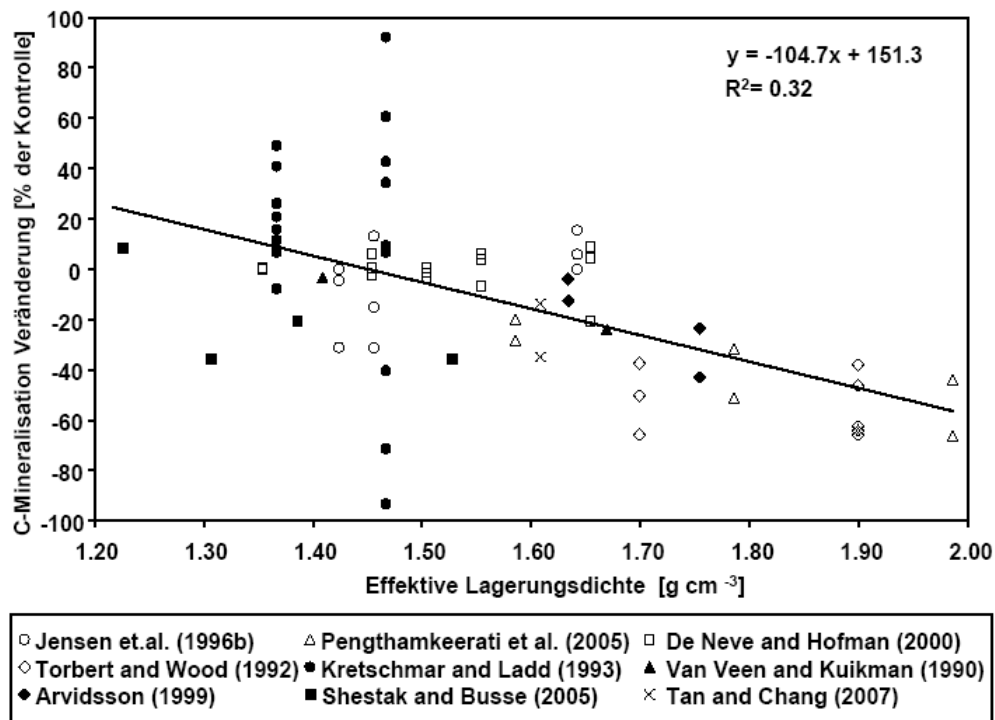


Abbildung 3.1.2 Veränderung der C-Mineralisation (% des Wertes ohne Verdichtung) relativ zur effektiven Lagerungsdichte nach Verdichtung in Laborexperimenten. $r^2 = 0.316$, $p < 0.001$.

Schlussfolgerungen

Sowohl bei geringfügigen wie auch bei schwerwiegenden Bodenverdichtungen traten sowohl positive wie auch negative Effekte auf biologische Bodenparameter auf. Neben der eigentlichen Verdichtung war die Veränderung des Wasser- und Lufthaushaltes von grösster Bedeutung für die ungünstigen Effekte speziell auf die mikrobiologischen Parameter. Eine Bestätigung der vorgeschlagenen Grenzwerte aus der Sicht der Wirkung auf biologische Parameter ist deshalb nicht möglich.

Um eine wissenschaftlich fundierte Datenbasis für die Bewertung von Bodenverdichtungseffekten auf Bodenorganismen und biologische Funktionen und Prozesse zu erhalten, empfehlen wir, in entsprechenden Versuchen folgende Parameter unbedingt zu erfassen:

- Standorteigenschaften (Landnutzung, Klima, Exposition)
- Bodeneigenschaften (Bodentyp, Textur (Ton-, Schluff- und Sandgehalt), (effektive) Lagerungsdichte, Humusgehalt, pH-Wert)
- Bodenfeuchtigkeit (volumetrischer Wassergehalt, Matrixpotential)
- Gesamtporenvolumen, Grobporenvolumen
- Luft- und Wasserleitfähigkeit

Verdankung

Die in dieser Arbeit publizierten Ergebnisse wurden in der Arbeitsgruppe „Biologische Bewertung von Böden“ des Bundesverbandes Boden erarbeitet. Die Autoren danken G. Broll, H. Brauckmann, H.-C. Fründ, Th. Gärtig, U. Graefe, K. Rahtkens and A. Ruf für ihren Beitrag an der Arbeit. Im Weiteren danken wir der Bundesanstalt für Materialforschung sowie dem Umweltbundesamt für die finanzielle Unterstützung (FKZ 36013009).

Vollständige Publikation:

Beylich, A., H.-R. Oberholzer, S. Schrader, H. Höper & B.-M. Wilke (2010): Evaluation of soil compaction effects on soil biota and soil biological processes in soils. *Soil and Tillage Research* 109: 133-143.

3.2. Bodenreise – ein Projekt im Bereich Wissensvermittlung (E-learning)

Elena Havlicek
BAFU
CH – 3003 Bern
elena.havlicek@bafu.admin.ch

Virtuelle Reise durch den Boden:

www.bodenreise.ch

Der Schutz des Bodens unterscheidet sich in mehrfacher Hinsicht vom Schutz der übrigen Umweltressourcen. Einer der Gründe dafür ist seine biologische Bedeutung: Zum einen dient der Boden als ausschliesslicher Lebensraum für eine Vielzahl von Lebewesen, zum andern sind es gerade diese Organismen, die zur Bildung des Lebensraums Boden beitragen. Als Bestandteil natürlicher, ländlicher oder urbaner Ökosysteme wird er ausserdem häufig schlicht «übersehen»: Da nur seine Oberfläche erkennbar ist, wird er nicht selten als reglose Grundlage für den Anbau von Nahrungsmitteln oder Zierpflanzen wie etwa in städtischen Grünanlagen wahrgenommen. Über die komplexen Vorgänge im Boden und insbesondere über seine biologische Bedeutung wissen sowohl die Bevölkerung als auch die politischen Entscheidungsträger oft nicht Bescheid.



Angesichts dieser weit verbreiteten Unwissenheit ist beim Bodenschutz eine vorgängige Information über die Eigenschaften des Bodens und über seine Bedeutung für die Funktion der Ökosysteme unverzichtbar. Mit dem webbasierten Lernangebot www.bodenreise.ch / www.objectif-sol.ch, das vor allem ein junges Publikum, das heisst Kinder im Schulalter, anspricht, will das Bundesamt für Umwelt (BAFU) dieses Informationsbedürfnis zumindest teilweise abdecken.

Allgemein zugängliches Informationsangebot

Die Vorzüge der digitalen Informationsvermittlung sind unbestritten: Innerhalb kurzer Zeit ist der Zugang zum World Wide Web für fast alle Bevölkerungsschichten und insbesondere für die jüngeren Generationen zu einer Selbstverständlichkeit geworden. Auch in der Schulbildung kommen E-Learning-Methoden immer häufiger zum Einsatz. Für eine gute Webpräsenz reicht es jedoch nicht aus, Bilder und/oder Texte online bereitzustellen: Informationen wollen zielgruppengerecht aufbereitet werden, dies umso mehr, wenn sie für den Unterricht von Nutzen sein sollen. Didaktische Konzepte und wissenschaftliche Aussagen müssen von Spezialistinnen und Spezialisten der einzelnen Fachgebiete erarbeitet werden. Eine weitere Voraussetzung für ein attraktives E-Learning-Angebot, das der anvisierten Schulstufe entspricht, ist ausserdem die interdisziplinäre Koordination. Um all diesen Erfordernissen gerecht zu werden, hat das BAFU nicht nur mit Lehrpersonen zusammengearbeitet, sondern auch mit LerNetz, einem Unternehmen, das auf die Entwicklung webbasierter Lernangebote spezialisiert ist. www.bodenreise.ch / www.objectif-sol.ch ist das Ergebnis einer engen Zusammenarbeit von Bodenfachleuten, die die wissenschaftlichen Inhalte bereitgestellt haben, und von Lernsoftware-Entwicklern sowie Didaktikerinnen und Didaktikern aus der Praxis, die für die jugendgerechte Aufbereitung der Aussagen verantwortlich zeichneten. Die Attraktivität des Moduls ist nicht zuletzt seinem visuellen Aspekt zu verdanken: Die originellen Illustrationen eines Künstlers schaffen einen ästhetischen Mehrwert, der für die Informationsvermittlung unverzichtbar ist.



Das webbasierte Lernangebot www.bodenreise.ch / www.objectif-sol.ch richtet sich in erster Linie an Schülerinnen und Schüler der Mittelstufe (3-6. Klasse). Für diese Altersgruppen ist die Ergänzung des Online-Unterrichts um eine positive und spielerische Komponente besonders wichtig. Erfreulicherweise werden solche einfach und ansprechend konzipierten Websites auch von einem breiteren, älteren Publikum gerne als Einstieg in eine komplexe Materie genutzt.

Boden – Fabrik des Lebens

Die Schülerinnen und Schüler in Begleitung ihrer Lehrperson – oder andere interessierte Besucherinnen und Besucher der Website – werden mit einem virtuellen Bodenlift in den a priori unwirtlich und dunkel erscheinenden Untergrund befördert, wo sie von einem freundlichen und redegewandten Regenwurm herumgeführt werden.

An insgesamt 7 Stationen lernen sie die verschiedenen Aspekte des Bodens und seine Funktionsweise kennen. Einen besonderen Stellenwert nimmt dabei die Bodenbiologie ein: Nicht weniger als 5 der 7 Lernstationen sind ausdrücklich den Bodenlebewesen und ihrer Rolle für die Bildung des Bodens gewidmet. Die Lerninhalte kommen in vielfältiger Form daher, angefangen bei kurzen informativen Texten bis hin zu interaktiven Modulen (Übungen, Spiele usw.). Eine Orientierungshilfe zeigt, in welcher Bodentiefe man sich befindet, und weist den Weg zu weiterführenden Informationen (Schaltfläche «Plus»). Am Ende ihrer unterirdischen Reise kennen die Schülerinnen und Schüler die Antworten auf grundlegende Fragen: Welche Tiere leben im Boden? Welche Rolle spielt der Boden für die Pflanzen? Was passiert mit dem Wasser im Boden? Welche Bodenschichten gibt es? Und schliesslich: Welches ist die Rolle des Bodens für die Natur und den Menschen?

Die im Internationalen Jahr der Biodiversität 2010 lancierte Website www.bodenreise.ch / www.objectif-sol.ch rückt vor allem die Bodenlebewesen in den Mittelpunkt. Auch wenn ihre Anzahl und ihre Vielfalt noch längst nicht abschliessend erforscht sind, weiss man doch, dass sie als unermüdliche Arbeiterinnen und Arbeiter die grosse Fabrik des Lebens am Laufen halten: Ohne Regenwurm und Konsorten gäbe es schlichtweg kein Leben – weder unter noch auf der Erde!



Nichts als graue Theorie?

Wie auch andere naturwissenschaftliche Bereiche – man denke nur an die Botanik – lässt sich die Bodenkunde nur schwer als reine Theorie im Klassenzimmer unterrichten. Ein zusätzlich entwickeltes Lehrmittel soll den konkreten Zugang zum Boden und zu seinen Eigenschaften erleichtern:

Ein Leporello – ein Faltprospekt, der sich auch als Begleiter im Feld oder im Labor eignet – illustriert verschiedene lernfördernde und dennoch spielerische Aktivitäten, die die Unterrichtenden in der Klasse durchführen können. Die Vorderseite zeigt ein Bodenprofil und enthält Hinweise zu den 7 Lernstationen, die sich mit dem Bodenlift ansteuern lassen. Dies erleichtert die Nutzung des E-Learning-Tools. Die Rückseite enthält Anleitungen und detaillierte Illustrationen zu den 7 Experimenten, die in der Anwendung vorgestellt werden und die auch von jedermann ohne besondere Hilfsmittel zu Hause durchgeführt werden können.

Kostenloser Zugang

Der Zugriff auf das Lernangebot www.bodenreise.ch / www.objectif-sol.ch ist kostenlos. Die Anwendung ist in deutscher und französischer Sprache verfügbar. Der Leporello kann gratis (Einzelexemplar) oder zum Preis von CHF 1.50/Stück (Klassenbestand) bestellt werden. Gegenwärtig befindet sich die Website noch in der Testphase. Die Benutzerinnen und Benutzer sind eingeladen, ihre Kommentare mitzuteilen, damit das Angebot angepasst und verbessert werden kann.

Und nun auf zur Entdeckungsreise durch die geheimnisvolle Welt der Bodenbiodiversität!

4. Forum

4.1. Versauerung und Schwermetallbelastung forstwirtschaftlich genutzter Böden im Kanton Bern

Claudia Maurer-Troxler
Bodenschutzfachstelle des Kantons Bern, Rütli,
CH – 3052 Zollikofen
claudia.maurer@vol.be.ch

Stephan Zimmermann
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und
Landschaft WSL, Zürcherstrasse 111
CH – 8903 Birmensdorf
stefan.zimmermann@wsl.ch

Eine Mehrheit der an 238 Standorten untersuchten Berner Waldböden ist stark bis sehr stark sauer. Viele Böden sind natürlicherweise bereits stark entkarbonatet. Insgesamt konnten nur 27 % der untersuchten Standorte als problemlos bezüglich einer weiteren Versauerung erkannt werden, 44 % zeigen gewisse Risiken und 29 % werden als kritisch eingestuft.

Je saurer der Boden, desto mobiler sind allfällig vorhandene Schwermetalle. Gut ein Viertel der 108 untersuchten Waldböden zeigt erhöhte Werte oder Richtwertüberschreitungen von mindestens einem Schwermetall, wobei zwei Drittel auf geogene und pedogene Prozesse zurückzuführen sind und ein Drittel auf atmosphäre (von Menschen verursachte und über die Luft eingetragene) Emissionen vor allem von Blei.

Die Hauptursache für die beschleunigte Versauerung der Waldböden liegt in den seit Jahren erhöhten Stickstoff-Einträgen. Mit Massnahmen im Bereich Luftreinhaltung sowie Ammoniak reduzierende Ausbringsysteme in der Landwirtschaft soll die Immissionsreduktion von Stickstoff auf mehreren Ebenen gezielt angegangen werden.

Bodenversauerung

Die WSL hat eine Übersicht zum Säurestatus der Berner Waldböden sowie dessen Dynamik bezüglich einer weiteren pH-Abnahme erarbeitet (Zimmermann 2009). An 238 vegetationskundlich ausgewählten Standorten wurden Bodenprofile geöffnet, beschrieben und horizontspezifisch der pH-Wert, die austauschbaren sauren und basischen Kationen sowie verschiedene Bodenparameter analysiert.

Für eine Gesamtbeurteilung wurden drei Statuskriterien (pH-Wert, Basensättigung BS, Kationenaustauschkapazität KAK), zwei dynamische Kriterien (Empfindlichkeit für eine Abnahme des pH-Wertes bzw. der BS) sowie das Risiko für Aluminium-Toxizität herangezogen.

Nur wenige der 238 untersuchten Böden können künftig eingetragene Säuren weitgehend neutralisieren. Etwas weniger als die Hälfte ist bereits sehr sauer, an einem Fünftel der Standorte wird der pH-Wert bei andauerndem Säureeintrag jedoch rasch weiter abnehmen.

Zwei Drittel der untersuchten Böden weisen eine hohe bis sehr hohe BS auf, ein Drittel eine hohe bis sehr hohe KAK. Demgegenüber werden knapp ein Viertel der Standorte sehr empfindlich reagieren, wenn sich bei einem weiteren Säureeintrag die Nährstoffspeicherung verschlechtert. Nimmt die Verfügbarkeit von basischen Kationen weiter ab, nimmt im Gegenzug diejenige von Aluminium zu. Dadurch wird insbesondere das Wurzelwachstum gestört. Heute ist die Gefahr von Aluminium-Schäden bereits an knapp einem Viertel aller untersuchten Standorte gegeben.

Gesamtbeurteilung der Bodenversauerung

Die in mehreren Einzelschritten ausgearbeiteten sechs Beurteilungskriterien für Waldböden sind in Abbildung 4.1.1 zu einer Gesamtübersicht zusammengefasst.

Die Mehrheit der Flächen reagiert auf einen weiteren Säureeintrag und die damit verbundenen Folgen empfindlich. Im Kanton Bern befinden sich viele Waldstandorte auf stark entkarbonatetem Muttergestein wie Molasse-sanden und kalkarmen Mischgesteinsmoränen. Diese neigen bei fortgeschrittener Bodenbildung natürlicherweise zu tiefen pH-Werten. Lediglich 27 % der Standorte weisen bei keinem der sechs Untersuchungskriterien ein Risiko auf. Bei allen übrigen Standorten wurde mindestens ein Untersuchungskriterium als nicht optimal beurteilt. 44 % weisen ein Risiko für eine Abnahme des pH-Wertes oder der BS auf und 29 % der Standorte sind so stark versauert oder weisen so geringe BS auf, dass sie der Vegetation keine idealen Wachstumsbedingungen mehr bieten. An diesen Standorten muss mehrheitlich mit einem Risiko für pflanzentoxisches Aluminium gerechnet werden, und es besteht die Wahrscheinlichkeit, dass die Bodenfrucht-

barkeit und damit die natürliche Verjüngung bei anhaltend grosser Säurebelastung beeinträchtigt wird.

Auswirkungen der Bodenversauerung

Die erzielten Resultate sind als einmalige Zustandserfassung zu interpretieren und erlauben weder eine räumliche noch eine zeitlich genaue Extrapolation.

Demgegenüber zeigt eine Walddauerbeobachtung (IAP 2009), dass eine Bodenversauerung schon innerhalb von neun Jahren

effektiv messbar ist. Der pH-Wert nahm in kalkfreien Bodenschichten (0 bis 40 cm) um durchschnittlich 0.11 Einheiten ab, die BS um 5.3 %. 23 von 38 auf Aluminium-Toxizität hin untersuchte Flächen zeigen zudem eine Abnahme des Verhältnisses von basischen Kationen zu Aluminium. Bei 32 % der Böden wird die Fähigkeit, Säuren zu puffern, als eingeschränkt beschrieben. Als Ursache wurde insbesondere der zu hohe Stickstoff-Eintrag in Waldflächen erkannt (IAP 2009).

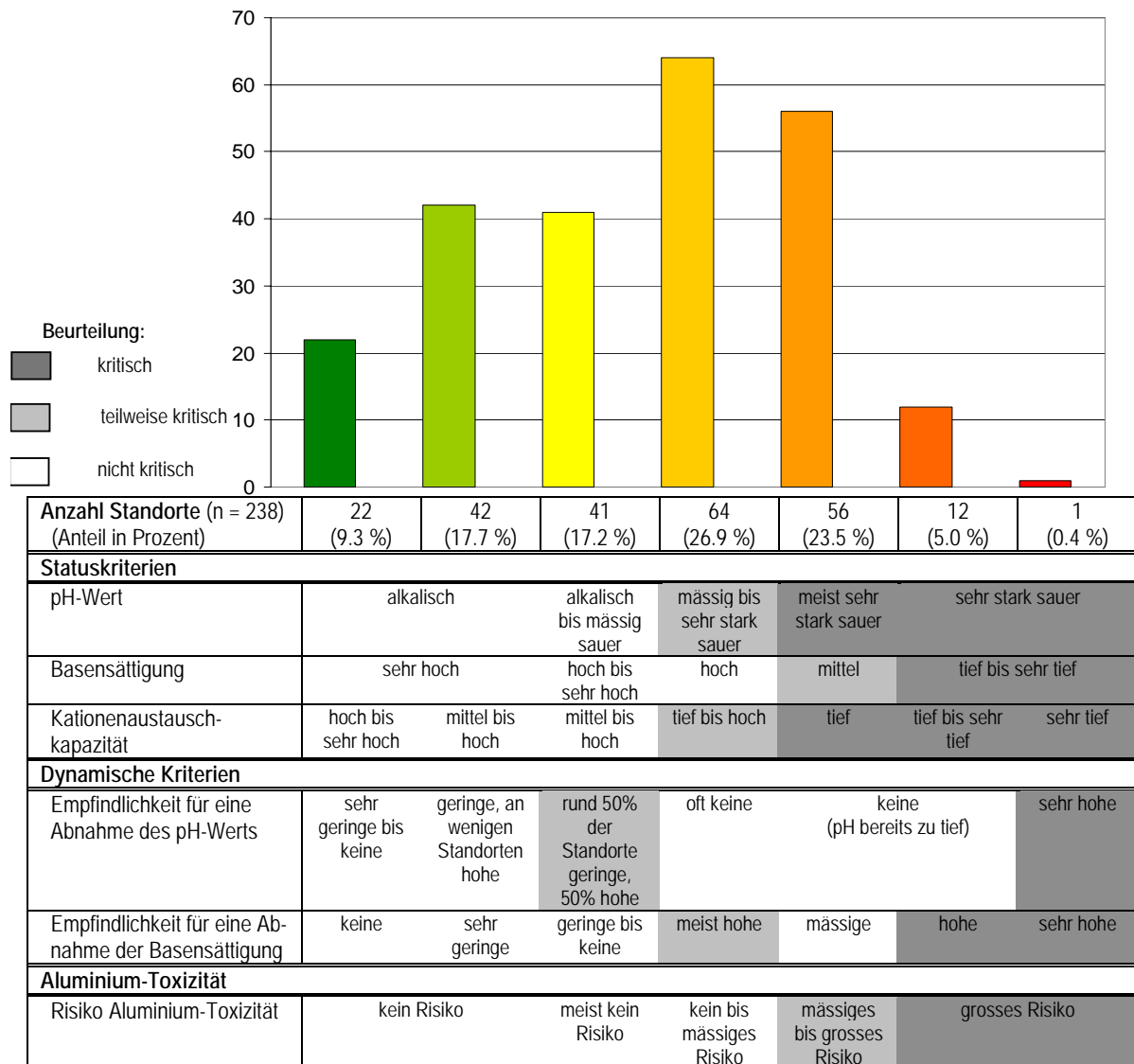


Abbildung 4.1.1 Zusammenstellung der von Zimmermann (2009) vorgenommenen Gesamtbeurteilung aller sechs diskutierten Beurteilungskriterien sowie Gruppierung der 238 Waldstandorte in sieben Klassen (grün: Standorte ohne Kriterien im kritischen Bereich; rot: Standorte mit allen Kriterien im kritischen Bereich).

Schwermetallbelastung

Schwermetalle im Boden stammen aus dem Muttergestein und können sich durch verschiedene Prozesse lokal im Boden anreichern. Zudem gelangen Schwermetalle aus anthropogenen Quellen über die Atmosphäre in den Boden. Hohe Konzentrationen schädigen Vegetation sowie Bodenleben und können die Bodenfruchtbarkeit gefährden. Ausserdem können Schwermetalle aus dem Boden ausgewaschen werden und das Trinkwasser belasten.

Von 108 der 238 Standorten wurden zusätzlich die Totalgehalte nach der Verordnung über Belastungen des Bodens VBBo (1998) der Schwermetalle Blei (Pb), Cadmium (Cd), Kobalt (Co), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Quecksilber (Hg), Nickel (Ni) und Zink (Zn) analysiert und in Zusammenarbeit mit der WSL bezüglich Belastung und Risiko für Wasser und Boden ausgewertet (Maurer et al. 2009).

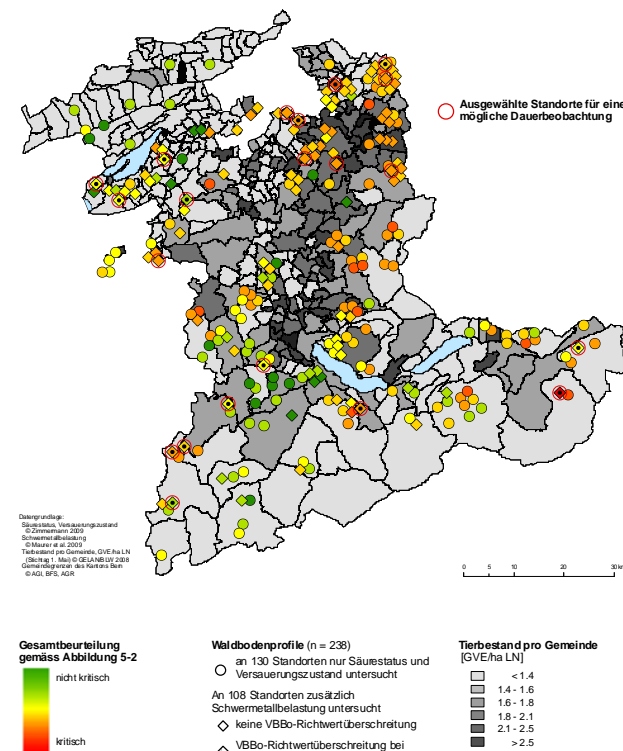


Abbildung 4.1.2 Standortübersicht.

Richtwertüberschreitungen nach VBBo

Die VBBo legt Richtwerte für die Konzentration von anorganischen Schadstoffen fest, bei deren Überschreitung ein Boden als belastet gilt.

Insgesamt weisen 30 der 108 untersuchten Waldbodenprofile Richtwertüberschreitungen bzw. erhöhte (80 bis 100 % des Richtwerts) Schwermetallwerte eines oder mehrerer Elemente auf. Rund ein Drittel ist durch menschliche Aktivitäten (z.B. Blei aus verbleitem Benzin) und zwei Drittel primär infolge geo- und/oder pedogener Prozesse (z. B. Nickel, Cadmium, Chrom, Kupfer, Zink) verursacht.

Verlagerungsrisiko

Das Gefährdungsrisiko für die Umwelt hängt nicht nur vom Totalgehalt, sondern massgeblich von der Mobilität der Schwermetalle ab. Das Risiko für eine Verlagerung wird sowohl durch chemische (pH-Wert bzw. Kalkgehalt) als auch durch physikalische Faktoren (schlecht wasser-durchlässige Schichten) bestimmt. Insgesamt weisen von 102 untersuchten Standorten deren 43 kein Verlagerungsrisiko für Schwermetalle auf, bei 59 Standorten ist ein mögliches Risiko für die primär laterale Verlagerung von Cadmium, Kobalt, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink vorhanden.

Biologische Beeinträchtigungen

Pflanzen und Mikroorganismen nehmen Stoffe in erster Linie aus der Bodenlösung auf. Hohe Schwermetallgehalte können deren Stoffhaushalt negativ beeinflussen. Das potenzielle Risiko für die Beeinträchtigung der Mikroorganismen kann mit den von VanMechelen et al. (1997) formulierten Grenzwerten abgeschätzt werden. Im Mineralboden wurde der Grenzwert für Chrom zweimal überschritten. Drei weitere Standorte wiesen erhöhte Chrom-, Kupfer- bzw. Nickel-Werte auf.

Gesamtbeurteilung der Schwermetallbelastung

Im Sinne einer Gesamtbeurteilung werden die Kriterien hoher Schwermetallgehalt (VBBo 1998), Verlagerungsrisiko und biologische Beeinträchtigungen zusammengefasst.

Die Schwermetallbelastung der beprobten Standorte ist kein flächendeckendes Problem. Bei einem Drittel der Standorte wurden keine Risiken festgestellt. Jedoch zeigen 17 der 102 Standorte gleichzeitig eine erhöhte oder hohe chemische Belastung meist einzelner Schwermetalle, kombiniert mit einem erhöhten Verlagerungsrisiko. An drei Standorten sind zusätzlich die Mikroorganismen in ihrer Aktivität beeinträchtigt.

Gesamtbeurteilung der Berner Waldböden

Die Versauerung ist ein natürlicher Prozess. Seit Jahren gelangen jedoch vermehrt Stickstoff sowie Schadstoffe aus Landwirtschaft, Verkehr, Industrie und Haushalt in grösseren Mengen in unsere Böden. Insbesondere beim Stickstoff werden die kritischen Eintragswerte (critical loads) für Wald auch im Kanton Bern fast flächendeckend überschritten, was zu einer zusätzlichen Beschleunigung des Versauerungsprozesses führt. In sauren Böden werden Nährstoffe leichter ausgewaschen, und für Pflanzen schädliches Aluminium kann freigesetzt werden. Auch Schwermetalle – aus dem Muttergestein oder menschlicher Herkunft – werden in sauren Böden einfacher verlagert und gelangen allenfalls in Oberflächengewässer oder ins Grundwasser. Die anhand der beprobten Berner Waldstandorte gemachten Feststellungen entsprechen in ihrer Grössenordnung anderen in der Schweiz durchgeführten umfangreichen Punktuntersuchungen. Gemäss VBBo sorgen die Kantone für eine Überwachung der Bodenbelastung. Für eine mögliche weitere Beobachtung wurden aus der Untersuchung Zimmermann (2009) diejenigen Standorte aus den drei höchsten Belastungskategorien (Abbildung 4.1.1) mit denjenigen mit Mehrfachbelastung aus der Auswertung Maurer et al. (2009) überlagert und entsprechend elf Standorte ausgewählt. Mit den zusätzlichen zehn Böden mit VBBo-Richtwertüberschreitung ergeben sich insgesamt 21 Standorte (Abbildung 4.1.2) für eine mögliche Weiterbeobachtung.

Literatur

- IAP, Institut für Angewandte Pflanzenbiologie, 2009: Wie geht es unserem Wald? 25 Jahre Walddauerbeobachtung. Ergebnisse von 1984 bis 2008, Bericht 3.
- Maurer-Troxler C., Chervet A., Sturny, W.G., Zimmermann, S., 2009: Schwermetallbelastung und Versauerungszustand von Waldböden im Kanton Bern. Teil 1 Schwermetallbelastung. Bodenschutzfachstelle des Kantons Bern.
- VanMechelen, L., Groenemans, R., VanRanst, E., 1997: Forest soil condition in Europe, results of a large-scale soil survey. EC, UNECE, Ministry of the Flemish Community, Brussels, Geneva. 261 S.
- VBBo, Verordnung über Belastungen des Bodens vom 1. Juli 1998. SR 814.12.
- Zimmermann, S., 2009: Säurestatus und Versauerungszustand von Waldböden im Kanton Bern. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, CH-8903 Birmensdorf, im Auftrag der Bodenschutzfachstelle Bern.

4.2. Bodenbiologische Untersuchungen in Graubünden

Esther Bräm
 Amt für Natur und Umwelt Graubünden
 Abteilung Natur
 Gürtelstrasse 89
 CH –7001 Chur
 esther.braem@anu.gr.ch

Ausgangslage

Das Amt für Natur und Umwelt (ANU) Graubünden betreibt seit 1990 das langfristige Bodenüberwachungsnetz LBN-GR. Dieses Netz umfasst 45 detailliert untersuchte Referenz- und 5 Immissionsstandorte sowie 39 weniger detailliert untersuchte Variationsstandorte. Die Referenzstandorte sind gleichmässig verteilt über die 15 ehemaligen Regionen des Kantons und sind gegliedert nach Nutzung und Höhenlage: Dauerwiesen im Talboden, Wald im Hangbereich und Alpweide über der Waldgrenze. Von den 5 Immissionsstandorten werden zwei als Ackerland, einer als Dauerwiese, einer als Rebberg und einer als Parkanlage genutzt.

Vorgehen

Das Monitoring wird in 5-jährlichen Intervallen durchgeführt. In den drei ersten Runden umfassten die Untersuchungen die chemische Belastung durch Schwermetalle, Fluor und organische Schadstoffe sowie die Charakterisierung der Standorte. In der vierten Runde wurde die Bodenmikrobiologie als Indikator für den Zustand der Bodenbiozönose ins Messprogramm aufgenommen. Seit 2006 werden an 5 Standorten des Messnetzes bodenmikrobiologische Parameter durch Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) bestimmt. Diese Daten liess das ANU im vergangenen Jahr erstmals auswerten. Die Ergebnisse sind in einem Bericht erläutert [1] und den Vergleichswerten aus anderen Untersuchungen [2] gegenübergestellt.

Standorte

Die bodenbiologische Aktivität wird massgebend durch die standortspezifischen Eigenschaften wie Mikroklima, Nutzung, Gehalt und Qualität der organischen Substanz, Bodenart sowie Luft- und Wasserhaushalt bestimmt. Tabelle 4.2.1 zeigt die Eigenschaften der fünf ausgewählten Standorte. Sie liegen zwischen rund 500 und 1500 m ü. M. Vier werden als Dauerwiese, einer

wird ackerbaulich genutzt. Der pH Wert liegt mit Ausnahme von LBN Nr. 22 im alkalischen Bereich. Unter den Grünlandstandorten fällt Nr. 19 mit einem hohen Gehalt an organischem Kohlenstoff (9.2%) auf. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff liegt im Acker wesentlich tiefer als

im Grünland. Der Tongehalt variiert zwischen 19 und 30 %. LBN Nr. 7 und LBN Nr.19 weisen für zwei Schwermetalle Richtwertüberschreitungen auf.

Tabelle 4.2.1 Standortübersicht.

Standort	LBN Nr.7	LBN Nr.10	LBN Nr.19	LBN Nr.22	LBN Nr.46
Gemeinde	Paspels	Donath	Klosters-Serneus	Davos	Malans
Höhe m ü. M	855	1010	1005	1510	530
Nutzung	Dauerwiese	Dauerwiese	Dauerwiese	Dauerwiese	Acker
Substrat	Hangschutt, v.a. Bündnerschiefer	Kolluvium karbonathaltig	Hangschutt karbonathaltig	Kolluvium kristallin	Alluvium karbonathaltig
pH CaCl ₂	7.0	7.2	6.9	4.9	7.2
C _{org} %	4.6	5.8	9.2	4.8	1.7
Ton %	20	24	30	21	19
Schluff %	37	34	29	26	40
Sand %	43	42	41	53	41
Belastungen	Ni, Cu > RW	<RW	Cr, Ni > RW Cu +/- RW	< RW	< RW

Methoden

An den 5 Standorten wurden jeweils im Frühjahr vor Vegetationsbeginn je 3 Bodenproben als Mischprobe gewonnen. Die Beprobungstiefe betrug 0 bis 10 cm auf Dauerwiese bzw. 0 bis 20 cm im Acker. Das jeweilige Beprobungsdatum wurde nach phänologischen Kriterien festgelegt. Die Proben wurden bei 3°C im Kühlraum gelagert und nach der Methode B-PAL [3] aufbereitet. Die bodenbiologischen Parameter mikrobielle Biomasse BM SIR, BM FE-C und BM FE-N sowie die Basalatumung BA wurden im Labor gemäss den Referenzmethoden der Eidgenössischen landwirtschaftlichen Forschungsanstalt FAL (heute ART) bestimmt. Der metabolische Quotient liess sich anschliessend rechnerisch herleiten.

Ergebnisse

In Abbildung 4.2.1 ist die zeitliche Entwicklung der Basalatumung für alle 5 Standorte dargestellt. Die Standorte lassen sich bezüglich der Basalatumung in 3 Gruppen einteilen: LBN Nr. 7, 10, und 22 zeigen mittlere Basalatumungswerte, die grössten Werte weist Standort Nr. 19 auf, die kleinsten der Ackerstandort Nr. 46.

In Abbildung 4.2.2 ist die zeitliche Entwicklung der mikrobiellen Biomasse SIR für die 5 Standorte dargestellt. Die Ergebnisse für die Biomasse SIR zeigen eine ähnliche Verteilung wie die Ergebnisse für die Basalatumung. LBN Nr. 19 weist für die mikrobielle Biomasse SIR die grössten Gehalte, Ackerstandort LBN Nr. 46 die tiefsten Gehalte und die Strandorte LBN Nr. 7 und Nr. 22 mittlere Gehalte auf. LBN Nr. 10 liegt zwischen den mittleren und den grössten Gehalten.

Nach vier jährlichen Wiederholungsmessungen lässt sich kein eindeutiger zeitlicher Trend erkennen. Es lässt sich aber ein standort-spezifisches Niveau der gemessenen Parameter feststellen.

Ein Einfluss der Höhenlage auf die biologische Aktivität der Böden kann in weiteren Auswertungen nicht nachgewiesen werden. Es zeigt sich hingegen eine deutliche Korrelation zwischen der mikrobiellen Biomasse und dem organischen Kohlenstoffgehalt C_{org}.

Die Richtwertüberschreitungen der Schwermetalle Ni und Cr am Standort LBN Nr. 19 manifestieren sich nicht in einer eingeschränk-

ten Bioaktivität. Trotz der chemischen Belastung weist LBN Nr. 19 die höchsten Werte für die biologischen Parameter auf. Da der metabolische Quotient nicht erhöht ist, kann eine stressbedingte biologische Aktivität ausgeschlossen werden. Die erhöhten Werte für Ni und Cr sind vermutlich geogen bedingt und es muss angenommen werden, dass sie nicht hemmend auf mikrobielle Aktivität wirken.

Die Standorte LBN Nr. 7 und Nr. 19 weisen auch eine chemische Belastung durch Cu auf. Obwohl Cu als hemmend gilt, zeichnet sich bei diesen beiden Standorten keine eingeschränkte mikrobielle Aktivität ab. Die im Vergleich mit den anderen Grünlandstandorten geringere Aktivität am Standort LBN Nr. 7 ist wohl auf den geringeren C_{org} Gehalt zurückzuführen.

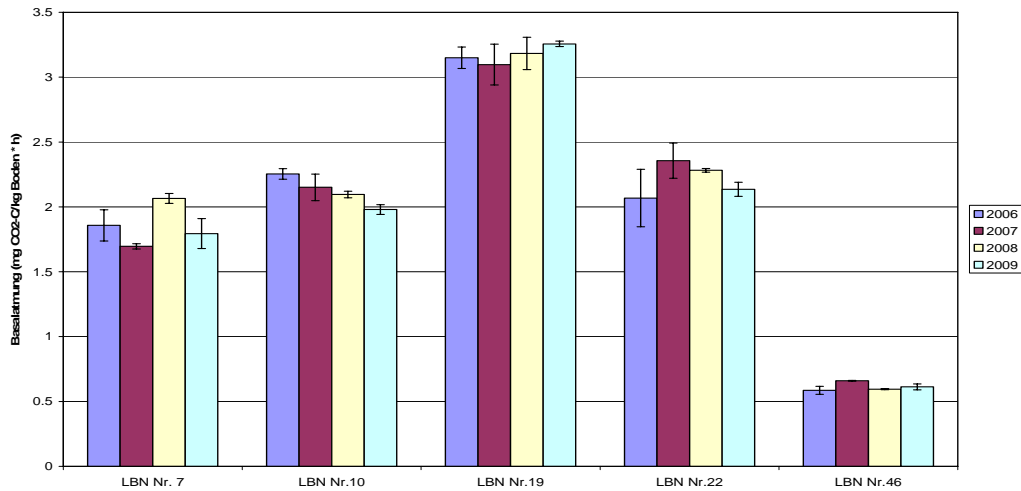


Abbildung 4.2.1 Basalatmung.

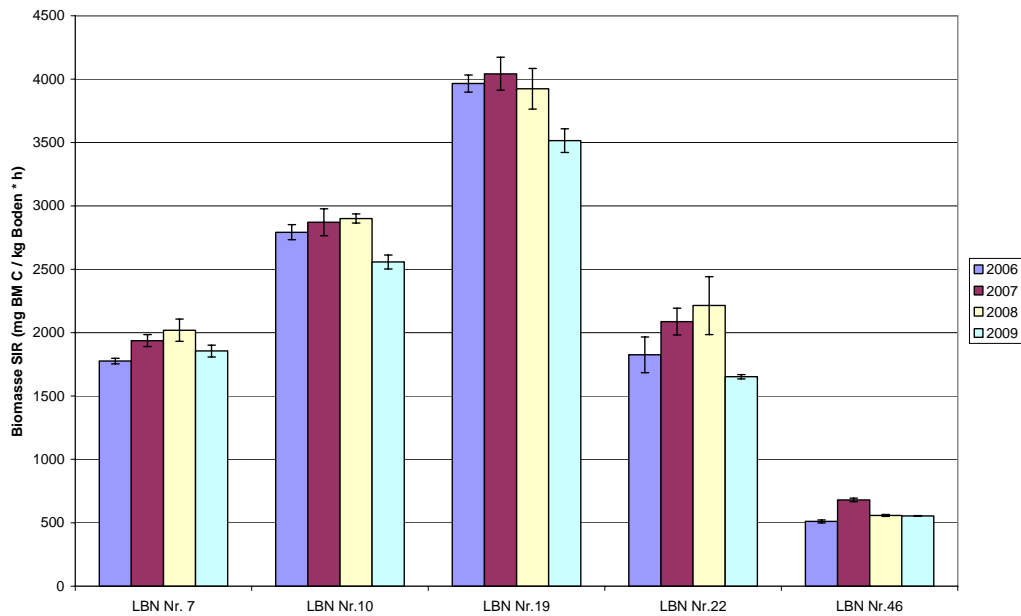


Abbildung 4.2.2 Mikrobielle Biomasse BM SIR.

Vergleich mit NABO Bio Böden

Die Ergebnisse aus Graubünden können nur beschränkt den Vergleichs- und Referenzwerten gegenübergestellt werden, die in der Arbeitshilfe zur Anwendung und Interpretation bodenbiologischer Parameter aufgelistet sind [4]. Da die in der Arbeitshilfe angegebenen Vergleichswerte nur für Mittellandböden und für Höhenlagen zwischen 400 und 800 m ü. M. gelten, die

bodenbiologisch untersuchten Standorte des LBN-GR jedoch Höhenlagen zwischen rund 500 und 1500 m ü. M. aufweisen, wurden zur Einschätzung der Daten aus Graubünden bodenbiologische Daten von NABO Bio-Böden aus der Untersuchung von Oberholzer & Scheid [2] als Vergleichswerte beigezogen.

Tabelle 4.2.2 Vergleich der LBN- und NABO Bio-Böden (Mittelwerte) [2].

Nutzung	Basalatmung [mg CO ₂ -C kg ⁻¹ TS*h ⁻¹]	Mikrobielle Biomasse BM [mg BM-C kg ⁻¹ TS]		Metabolischer Quotient qCO ₂
		BM SIR-C	BM FE-C	
Ackerbau n = 32	0.574	525	613	1.09
Ackerland LBN-GR Nr. 46	0.613	576	679	1.06
Grünland, extensiv n = 8	1.529	1344	2118	1.22
Grünland, intensiv n = 8	1.463	1502	2223	0.99
Grünland LBN-GR Nr. 7	1.853	1897	2572	0.98
Grünland LBN-GR Nr. 10	2.120	2780	3249	0.76
Grünland LBN-GR Nr. 19	3.171	3862	4246	0.79
Grünland LBN-GR Nr. 22	2.211	1944	2208	1.10

Aus Tabelle 4.2.2 geht hervor, dass die bodenbiologische Aktivität für den Acker LBN Nr. 46 bei allen untersuchten Parametern über dem Wert der NABO Bio-Ackerböden liegt. Auch die 4 Grünlandböden in Graubünden liegen bezüglich Basalatmung und mikrobieller Biomasse deutlich über den 16 Vergleichsböden aus der ganzen Schweiz. Die errechneten metabolischen Quotienten der LBN Standorte sind vergleichsweise niedrig, was auf eine ausgeglichene bis sehr effiziente Kohlenstoffnutzung der Mikroorganismen hindeutet.

Ausblick

Mit 5 Standorten ist die Datenbasis für einen grossräumigen Überblick über den Zustand der Mikroorganismengemeinschaft in den Böden Graubündens sehr schmal. Es ist geplant, die bisherigen Untersuchungsstandorte durch andere zu ersetzen. Aus dem Mykorrhizaprojekt, an dem Graubünden mit 25 Standorten beteiligt ist, werden im Jahr 2010 Hinweise auf geeignete neue Untersuchungsstandorte erwartet. Mit erweitertem Spektrum der Standorteigenschaften (Körnung, pH-Verhältnisse, Höhenlage) soll der Einfluss dieser Parameter auf die Mikroorganismenaktivität untersucht werden.

Bisher liegen bodenbiologische Referenzwerte nur für Böden im Mittelland vor. Weitere Anstrengungen sind notwendig, um auch Referenzwerte für höhere Lagen herzuleiten.

Literatur

- [1] Amt für Natur und Umwelt Graubünden, 2009: Langfristiges Bodenüberwachungsnetz Graubünden. Bestimmung von bodenbiologischen Parametern.
- [2] Oberholzer, H.-R. & Scheid, S., 2007: Bodenmikrobiologische Kennwerte. Erfassung des Zustands landwirtschaftlicher Böden im NABO-Referenzmessnetz anhand biologischer Parameter (NABO Bio). Umwelt-Wissen Nr. 0723. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- [3] FAL, FAW, RAC, 1998: Schweizerische Referenzmethoden der Eidgenössischen landwirtschaftlichen Forschungsanstalten, Band 2, Bodenuntersuchung zur Standortcharakterisierung.
- [4] Arbeitsgruppe Vollzug Bodenbiologie VBB/BSA, 2009: Arbeitshilfe zur Anwendung und Interpretation bodenbiologischer Parameter. Frick.

4.3. Molekulargenetische Verfahren zur Bestimmung der Vielfalt von arbuskulären Mykorrhizapilzen in Wurzeln und Böden

Jan Jansa
ETH Zürich
Institut für Agrarwissenschaften
FMG C 23
Eschikon 33
CH – 8315 Lindau
jan.jansa@ipw.agrl.ethz.ch

Hannes Gamper
Universität Basel
Botanisches Institut
Hebelstrasse 1
CH – 4056 Basel
hannes.gamper@unibas.ch

Arbuskuläre Mykorrhizapilze, Pilze des Stammes der Glomeromycota (= 'Knäuelpilze'), sind mit den Wurzeln der meisten Landpflanzen vergesellschaftet. Sie helfen ihren Wirtspflanzen, schwerverfügbare mineralische Nährstoffe aufzunehmen, verleihen allgemeine Stresstoleranz und tragen zu einer verbesserten Bodenaggregatstruktur bei. Ausserdem können sie Pflanzen verschiedener Arten untereinander verbinden. Die Arten dieser Pilzgruppe sind aufgrund von Merkmalen ihrer Sporen mikroskopisch nicht leicht zu identifizieren, und ihre Pilzfadengeflechte in Böden und Wurzeln erst recht nicht. Deshalb gelangen für den Nachweis, die Identifikation und Quantifikation molekulargenetische Untersuchungsmethoden zur Anwendung. Molekulargenetische Methoden erlauben es unter anderem Vorkommen, Artzugehörigkeit, Häufigkeit und Aktivität von Pilzstämmen, -Arten oder -Artengruppen zu bestimmen. Im Gegensatz zu Sporenanalysen erlauben molekulargenetische Verfahren die viel unmittelbarer an ökophysiologischen Funktionen beteiligten Pilzfadengeflechte zu untersuchen und sind deshalb sehr vorteilhaft. Ein bedeutender Nachteil von Sporengemeinschaften als Massgrösse für Pilzgemeinschaften ist es, dass diese gewöhnlich nicht alle Gemeinschaftsmitglieder umfassen und ausserdem die Anwesenheit einer Art stark davon abhängt, ob diese häufig und in grosser Zahl Sporen bildet.

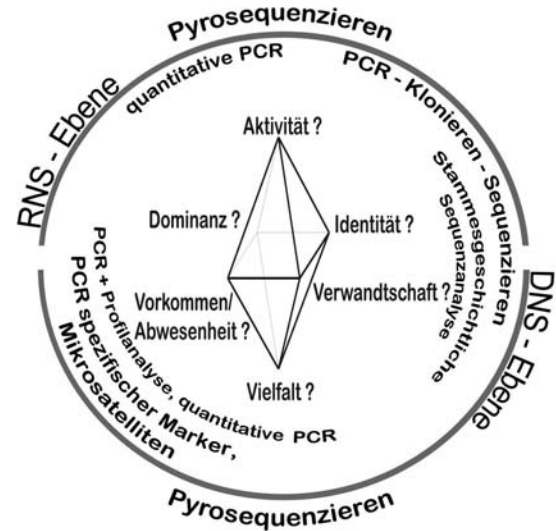


Abbildung 4.3.1 Mögliche molekulargenetische Ansätze zur Bearbeitung verschiedener Aspekte der Vielfalt arbuskulärer Mykorrhizapilze. Analysen der RiboNukleinsäuren (RNS) geben Auskunft über die stoffwechselaktiven Pilze, solche der DesoxyriboNukleinsäuren (DNS) Informationen zum Vorkommen aller (auch inaktiver) Pilze. Traditionelle molekulargenetische Untersuchungen greifen auf ein Set verschiedener, spezifischer Methoden (innerhalb des Kreises) zurück, die in der Regel auf der Polymerasekettenreaktion (PCR) zur Vermehrung bestimmter DNS-Abschnitte beruhen. Neuerdings können aber auch verschiedene Fragestellungen mit dem gleichen Verfahren des Pyrosequenzierens (ausserhalb des Kreises) angegangen werden. Vielfalt (Diversität) ergibt sich aus der Kombination des Vorkommens und der relativen Häufigkeit oder der Dominanz einzelner Pilze. Für Erklärungen und Ausführungen zu den aufgeführten Begriffen siehe Beilage zu diesem VBB Bulletin.

Mikroskopische Wurzelkolonisationsmessungen sind in ihrer Aussagekraft dadurch eingeschränkt, dass einzelne Pilzarten nicht unterschieden und somit auch Wechsel der Symbiosepartner von Pflanzen nicht festgestellt werden können.

Geläufige molekulargenetische Analyseverfahren können danach klassifiziert werden, ob sie einerseits nur einzelne oder Gruppen von Vertretern der Knäuelpilze erfassen, oder aber andererseits sogenannte Profile aller vorkommenden Pilze einer Zielgruppe erstellen. Zudem gibt es Verfahren zur Bestimmung der Dominanz und Aktivität einzelner Pilze, bei denen man sich entweder auf das Gesamtvorkommen (DNS Ebene) oder auf die Aktivität

(RNS Ebene) konzentriert. Neuerdings bestehen Verfahren zum massiven gleichzeitigen Sequenzieren (engl. Pyrosequencing) vieler verschiedener DNS Molekülvorlagen, die sich auch dazu eignen Mischproben und Probengemische von arbuskulären Mykorrhizapilzen zu untersuchen. Durch diese erleichterten und schlussendlich pro Informationseinheit schnelleren und günstigeren modernen Sequenzierungsverfahren scheint die Bedeutung der Wahl des molekulargenetischen Analyseverfahrens etwas in den Hintergrund zu treten. Gewisse traditionelle molekulargenetische Nachweisverfahren, wie die Gemeinschafts- oder Populationsprofilanalyse, werden sich vielleicht auch schon bald erübrigen. Um die heranrollende Sequenzdatenflut optimal nutzen zu können, sind eine gute experimentelle Planung, inklusive eines Studiendesigns, das statistische Analysen erlaubt, gefragt. Zweifellos stehen uns durch die neueröffneten analytischen Möglichkeiten ganz neue Forschungsgebiete ins Haus, die eine grosse intellektuelle Herausforderung bieten werden.

In der Beilage zu diesem VBB Bulletin findet sich eine detaillierte Gegenüberstellung gängiger molekulargenetischer Verfahren zur Bestimmung der Mykorrhizapilzvielfalt.

Impressum VBB-Bulletin Nr. 13/2011

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).

Vorsitzender 2008-2010

Nicolas Rossier

Landwirtschaftliches Institut des Kantons
Freiburg

Route de Grangeneuve 31

CH – 1725 Posieux

Tel. +41 (0)26 305 58 74

E-mail: nicolas.rossier@fr.ch

Vorsitzende seit 2010

Dr. Sophie Campiche

Centre Ecotox

Eawag/EPFL

EPFL-ENAC-IIE-GE

Station 2 (GR B0 391)

CH – 1015 Lausanne

Tél.+41 (0)21 693 62 58

Fax +41 (0)21 693 80 35

E-mail: sophie.campiche@oekotoxzentrum.ch

<http://www.centreecotox.ch>

Sekretariat und Bezug

Dr. Paul Mäder

Forschungsinstitut für biologischen Landbau
(FiBL)

Ackerstrasse

CH – 5070 Frick

Tel. +41 (0)62 865 72 32

Fax. +41 (0)62 865 72 73

E-Mail: paul.maeder@fibl.org

Das Bulletin ist auch auf Internet verfügbar:

<http://www.bafu.admin.ch/boden> > Themen >
Bodenbiologie