

# BULLETIN

# 18

---

Jahrestagung vom 25. März 1994 in Biberist SO

**Bodenleben**

Referate, Texte zu den Postern

**Tätigkeitsberichte**

### **1. Allgemeines, Schriftgrösse, Papier**

Alle Beiträge sind als **druckfertige Vorlagen** abzuliefern. Sie werden direkt ab diesen Vorlagen reproduziert und dabei **von A4 auf A5 verkleinert**. Bei der Wahl der Schriftgrösse ist auf diesen Umstand Rücksicht zu nehmen: in der Vorlage sollten Grossbuchstaben nur ausnahmsweise kleiner als 2,5 mm, nie aber kleiner als 1,5 mm sein.

Für die Vorlagen ist **ausschliesslich weisses Papier** zu verwenden.

### **2. Umfang der Arbeit**

Texte zu Referaten: Maximal 6 Seiten; in begründeten Ausnahmefällen maximal 8 Seiten.

Texte zu Postern: Maximal 4 Seiten.

Aus drucktechnischen Gründen ist eine gerade Seitenzahl erwünscht.

### **3. Satzspiegel, Schriftbild, Zeilenabstand**

Satzspiegel, Seitenränder (Format A4): oben: 2,5 cm;  
unten: 2 cm;  
links und rechts: 2 cm.

Der innerhalb dieses Rahmens liegende Platz soll voll ausgenützt werden.

Zeilenabstand: 1.

Schrifttyp: PC: Courier IBM 12, Helvetica 12 oder ähnlich;  
Schreibmaschine: Letter Gothic 12 oder ähnlich.

**Bitte Schrift nicht mit Raster unterlegen!**

### **4. Tabellen**

- Kleinere Tabellen im Hochformat.
- Grössere Tabellen im Querformat.
- Extrem grosse Tabellen ausnahmsweise auf 2 Seiten aufteilen; linke Hälfte: gerade Seitenzahl; rechte Hälfte: ungerade Seitenzahl.
- Schriftgrösse: Gleich wie im Text, siehe unter 1.
- Die Titel zu den Tabellen stehen **über** den Tabellen. Enthält der Text mehrere Tabellen, sind diese fortlaufend zu nummerieren.

### **5. Abbildungen**

Die Abbildungen (Figuren) sind dort, wo sie im Druck erscheinen sollten, in den Text zu integrieren.

Bei der Wahl von Schriftdicke und Schriftgrösse ist der Verkleinerung beim Druck Rechnung zu tragen. Schriftgrösse: Gleich wie im Text, siehe unter 1.

Die Titel zu den Abbildungen stehen **unter** den Abbildungen.

**Raster:** Bei Graphiken bitte möglichst grobe, unterschiedliche Raster verwenden. Zu feine Raster erscheinen im Druck häufig entweder schwarz oder weiss.

**Fotos:** Nur in Ausnahmefällen und nach Rücksprache mit dem Redaktor.

Fortsetzung siehe 3. Umschlagseite

**BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ**

**SOCIETE SUISSE DE PEDOLOGIE**

**BULLETIN 18**

**1994**

Jahrestagung vom  
25. März 1994 in Biberist SO

**Bodenleben**  
Referate, Texte zu den Postern

**Tätigkeitsberichte**

Koordination: M. Müller, Zollikofen

---

Juris Druck, Zürich

**BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ**

**SOCIETE SUISSE DE PEDOLOGIE**

**Adresse:** Eidg. Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen  
Pflanzenbau, 8046 Zürich-Reckenholz 01 377 71 11

**Postcheck-Konto:** BGS Bern 30-22131-0 Bern

**Vorstand / Comité 1994**

**Präsident / Président:** P. Germann, Bern  
**Vize-Präsident / Vice-président:** J.-M. Gobat, Neuchâtel  
**Beisitzerin / Assesseuse:** E. Marendaz, Peney-le-Jorat VD  
**Sekretär / Secrétaire:** L.-F. Bonnard, Zürich-Reckenholz  
**Rechnungsführer/ Comptable** A. Kaufmann, Jegenstorf

**Redaktion / Rédaction**

**M. Müller**  
Schweizerische Ingenieurschule für Landwirtschaft  
3052 Zollikofen 031 910 21 24

**Dokumentationsstelle / Service des documents**

Landw. Lehrmittelzentrale, Länggasse 79,  
3052 Zollikofen 031 911 06 68

**Vorsitzende der Arbeitsgruppen / Présidents des groupes de travail**

**Klassifikation und Nomenklatur:** P. Fitze, Zürich  
**Körnung und Gefüge:** J.-A. Neyroud, Nyon  
**Lysimeter:** H. Wegmüller, Suberg  
**Bodenzoologie:** W. Matthey, Neuchâtel  
**Bodenschutz und Werthaltung** U. Vökt, Bern  
**Bodenerosion/Bodenkonservierung** D. Schaub, Basel

**Koordination Ausstellung und Broschüre BODEN/SOL**

U. Zihlmann, Zürich-Reckenholz 01 377 74 08

---

**Tagung vom 25. März 1994: Referate, Texte zu den Postern**

- R. VON ARX  
Bodenbiologie und Bodenschutz 5
- P. FRY  
Stand der Anwendung bodenbiologischer Methoden im  
Bodenschutz 15
- A. ENGGIST und F. BORER  
Bedarf an Grundlagen für bodenbiologische Untersuchun-  
gen im Vollzug des Bodenschutzes 21
- E. LACZKO  
Neue Ansätze zur Analyse von mikrobiellen Gemeinschaf-  
ten in Böden: Die Phospholipidfettsäuren-Analyse und  
ihre Anwendung 23
- A. RUDAZ, E. WÄLTI, G. KYBURZ, E. SANTSCHI, R. PERLER,  
E. BRÜNING, M. ROSSET, A. GRUB, P. LEHMANN et P. LISCHER  
Variations temporelles de la biomasse ATP, de la bio-  
masse des nitrificateurs (NP) et de l'activité biologi-  
que spécifique pendant la période de végétation 1993  
d'une prairie à fauche 29
- K. NOWACK, B. VON STEIGER und R. SCHULIN  
Räumliche Variabilität der Ureaseaktivität 37
- H. OBERHOLZER und W. JÄGGI  
Bodenmikrobiologische Kennwerte verschiedener Acker-  
standorte des Kantons Zürich - horizontale Streuung und  
vertikale Verteilung 41
- W. JÄGGI und H. OBERHOLZER  
Auswirkung verschiedener Maisanbausysteme auf einige  
bodenmikrobiologische Kennwerte 45
- P. MÄDER, S. HÜSCH, U. NIGGLI and A. WIEMKEN  
Microbial metabolic activities of soils from  
bio-dynamic, bio-organic and conventional production  
systems in a seven year crop rotation  
(DOC-longterm-trial) 49
- G. CUENDET  
Peuplements lombriciens dans les sols forestiers du  
Jorat 51

E. SUTER, R. STÄHLI und G. CUENDET Regenwurmpopulationen von Dauergrünland-Böden des Schweizer Mittellandes: erste Resultate der laufenden Untersuchung	57
L. KOHLI, O. DANIEL, B. SCHULER und J. ZEYER Beschreibung der Kotdeposition von <i>Aporrectodea</i> <i>nocturna</i> im Feld und im Labor	65
C. MAURER-TROXLER Die Bewirtschaftungspraxis anhand der Regenwürmer sichtbar machen	67
P. LÜSCHER, A. RIGLING, L. WALTHERT und S. ZIMMERMANN Waldschadeninventur 1993 - bodenkundliche Erhebungen	69
A. DESAULES, S. GEERING, R. DAHINDEN, E. MEIER und K. STUDER NABO-Messperiode 1985-1991: Ergebnisse und Perspektiven	77
<b>Jahresbericht / Rapport d'activités 1993</b>	<b>79</b>
<b>Berichte der Arbeitsgruppen</b>	<b>80</b>

# Bodenbiologie und Bodenschutz

---

Roland von Arx

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft  
Sektion Boden und allgemeine Biologie

Die Landwirtschaft wurde in den letzten Jahrzehnten stark intensiviert, das Siedlungsgebiet mit seinen Bauten und Verkehrsanlagen beansprucht jährlich eine bedeutende Fläche, und die Belastung des Bodens durch Abfälle und Schadstoffimmissionen nimmt ständig zu. Diese Situation verlangt nach einem wirksamen Bodenschutz. Einerseits muss die vorhandene Fläche möglichst haushälterisch und zweckmässig genutzt werden, um eine weitere Versiegelung zu vermeiden; diese Aufgabe übernimmt die Raumplanung. Andererseits muss der unverbaute Boden vor Verunreinigungen durch Schadstoffe, gefährlichen Organismen und vor physikalischen Schäden wie Erosion oder Verdichtung geschützt werden, um seine Fruchtbarkeit und natürlich entstandene Struktur zu erhalten. Diese Aufgabe hat das Umweltschutzgesetz zu übernehmen.

Vor 10 Jahren war der qualitative Bodenschutz praktisch noch kein Thema (Abb. 1). Ein Umschwung fand erst 1983 statt, als das Parlament dem Umweltschutzgesetz drei Bodenschutzartikel (Art. 33 - 35) beifügte. Im selben Jahr beschloss der Bundesrat, das Nationale Forschungsprogramm "Boden" durchzuführen (Budget 10 Mio. Franken) und 1986 erliess er die Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo). Damit wurde der Schutz des Bodens vor Schadstoffen, die aus der Luft, der Landwirtschaft, von Abfällen, usw. stammen auf Bundesebene geregelt.

## Definition der Bodenfruchtbarkeit

Der Boden bildet die oberste Schicht unserer Erdkugel und ist damit der Lebensraum und die Ernährungsgrundlage für sämtlichen terrestrischen Lebewesen. Er ist auch Standort für die meisten menschlichen Aktivitäten, für Gebäude und Anlagen, er liefert Rohstoffe und ist das Fundament für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung. Der Boden regelt die Stoff- und Energiekreisläufe und ist als Filter, Puffer und Lager für bodenfremde Stoffe von grosser Bedeutung. Nicht zuletzt hat der Boden auch einen kulturellen Wert, er prägt unsere Landschaft und ist das Archiv unserer Erdgeschichte (Abb. 3).

Nur ein gesunder, fruchtbarer Boden gewährleistet alle diese Funktionen. Die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit ist daher im Zweckartikel (Art. 1) des USG ausdrücklich erwähnt. Die Definition der Bodenfruchtbarkeit gemäss Artikel 2 VSBo ist umfassend (Abb. 2). Sie beschränkt sich nicht auf die Produktion von Rohstoffen oder Lebensmitteln. Der Begriff Bodenfruchtbarkeit beinhaltet neben der Ertragsfähigkeit auch die langfristige Erhaltung sämtlicher Funktionen des Bodens. Da die Bodennutzung sich nicht nur auf die Pflanzenproduktion, sondern auch auf die Stofftransporte und die Artenvielfalt auswirkt, muss die Bodenfruchtbarkeitsforschung zur Ökosystemforschung erweitert werden.

### Die Säulen des Bodenschutzes

Der Bodenschutz steht auf vier Säulen. Zwei Säulen sind bereits - zumindest auf Gesetzesebene - verankert. Zum einen sorgt das Bundesgesetz über die Raumplanung für eine haushälterische und zweckmässige Nutzung der vorhandenen Bodenfläche. Zum andern enthält das geltende USG bereits Bestimmungen zum Schutz des Bodens vor Schadstoffen. Zwei wichtige Bereiche sind aber bislang auf Bundesebene noch nicht geregelt: - die mechanisch-physikalische Belastung des Bodens und - die biologische Belastung, z.B. durch Organismen. Die laufende USG-Revision will den Bodenschutz in diesen Bereichen ergänzen (Abb. 4). Dabei soll dem Bundesrat insbesondere auch die Möglichkeit gegeben werden, Grenzwerte für die Sanierung belasteter Böden festzulegen und die bestehenden Richtwerte für Schadstoffe, mit solchen für biologische oder physikalische Parameter zu erweitern (Abb. 5).

### Beurteilung von Bodenbelastungen anhand biologischer Parameter

In der Begleitung zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit vom 1. September 1991 werden über 80 Methoden zur Beurteilung verschiedener Bodenfunktionen aufgeführt (13 physikalische, 54 chemische, 14 biologische und 5 vegetationskundliche Methoden). Für die Verwendung von biologischen Parametern bzw. von Bioindikatoren spricht deren spezifische Eigenschaft, die biologische Wirkung aller Einflüsse zusammenfassend anzuzeigen. Damit wird die modellmässige Ableitung der Wirkung vom Umweltbelastungen anhand von Immissionsmessungen teilweise überflüssig. Durch die Wahl einiger weniger geeigneter Bioindikatoren lassen sich unerwünschte Veränderungen von Ökosystemen nachweisen (Abb. 6 und 7).

## Standardisierung

Zur Umweltüberwachung ist eine weitgehende Standardisierung der Verfahren notwendig. Dies erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Institutionen, insbesondere zwischen dem Bund und den Kantonen. Dabei ist die Standardisierung biologischer Parameter abhängig von den Kenntnissen über die ökologischen Zusammenhänge. Diese wiederum können aber nur vertieft werden, wenn standardisierte Messverfahren zur Anwendung gelangen. Die Standardisierung biologischer Messverfahren muss daher mit dem zunehmenden Verständnis des Ökosystems schrittweise angepasst und verbessert werden (Abb. 8). Mit drei Experten-Aufträgen unterstützt das BUWAL gegenwärtig diesen Standardisierungsprozess und die Koordination mit den Kantonen (Abb. 9).

## Bodenschutz - eine ethische Verpflichtung!

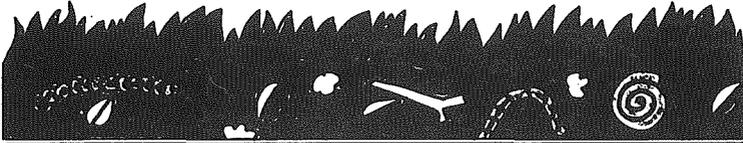
Boden ist kaum vermehrbar. Die Neubildung von 30 cm Boden braucht ca. 10'000 Jahre. Der Boden reagiert zudem auf äussere Einflüsse stark verzögert und Belastungen werden oft zu spät erkannt. Um den Boden nachhaltig vor Schadstoffemissionen zu schützen, die früher oder später meistens in diesen gelangen und dort zurückgehalten und angereichert werden, aber auch zum Schutz vor biologischen und mechanischen Belastungen, muss als oberstes Prinzip die Vorsorge gelten. Die Ertragsfähigkeit des Bodens muss auch in Zukunft und auch ohne energieintensiven Düngereinsatz und Pflanzenschutz oder aufwendige Bearbeitung gewährleistet und der Boden als Lebensraum erhalten bleiben. Wir sind dies unsern Nachkommen schuldig (Abb. 10).



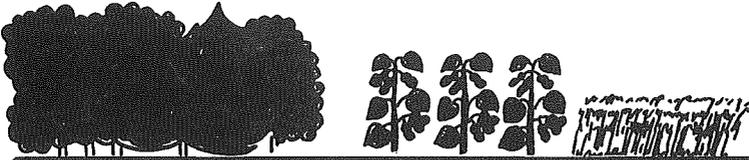
«Dä da une hetti fascht vergässe!»

# Definition der Bodenfruchtbarkeit nach der Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBö)

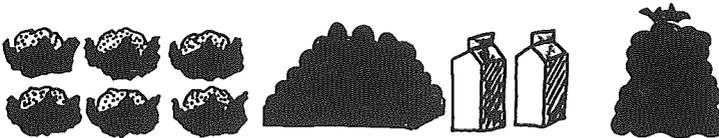
Der Boden ist fruchtbar, wenn er:



eine artenreiche und biologisch aktive Tier- und Pflanzenwelt, eine für seinen Standort typische Struktur und eine ungestörte Abbaufähigkeit besitzt.



das ungestörte Wachstum und die Entwicklung natürlicher und vom Menschen beeinflusster Pflanzen und Pflanzengesellschaften ermöglicht und ihre charakteristischen Eigenschaften nicht beeinträchtigt.



gewährleistet, dass pflanzliche Erzeugnisse eine gute Qualität aufweisen und für Menschen und Tiere gesundheitlich verträglich sind.

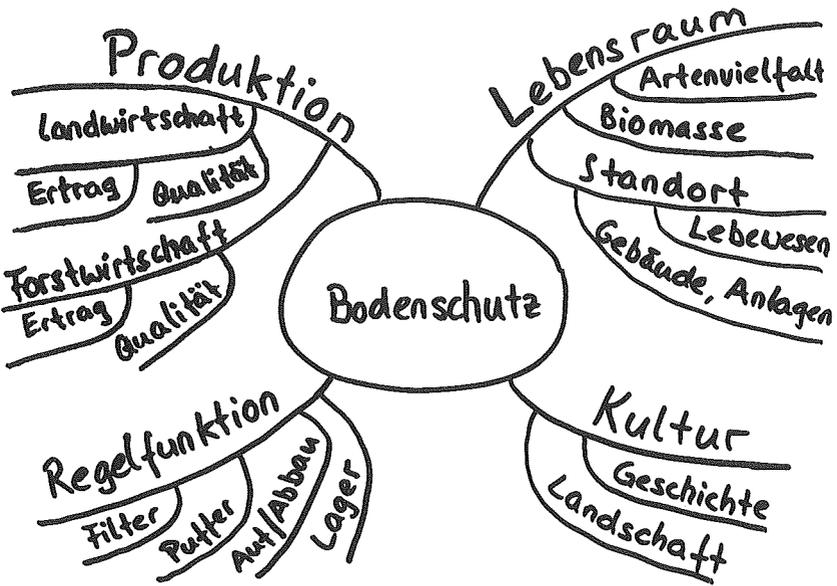
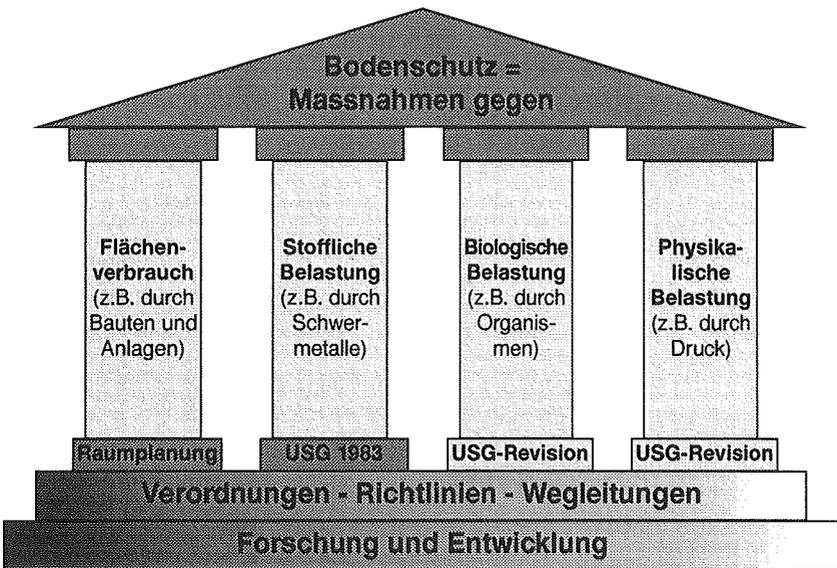


Abb. 4



## Atteintes portées aux sols

### Projet 1993

#### Art. 35 Valeurs indicatives et valeurs d'assainissement applicables aux atteintes aux sols

<sup>1</sup>Le Conseil fédéral peut fixer des valeurs indicatives et des valeurs d'assainissement en vue d'évaluer les atteintes portées aux sols.

<sup>2</sup>Les valeurs indicatives indiquent le niveau de gravité des atteintes au-delà duquel, selon l'état de la science ou l'expérience, la fertilité des sols n'est plus garantie à long terme.

<sup>3</sup>Les valeurs d'assainissement indiquent le niveau de gravité des atteintes au-delà duquel, selon l'état de la science ou l'expérience, certaines exploitations mettent forcément en péril l'homme, les animaux ou les plantes.

Abb. 6

## Beurteilung von Bodenbelastungen anhand biologischer Parameter

---

### **VORTEILE:**

- o Direktes Anzeigen einer biologischen Wirkung
- o Integrale Wirkungsanzeige (Einflüsse werden zusammengefasst)
- o Chronische Belastungen sind erkennbar
- o Liefern Grundlagen für Wirkungsgrenzwerte

# Bioindikation

---

Messung von Veränderungen an Organismen  
bzw. Ökosystemen, die durch anthropogene  
Umwelteinflüsse hervorgerufen werden  
(Arndt U., 1991)

Charakterisierung natürlicher Standortverhältnisse  
(Schubert R., 1985)

- o Ergänzt stoffliche und physikalische  
Überwachung

Abb. 8

## **ANFORDERUNGEN AN BIOINDIKATOREN**

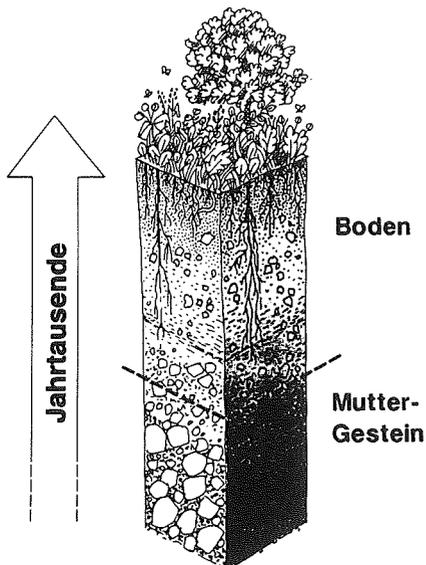
- o Standardisierbarkeit
- o Kenntnis der ökologischen Zusammenhänge
- o Einfache Handhabung und Auswertung
- o Offensichtlichkeit und Quantifizierbarkeit
- o Günstiger Preis

## Bodenbiologie: BUWAL-Aufträge

---

- o Referenzwerte für Regenwurmpopulationen 1992 - 95  
 Ökonsult / G. Cuendet  
 in ZA mit Kantonen
- o Regenwurmextraktionsgerät 1992 - 94  
 Z. für angewandte Ökologie Schattweid  
 in ZA mit Landis & Gyr
- o Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit anhand bodenbiologischer Parameter 1991 - 94  
 Z. für angewandte Ökologie Schattweid

Abb. 10



**Bodenschutz ist eine ethische Verpflichtung!**

"Boden ist das Produkt eines langen naturgeschichtlichen Prozesses und nicht beliebig verfügbar; daraus ergibt sich ein Anspruch auf Unversehrtheit. Unsere Art der Nutzung des Bodens muss auch in Zukunft Leben ermöglichen".

(Hans Ruh)



## Stand der Anwendung bodenbiologischer Methoden im Bodenschutz

Patricia Fry

Baudepartement des Kantons Aargau  
Abteilung Umweltschutz

### Zusammenfassung

Ein routinemässiger Einsatz von bodenbiologischen Parametern in der langfristigen Bodenbeobachtung ist zur Zeit nicht möglich, weil zwischen verschiedenen Untersuchungen Unterschiede bei der Probenahme, der Probenvorbehandlung und der Analytik auftreten können. Zudem fehlen Interpretationsgrundlagen wie z.B. standorttypische Wertebereiche. Die Arbeitsgruppe Bodenbiologie der Kantonalen Bodenschutzfachstellen planen zusammen mit den Forschungsanstalten FAC und FAP die notwendigen Vorarbeiten, damit Basisparameter wie z.B. mikrobielle Biomasse zukünftig standardisiert erfasst werden können. Mit einer an die räumliche und zeitliche Variabilität angepassten Probenahmestrategie werden genauere standorttypische Wertebereiche sowie bessere Korrelationen zu anderen Standorteigenschaften erwartet. Neben der praxisseitigen Verbesserung der Methoden sind grosse Anstrengungen nötig, um die Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen biologischen, chemischen und physikalischen Parametern im Boden zu erweitern.

### 1. Einleitung

Das Ziel des Bodenschutzes ist die langfristige Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Für die Charakterisierung der Bodenfruchtbarkeit werden neben chemischen und physikalischen auch biologische Methoden gesucht. Um mögliche Veränderungen des Bodenzustandes erkennen zu können, muss der heutige Zustand des Bodens bekannt sein. Die Bodenschutzfachstellen der Kantone Aargau, Bern, Solothurn und St. Gallen schlossen sich vor mehr als zwei Jahren zur Arbeitsgruppe Bodenbiologie zusammen, mit dem Ziel, bodenbiologische Messmethoden für den Einsatz in der Bodenbeobachtung zu prüfen.

Bei der Anwendung bodenbiologischer Methoden müssen *zwei grundsätzlich verschiedene Problembereiche* unterschieden werden: Der erste Bereich zeichnet sich durch bekannte Belastungen aus, die meist räumlich begrenzt sind, z.B. Bewirtschaftungseinflüsse (Mäder et al., 1993) oder Stoffeinwirkungen durch Emittenten. Der zweite Problembereich umfasst diffuse, grossräumige Belastungen mit meist unbekanntem Belastungspotential.

In der Schweiz haben die Kantone Luzern und Zürich als erste versucht, bodenbiologische Parameter in die Bodenbeobachtung zu integrieren. Diese Projekte enthalten Fragestellungen beider Problembereiche. Mit der Untersuchung im Kanton Luzern (Zentrum f. angew. Oekologie Schattweid 1990) wurden erste Erfahrungen mit der Anwendung bodenbiologischer Methoden gemacht z.B. dass biologische Parameter für sich alleine keine standortspezifische Interpretation des Bodenzustandes ermöglichen. Weil biologische Parameter auf die unterschiedlichen Klima-, Nutzungs- und Bewirtschaftungsunterschiede reagieren, war der vergleichbare Datensatz sehr klein. Ein erster Ansatz zur Bewertung wurde entwickelt. Der Pilotlauf zum Kantonalen Bodenbeobachtungsprogramm des Kantons Zürich zeigte vor allem *Wissenslücken und potentielle methodische Fehler* auf (Kantonales Bodenbeobachtungsprogramm Pilotlauf KABO Zürich 1990). Durch die Beteiligung dreier Arbeitsgemeinschaften konnten laborbedingte Unterschiede überprüft werden. Die bodenbiologische Untersuchung

des Kantons Appenzell Innerrhoden (Solvit Korner und Laczko 1992) ist dem ersten Problem-  
bereich mit räumlich begrenzten, bekannten Belastungen zuzuordnen.

Die Eigenschaften und heutigen Anwendungsprobleme bodenbiologischer Methoden werden  
am Beispiel der langfristigen Bodenbeobachtung demonstriert, weil diese die höchsten Anforder-  
ungen in Bezug auf die Vergleichbarkeit stellt. Das heisst nicht, dass mit bodenbiologischen  
Untersuchungen heute generell abzuwarten ist. Gerade bei bekannten Belastungen mit klein-  
räumiger Ausdehnung können bodenbiologische Aufnahmen durchaus sinnvoll sein, wenn un-  
belastete Probeflächen als Referenz hinzugezogen oder Belastungsgradienten mittels  
Transekten beprobt werden können. Analytische Unterschiede spielen erst im Vergleich mit  
anderen Untersuchungen eine Rolle.

## **2. Anwendung bodenbiologischer Methoden in der langfristigen Bodenbeobachtung**

### **2.1 Allgemeine Überlegungen**

Bodenbiologische Methoden reagieren "naturgemäss" auf viele standort- und  
jahreszeitbedingte Einflüsse. Enzymgehalte beispielsweise schwanken in Abhängigkeit von  
Temperatur, Feuchtigkeit, Sauerstoff-Gehalt sowie der Verfügbarkeit organischer und anor-  
ganischer Nährstoffe. Weil der Boden ein heterogeneres Medium ist als beispielsweise die Luft,  
schwanken diese Faktoren sowohl innerhalb eines Jahres und zwischen verschiedenen Jahren  
als auch an einem bestimmten Standort. Deshalb spielt bei der Probenahme die Wahl des  
Probenahmezeitpunktes eine Rolle. Neben den standorttypischen Eigenschaften beeinflussen  
auch Anbaumethoden und Fruchtfolgen die Prozesse im Boden und damit die biologischen  
Vorgänge. Mikrobiologische Parameter sollten deshalb z.B. nicht kurz nach einer Düngung er-  
hoben werden.

Die Kenntnisse über Wechselwirkungen zwischen biologischen, chemischen und physikalischen  
Prozessen im Boden sind ungenügend. Um einen Standort zu charakterisieren oder zu beweren,  
sind in jedem Fall mehrere Parameter notwendig. Es ist nicht möglich, biologische  
Prozesse mit Hilfe eines Richtwertes zu bewerten. Dies liegt einerseits daran, dass viele Pro-  
zesse nicht einfach zu quantifizieren sind, andererseits fehlen standorttypische Vergleichsbe-  
reiche. Beurteilungskriterien für weniger augenfällige, aber langfristig wirksame Störungen sind  
kaum bekannt.

### **2.2. Beispiel aus dem Pilotlauf des Kantons Zürich**

#### **Ausgangslage:**

Als Beispiel wurden mikrobiologische Parameter ausgewählt, weil nur bei diesen ein Ringver-  
such durchgeführt wurde. Anhand der Messergebnisse bei den Enzymaktivitäten aus dem Pilot-  
lauf KABO Zürich werden Anwendungsstand und Eigenschaften biologischer Parameter de-  
monstriert. Die zentrale Frage der Parameterwahl ist nicht Gegenstand dieser Publikation.

#### **Resultate am Beispiel der Enzyme Katalase und Urease:**

Die laborinternen Ergebnisse schwanken nur wenig (Abb. 1). Die Unterschiede zwischen den  
Ergebnissen der Labors sind jedoch beträchtlich. Die Katalasemessungen wiesen die grössten,  
die Ureasemessungen die geringsten Unterschiede zwischen den drei beteiligten  
Arbeitsgemeinschaften auf (Abb. 1). Obwohl die Bodenproben aus den drei verschiedenen  
Nutzungstypen Acker, Grünland und Wald stammen, wurden im gleichen Labor ähnliche  
Urease- sowie Katalaseaktivitäten bestimmt.

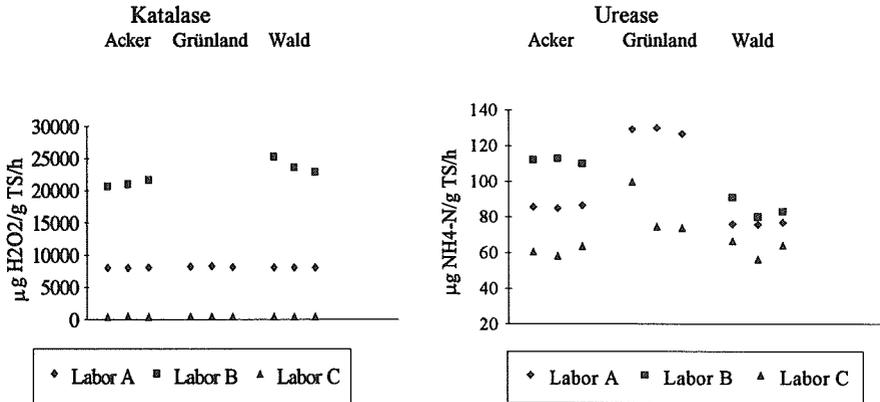


Abb. 1: Ringversuchsergebnisse mit drei verschiedenen Bodenproben und je drei Wiederholungen: Enzyme Katalase und Urease. (Daten aus v. Steiger et al. 1992).

Weil die Messwertunterschiede bei der Ureaseaktivitätsbestimmung im Ringversuch am kleinsten waren, werden die 15 Standorte des Pilotlaufes KABO Zürich anhand der Ureaseaktivität verglichen (Abb. 2). Die Messwerte unterscheiden sich beträchtlich: Der Schwankungsbereich beträgt im Ringversuch 60 bis 130  $\mu\text{g NH}_4\text{-N/g TS/h}$  (Abb. 1), im Pilotlauf aber 2 bis 20'000  $\mu\text{g NH}_4\text{-N/g TS/h}$  (Abb. 2). Es fällt auf, dass das Labor C im Vergleich zu den anderen beiden Labors tiefere Werte misst. Grünlandstandorte weisen im laborinternen Vergleich mit einer Ausnahme grössere Ureaseaktivitäten auf als z.B. Ackerstandorte. Waldstandorte nehmen eine mittlere Stellung ein.

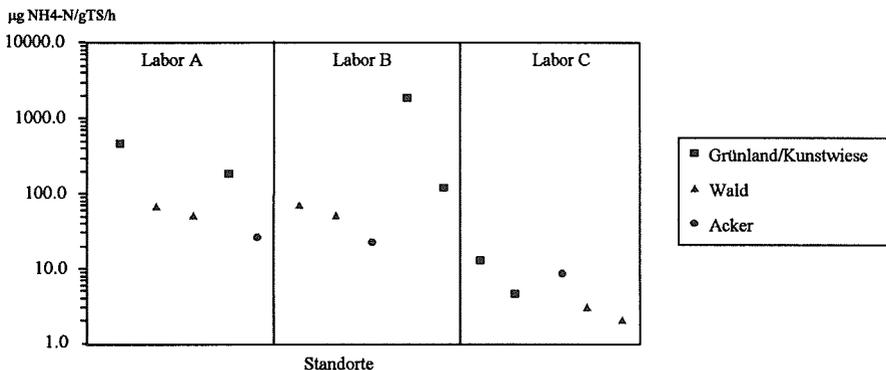


Abb. 2: Ureaseaktivitäten an 15 Standorten des Pilotlaufs KABO Zürich (Von Steiger et al. 1992). Logarithmische Skala!

**Interpretation:**

Obwohl die gleiche Methodenanleitung verwendet wurde, können offenbar erhebliche systematische Fehler zwischen den Labors auftreten (Abb. 1). Eine Interpretation der Ringversuchsergebnisse ist nicht möglich, weil das Vorgehen nicht im Detail dokumentiert ist. Die Erfahrung des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) zeigte, dass routinierte Labors nach wiederholten Ringversuchen mit jeweils eingehender Besprechung der Resultate und intensivem Erfahrungsaustausch Messunterschiede von  $\pm 5\%$  erreichten (persönliche Mitteilung W. Jäggi, FAP). Ein Grund für die unterschiedlichen Ringversuchsergebnisse kann z.B. in der Wahl der Analysemethode liegen: Die volumetrische Bestimmung der Katalase ist gemäss W. Jäggi (FAP) weniger fehleranfällig als die im Pilotlauf verwendete colorimetrische Bestimmung. Bevor die Messgenauigkeit nicht verbessert wird, ist es nicht zulässig, die Ergebnisse verschiedener Labors in der gleichen Auswertung zu verwenden.

Neben Unterschieden in der Analytik liegen wahrscheinlich Unterschiede bei Probenahme und Probenvorbehandlung vor. Die Probenvorbehandlung schliesst den Transport der Proben, die Lagerung und das Sieben vor der eigentlichen Messung mit ein. Weil Boden ein lebendes System ist, beeinflusst die Art dieser Arbeiten die Ergebnisse stark. Es ist nicht möglich zu entscheiden, welcher Anteil der unterschiedlichen Ergebnisse auf die Arbeitsgruppen oder die Standorte selber zurückzuführen ist. Ob ein regionaler Einfluss durch unterschiedliche Klima- und Bodeneigenschaften vernachlässigbar ist, kann aufgrund der im Pilotlauf erhobenen Daten nicht entschieden werden. Die Standorte unterscheiden sich nicht nur bezüglich Klima und Bodentyp, sondern auch in der Nutzung.

Selbst wenn die Pilotlaufstandorte bezüglich Nutzung und Anbaumethoden vergleichbar wären, können sie sich bezüglich ihrer Heterogenität unterscheiden. Ein Ackerstandort des Pilotlaufes KABO Zürich konnte von Auge in je ein Stratum mit dunklem Boden, vermutlich wegen hohem Humusgehalt, und hellerem Boden eingeteilt werden. Diese Straten spiegelten sich auch in den Ureaseaktivitäten (Nowack 1993). Je nach Probenahmeort und -strategie wirkt sich diese Heterogenität anders aus. Neben der räumlichen spielt auch die zeitliche Variabilität der Parameter eine Rolle. Wenn die Bedingungen zum Probenahmezeitpunkt wie z.B. Jahreszeit oder Bewirtschaftungspraxis nicht ähnlich sind, können die Daten nicht verglichen werden. Diese Begleitinformationen müssen für die Interpretation bekannt sein.

### **3. Geplante Vor- und Koordinationsarbeiten der Arbeitsgruppe Bodenbiologie der Bodenschutzfachstellen**

Der Pilotlauf KABO Zürich konkretisierte die nächsten Schritte, die heute für die Anwendung bodenbiologischer Methoden in der Bodenbeobachtung gemacht werden müssen. Bereits in der Begleitung zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit (BUWAL und FAC 1991) werden verschiedene Vor- und Koordinationsarbeiten genannt. In Zusammenarbeit mit den Forschungsanstalten für Agrilkulturchemie und Umwelthygiene (FAC) und für Pflanzenbau (FAP) plant die Arbeitsgruppe Bodenbiologie der Kantonalen Bodenschutzfachstellen eine detaillierte und praxiserprobte *Anleitung für bodenbiologische Basismethoden* zu erstellen. In dieser Anleitung sollen Probenahme, Probenvorbehandlung und Analyse bzw. Bestimmung für vier Basisparameter nachvollziehbar beschrieben werden.

Bei der *Wahl der Basisparameter* stand die Charakterisierung der wichtigsten Bodenfunktionen im Vordergrund. Sie sollen bei allen Fragestellungen neben spezifischeren Parametern als Grundprogramm eingesetzt werden können (vgl. Kandeler et al. 1993). In Zusammenarbeit mit der FAC wurden die mikrobiellen Kriterien Biomasse, Bodenatmung und Zelluloseabbau gewählt. Bei den Bodentieren wurden die Regenwürmer ausgewählt. Enzyme wurden vorläufig nicht integriert, weil ihre Bedeutung für die Bodenbeobachtung umstritten ist (Brookes 1993).

Vorerst geht es um die *Standardisierung dieser Methoden*. Es ist vorgesehen in Zusammenarbeit mit den Forschungsanstalten FAC und FAP eine detaillierte Vorschrift für Probenahme, Probenvorbehandlung und Analytik für die gewählten Methoden zu erstellen und mit Ringversuchen zu überprüfen. Die standorttypische räumliche und zeitliche Variabilität der ausgewählten Basisparameter sind weitgehend unbekannt (vgl. Vortrag A. Rudaz und Poster von H. Oberholzer/W. Jäggi sowie K. Nowack in diesem Band). Deshalb soll die Variabilität der Parameter innerhalb eines Standorttyps mit standardisierten Methoden untersucht werden. Die Probenahmestrategie muss den Ergebnissen angepasst werden. Als weiterer Schritt müssen Angaben über den Wertebereich eines Standorttyps gewonnen werden (vgl. Vorträge G. Cuenet und E. Suter in diesem Band). Um Veränderungen des Bodenzustandes als solche erkennen zu können, muss die standorttypische räumliche Variabilität eines Parameters bekannt sein (Brookes 1993).

Aufgrund der Standardisierung, der integrierten Qualitätssicherung sowie der angepassten Probenahmestrategie wird erwartet, dass die Streuung der Messwerte verringert werden kann und Einflüsse z.B. durch Belastungsfaktoren deutlich werden. Es wird erwartet, dass standort-spezifische Kriterien und Verhältnisse wie beispielsweise metabolischer Quotient, biomasse-spezifische Atmung (Brookes 1993) oder Verhältnisse zwischen Biomasse, Aktivität und organischem Kohlenstoff (Solvit Korner und Laczko 1992) genauer erfasst werden können. Mit der Berücksichtigung verschiedener Standorttypen kann mit der Zeit ein Datenpool für bodenbiologische Methoden angelegt werden, der zusammen mit anderen Daten natürliche Standortverhältnisse charakterisiert und als Basis für eine Qualitätsbewertung dienen kann.

## Résumé

Pour le moment, les méthodes biologiques ne peuvent pas être encore appliquées dans l'observation des sols à long terme. Le prélèvement, le traitement après le prélèvement et l'analyse se distinguent pour les différentes études. En plus, il y a un manque d'éléments d'interprétation, comme par exemple la marge des valeurs typiques pour un site. Le groupe de travail "biologie de sol" des services spécialisés cantonaux est en train de planifier les travaux préliminaires avec les stations de recherches FAC et FAP. Le premier but est de standardiser des méthodes de base, comme par exemple la biomasse microbienne. Avec une stratégie de prélèvement, qui est adaptée aux variations spatiales et temporelles, nous espérons récolter des valeurs plus précises des sites différents. A part le fait d'améliorer les méthodes pour la pratique, il est nécessaire d'obtenir plus de connaissances sur les processus biologiques, chimiques et physiques observés dans le sol.

## Verdankung

Ich möchte an dieser Stelle all jenen herzlich danken, die durch ihre konstruktive Zusammenarbeit (AG Bodenbiologie: Frau Dr C. Maurer-Troxler, Herr A. Enggist) und ihre Diskussionsbereitschaft (Frau E. Brüning, Herr Dr. W. Jäggi, Herr Prof R. Schulin, Herr B. v. Steiger und Frau K. Nowack) zur Publikation beigetragen haben. Ich möchte Herrn T. Wegelin (Leiter Bodenschutzfachstelle des Kantons Zürich) danken, dass ich Ergebnisse des Pilotlaufes KABO Zürich in diesem Vortrag verwenden konnte.

#### 4. Literatur

BROOKES, P.C. 1993: The Potential of Microbiological Properties as Indicators in Soil Pollution Monitoring. In: Soil Monitoring, Early Detection and Surveying of Soil Contamination and Degradation. Hrsg. R. Schulin, A. Desaulles, R. Webster, B. von Steiger. Birkhäuser; Basel, Boston, Berlin.

BUWAL und FAC 1991: Wegleitung zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit. Stand 1.9.1991.

KANDELER E., R. MARGESIN, R. OEHLINGER, F. SCHINNER 1993: Bodenmikrobiologisches Monitoring - Vorschläge für eine Bodenzustandsinventur. Die Bodenkultur 44(4):357-377.

KANTONALES BODENBEOBACHTUNGSPROGRAMM PILOTLAUF KABO ZÜRICH 1990: Schlussberichte ZABU, öko, abc, AGW, Fachstelle Bodenschutz, 8090 Zürich.

MÄDER, P., L. PFIFFNER, W. JÄGGI, A. WIEMKEN, U. NIGGLI, J.-M. BESSON 1993: DOK-Versuch: Vergleichende Langzeituntersuchungen in den drei Abausystemen biologisch-dynamisch, Organisch-biologisch und Konventionell. III. Boden: Mikrobiologische Untersuchungen. Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung, 32(4):509-545.

NOWACK, K. 1993: Räumliche Variabilität der Ureaseaktivität auf einem Wiesen-, einem Acker- und einem Waldstandort und weitere Untersuchungen zur Eignung von Enzymaktivitäten als Monitoringparameter im Rahmen des Kantonalen Bodenüberwachungsprogramms Zürich. Diplomarbeit, Abt. Umweltnaturwissenschaften ETH Zürich.

SOLVIT KORNER und LACZKO 1992: Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit - Kanton Appenzell Innerrhoden. Bodenbiologische Untersuchungen. Im Auftrag Kanton Appenzell Innerrhoden, Fachstelle für Gewässer- und Bodenschutz, 9050 Appenzell (Schlussbericht ist in redaktioneller Uebearbeitung).

VON STEIGER, B., M. LOHRI, D. MÜLLER, R. MEIER, P. FRY, U. HOINS, R. SCHULIN 1992: Erkundung von Bodenvorbelastungen und Monitoringstrategien: Auswertung des Pilotlaufs Kantonales Bodenbeobachtungsnetz (KABO) und Synthese: 1. Teil: Sichtung und Homogenisierung; 2. Teil: Vergleich, Synthese und Empfehlungen. Ausgeführt im Auftrag AGW Kanton Zürich, Fachstelle Bodenschutz, 8090 Zürich.

ZENTRUM F. ANGEW. OEKOLOGIE SCHATTEWEID 1990: Konzept zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit im Kanton Luzern. Bewertung der Bodenfruchtbarkeit, Teilbereich Bodenbiologie. Schlussbericht 9.11. 1990. Im Auftrag des Kantons Luzern, Fachstelle Bodenschutz, 6002 Luzern.

## Bedarf an Grundlagen für bodenbiologische Untersuchungen im Vollzug des Bodenschutzes

Alfred Enggist, Franz Borer

Amt für Umweltschutz des Kantons Solothurn, Abteilung Bodenschutz

Mit dem Umweltschutzgesetz (USG, 1983) und der Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo, 1986) ist der Schutz des Bodens und seiner Fruchtbarkeit gesetzlich verankert. Die VSBo verpflichtet die Kantone zu einer eingehenden Beobachtung der Bodenbelastung, wenn feststeht oder angenommen werden muss, dass der Schadstoffgehalt des Bodens über dem natürlichen Gehalt liegt oder dass im Boden vorhandene künstliche Schadstoffe die Bodenfruchtbarkeit gefährden können. Nach Art. 6 der VSBo ist ein Handlungsbedarf nicht nur gegeben, wenn Richtwerte überschritten sind, sondern auch, wenn der Gehalt eines Schadstoffes deutlich ansteigt oder die Fruchtbarkeit des Bodens aus andern Gründen nicht mehr langfristig gewährleistet ist.

Aus diesem Grund beschränkt sich die Wegleitung zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit (BUWAL/FAC, 1991) nicht nur auf die Untersuchung von Schadstoffgehalten, sondern bezieht neben chemischen auch physikalische, bodenbiologische und vegetationskundliche Erhebungen mit ein. **Bodenbiologische Untersuchungen** sind notwendig, da alle Bodenlebewesen mittel- oder unmittelbar an vielen in Böden ablaufenden Vorgängen beteiligt sind. Als **Funktionen des Bodens**, die durch Bodenorganismen sichergestellt werden, seien genannt (BLUME et al., 1990):

<b>Funktionen</b>	<b>Organismengruppen</b>
Einarbeiten von Pflanzenrückständen	alle Bodentiere
Mischen organischer und mineralischer Stoffe sowie Krümelbildung durch Darmpassage	Regenwürmer, Asseln
Stabilisierung von Bodenaggregaten durch Schleimstoffe Vernetzung	Mikroorganismen Pilze, Algen
Zerkleinerung der Spross- und Wurzelstreu	Bodentiere
Zersetzung organischer Stoffe	alle Organismen
Mineralisierung organischer Stoffe und Freisetzen von Nährstoffen	Organismen- sukzessionen
Bildung von Huminstoffen	Pilze, Strahlenpilze, Bakterien
Körpereigene Nährstoffbindung (d.h. Schutz vor Festlegung oder Auswaschung)	alle Organismen
Förderung des Pflanzenwachstums durch Wirkstoffe	Mikroorganismen
Umwandlung organischer N-Verbindungen	spez. Bakterien
Bindung von Luftstickstoff	spez. Bakterien und Algen
Einschränkung von Krankheitserregern, Abbau von Bioziden	Mikroorganismen

**Die Erhaltung der Bodenfunktionen impliziert die Erhaltung des Bodenlebens.** Dazu sind Kenntnisse über das Bodenleben erforderlich, und damit drängen sich bodenbiologische Untersuchungen auf.

Bodenbiologische Untersuchungen werden meist im Rahmen spezieller wissenschaftlicher Fragestellungen durchgeführt. Das Konzept für Probenahmen und Analysen richtet sich nach diesen Fragestellungen. Die gewonnenen Resultate sind deshalb selten miteinander vergleichbar.

Für die Bodenbeobachtung sind die Vollzugsbehörden auf Untersuchungskonzepte angewiesen, mit denen vergleichbare und interpretierbare Resultate erhoben werden können. Es sind dies namentlich

- eine Auswahl von aussagekräftigen und praktikablen **Methoden**,
- die **Standardisierung** von Probenahme, Probenvorbehandlung und Analytik,
- Kenntnis über die natürlichen **Variabilitäten**,
- die Verknüpfung bodenbiologischer Daten mit **chemischen und physikalischen Parametern**
- und erprobte **Beurteilungsgrundlagen**.

**Damit von den kantonalen Vollzugsbehörden biologische Untersuchungen effizient in die Bodenbeobachtung einbezogen werden können, müssen diese Grundlagen in Zusammenarbeit mit der Forschung bereitgestellt werden!**

#### **Literatur:**

BLUME, H.-P. et al., 1990. Handbuch des Bodenschutzes: Bodenökologie und Bodenbelastung; vorbeugende und abwehrende Schutzmassnahmen. ecomed, Landsberg/Lech.

Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG), 1983.. EDMZ, Bern.

BUWAL/FAC, 1991. Wegleitung zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, Liebefeld-Bern.

Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo), 1986. EDMZ, Bern.

## Neue Ansätze zur Analyse von mikrobiellen Gemeinschaften in Böden: Die Phospholipidfettsäuren-Analyse und ihre Anwendung

Endre Laczko

Solvit Korner&Laczko. Langsägestrasse 15. CH-6010 Kriens

### 1. PLFA? - Eine kurze Einführung

#### 1.1. Methodische Lücken der Mikrobiologie

Die Bestimmung der Mikroorganismen-Vielfalt in unserer Umwelt (Anzahl und Häufigkeit der anwesenden Spezies = ökologische Vielfalt), sowie die Beschreibung ihrer Gemeinschaftsstruktur (Organisation in ökologischen oder taxonomischen Einheiten) ist mit den klassischen Methoden der (Boden-) Mikrobiologie nicht möglich (zB. Atlas 1983, Torsvik et al. 1990):

- Direkte, mikroskopische Methoden erlauben keine Differenzierung von ökologischen oder taxonomischen Einheiten, da die einfachen morphologischen Merkmale der Mikroorganismen hierzu nicht ausreichen

- Indirekte, auf der Kultivierung beruhende Techniken erfassen nur einen Teil der Organismen. Man schätzt diesen Anteil auf weniger als 1% der Bodenmikroorganismen.

- Die etablierten indirekten, auf Aktivitäten oder Biomolekülen (Enzyme, ATP, DNA,..) beruhende Methoden haben ein zu geringes Differenzierungsvermögen oder erlauben keine Zuordnung zu sinnvollen bzw. interpretierbaren Einheiten.

Erschwerend kommt hinzu, dass die bis heute bekannten und beschriebenen Mikroorganismenspezies vermutlich nur den geringsten Teil der tatsächlich Vorhandenen darstellen (zB. O'Donnell et al. 1993). Eine strikt art- oder genombezogene Vielfaltsmessung oder Gemeinschaftsbeschreibung, wie sie etwa bei Tier- oder Pflanzengemeinschaften angewandt wird, ist nicht durchführbar. Für die unbekanntenen Organismen lassen sich selbstredend keine Kultivierungsbedingungen oder genetische Qualitäten formulieren.

#### 1.2. Fragen der Zeit

Die indirekte Beeinflussung und die direkte Umgestaltung der Umwelt durch den Mensch hat vielfältige ökologische Auswirkungen. Einzelne sind offensichtlich oder hinreichend untersucht. Andere, wie etwa die Veränderung der Mikroorganismen - Gemeinschaften werden vermutet, sind aber in ihrer Richtung, in ihrem Ausmass und ihrer

Bedeutung für unsere Ökosysteme, zB. auch für unsere Böden nicht oder ungenügend bekannt (zB. Pimm 1984, Rudaz und Brüning 1990 oder Lubchenco et al. 1991). Aktuelle globale und nationale Forschungsprogramme räumen den Fragen rund um die Biodiversität eine hohe Priorität ein (zB. Lubchenco et al. 1991, Botschaften zum NFP31 und SPPU des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung). Die Untersuchung der ökologischen Vielfalt der (Boden-) Mikroorganismen und ihrer Bedeutung für die besiedelten Ökosysteme (Boden, Bodenfruchtbarkeit) verlangt nach neuen Methoden und nach neuen Ansätzen.

### 1.3. Eine neue Methode und neue Forschungs-Ansätze

Mikroorganismenspezies lassen sich hinsichtlich ihrer Lipid- und Lipid-Fettsäure-Zusammensetzung charakterisieren und identifizieren (zB. Suzuki et al. 1993). In der Taxonomie der Bakterien und anderer Mikroorganismen gibt es hierzu etablierte Methoden und Datenbanken. Analog erlaubt die Analyse der Lipide und Lipid-Fettsäuren ganzer Organismengemeinschaften bzw. von Umweltproben ihre Charakterisierung und Wiedererkennung (zB. Tunlid und White, 1990), ohne die einzelnen Glieder der Gemeinschaft in ihrer taxonomischen Identität erfassen zu müssen.

Für die Analyse der (Boden-) Mikroorganismen-Gemeinschaften eignen sich speziell die Fettsäuren der Phospholipide (PLFA) sehr gut, weil ihre effiziente Extraktion / Isolation aus praktisch allen Umweltproben möglich ist und weil bei der Analyse nur Fettsäuren aus intakten Zellen (cytoplasmatischen Membranen), also aus lebenden Organismen erfasst werden (zB. Zelles et al. 1992). Die Empfindlichkeit der Methode ist für die meisten Fragestellungen vollständig ausreichend. Es können zur Zeit etwa 1-10 nMole einer PLFA je kg trockenen Boden nachgewiesen und zuverlässig quantifiziert werden. Diese Menge entspricht etwa dem Äquivalent von 10'000 bis 100'000 Bakterienzellen, oder einem Anteil von 0.1 bis 0.001 Promille der üblicherweise in einem Gramm Boden vorhandenen Bakterien. Es lässt sich Abschätzen, dass bei dieser Empfindlichkeit auch die PLFA erfasst werden können, die nur in Organismen mit einem Biomasseanteil von 0.1 bis 1% an der mikrobiellen Gesamtbiomasse vorhanden sind.

Die PLFA zeigen die gleiche chemische Vielfalt wie die für taxonomische Zwecke benutzten Struktur- bzw. Zell-Fettsäuren (deren grösste Teil aus Phospholipiden stammt):

- Variierende Kettenlängen (taxonomisch relevant  $n = 10 - 24$ )
- Kettenverzweigungen (iso-, anteiso- und cyclo-Derivate, Methylgruppen)
- Doppelbindungen in verschiedener Anzahl und Position (gesättigt, mono- und polyungesättigt)
- Substituenten (Hydroxy-Derivate)

Die PLFA-Synthese ist reguliert und teilweise von Taxon-typischen Enzymssystemen abhängig, d.h. dass die PLFA-Zusammensetzung eines Organismus durch physiologische und genetische Grössen festgelegt ist und dass eine Auswahl von PLFA als taxonomische Marker dienen kann.

Unter der begründeten Annahme, dass die speziesbezogene Vielfalt und die chemische PLFA-Vielfalt einer Mikroorganismengemeinschaft korrespondieren, ist es mit einer PLFA-Analyse möglich die Vielfalt einer Gemeinschaft global zu beschreiben (zB. mittels eines Shannon-Indexes für die PLFA), eine Gemeinschaft zu charakterisieren und zu identifizieren (mittles des PLFA-Musters), sowie qualitative und quantitative (taxonbezogene) Informationen zu ihrer Struktur zu gewinnen.

## 2. Beschreibung der Methode

### 2.1. Probenahme

Die PLFA-Analyse liefert ein Abbild der PLFA-Zusammensetzung in der untersuchten Probe zum Zeitpunkt unmittelbar vor der Lipid-Extraktion. Um ein "in situ" Abbild zu erhalten, müssen die Phospholipide sofort nach der Probenahme (innert Minuten) extrahiert und möglichst vom Bodenrückstand getrennt werden. Bei Feldarbeiten können die Proben durch fluten mit dem Lösungsmittelgemisch für die Lipid-Extraktion sofort nach der Probenahme stabilisiert werden. Die gelösten Lipide lassen sich im Kühlschrank lagern (Monate). Jede andere Lagerung, Vorbehandlung oder Konservierung der Proben führt zu Veränderungen in der PLFA Zusammensetzung (Trocknen, Kühlen, Tiefkühlen, ...zB. White 1983).

### 2.2. Analyse

Die PLFA-Analyse erfolgt gemäss etablierten Vorschriften. Die in unserem Labor eingeführte, weit entwickelte und für die Analytik von Böden geeignete Variante beschrieben kürzlich Zelles und Bai (1994). Die Analyse gliedert sich in die folgenden Schritte:

- Extraktion der gesamten Lipide
- Isolierung der Phospholipide
- Verseifung der Phospholipide und Isolation der PLFA-methylester
- Auftrennung der PLFA-methylester in bis zu 6 Fraktionen
- Derivatisierung der ungesättigten PLFA-methylester und der Hydroxy-PLFA-methylester
- GC-MS-Analyse ausgewählter Fraktionen im SCAN-Modus

### 2.3. Auswertung der GC-MS-Chromatogramme

Die sehr umfangreichen und in digitaler Form gespeicherten GC-MS-Chromatogramme werden mit Hilfe eines speziellen Programmes ausgewertet. Dieses Programm wurde in enger Zusammenarbeit mit den Autoren der obgenannten Publikation (Zelles und Bai 1994) von der Gesellschaft für Strahlenforschung gsf in München entwickelt und wird in andauernder Kooperation erweitert und gepflegt. Das Auswertungsprogramm leistet folgende Arbeiten:

- Alle MS-Spektren der digitalen GC-MS-Chromatogramme werden mit MS-Spektren einer digitalen Fettsäure-Bibliothek, die zur Zeit rund 360 Einträge enthält, verglichen.
- Die gegen einen Zeitstandard justierten, relativen Retentionszeiten (= CRRT) der jeweils 20 besten MS-Identifikationsvorschläge werden mit den CRRT der Fettsäurebibliothek verglichen. Die Fettsäure mit der besten CRRT-Übereinstimmung wird als Identifikation akzeptiert, sofern die Abweichung weniger als 0.003 Minuten beträgt.
- Mit Hilfe eines internen Standards (n19:0, Einpunkteichung) und experimentell ermittelten bzw. abgeleiteten Responsfaktoren werden alle identifizierten Fettsäuren quantifiziert.

Die Ergebnisse der Auswertung werden in einer Liste dargestellt. Die Daten der identifizierten Fettsäuren werden zusätzlich in eine Datenbank übertragen.

## 2.4. Interpretation

Die Resultate der Chromatogramm-Auswertung, Listen von Fettsäuren und ihren Gehalten im Boden, können auf grundsätzlich zwei verschiedenen Arten weiter ausgewertet und interpretiert werden. Bei der ersten Variante werden nur die PLFA-Muster, ohne einen taxonomischen Bezug zu schaffen, betrachtet:

- Berechnung eines PLFA-Diversitätsindex. Dieser Index steht für die globale Diversität oder Komplexität der Organismengemeinschaft (bzw. PLFA-Diversität einer Probe, eines Musters).
- Mittels statistischer Methoden lassen sich die PLFA-Muster (Zusammensetzungen) verschiedener Proben miteinander und / oder mit Umweltfaktoren vergleichen. Denkbar sind Korrelationsanalysen (zur Prüfung der Abweichung von einem Soll, einer Kontrolle), Ähnlichkeitsanalysen (Euklidische Distanz, Dendrogramme zur Klassierung von PLFA-Mustern) oder Faktorenanalysen (Klassierung, Vergleiche mit Einbezug von zB. Umweltfaktoren)

Bei der zweiten Variante werden die PLFA-Listen nach Marker-Fettsäuren, die für bestimmte taxonomische Einheiten stehen, herausgesucht, um Anhand dieser PLFA die qualitative Zusammensetzung der Gemeinschaft und die relativen Anteile der erkannten Glieder zu beschreiben. Eine Liste solcher Marker geben zB. Tunlid und White (1990).

## 2.5. Methodische Mängel und Grenzen

Es ist hinlänglich bekannt, dass die Wachstumsbedingungen bzw. die Lebensbedingungen der Mikroorganismen ihre PLFA-Muster beeinflussen. In Laborexperimenten konnten variierende PLFA-Zusammensetzungen von Bakterien-Reinkulturen zB. als Funktion der P-Limitation, der Temperatur, des Substratangebotes und des Zellalters, nachgewiesen werden (zB. Suzuki et al. 1993). Die Bedeutung dieser Laborbefunde für die PLFA-Zusammensetzung von Bodenproben ist aber nicht bekannt. Der Schluss, dass die PLFA-Muster für eine reproduzierbare und interpretierbare Umweltproben-Analyse nicht taugen ist falsch. Die bestehenden Erfahrungen zeigen das Gegenteil (siehe zB. Zelles und Bai 1994 und die darin zitierte Literatur und Suzuki et al. 1993). Sicherlich ist die Auswertung der Marker-Fettsäuren mit Unsicherheiten verbunden. Marker können infolge wechselnder Umweltbedingungen fehlen. Es kann aber auch zutreffen, dass die Bedingungen in einem Boden mikrobielle Gemeinschaften, bzw. ihren physiologischen Zustand stabilisieren, bzw. Schwankungen genügend stark dämpfen. Diese Fragen bedürfen einer Abklärung und sind Gegenstand von aktuellen Arbeiten, auch in unserem Labor. Festzuhalten ist auch, dass nur vereinzelt ein quantitativer Zusammenhang zwischen Marker-PLFA und der Biomasse der angezeigten Organismen etabliert ist. Es ist aber anzunehmen, dass die notwendigen Grunddaten für immer mehr Marker-PLFA nach und nach erarbeitet werden. Entsprechendes gilt auch für die Biosynthese der Fettsäuren (und Lipide), die teilweise noch unbekannt ist. Deshalb ist Interpretation der PLFA-Marker nur eingeschränkt und mit Vorhalten möglich.

### 3. Anwendungsbeispiele

In unserem Labor konnte in einer Einzeluntersuchung von 9 Böden eine Korrelation zwischen der PLFA-Diversität und der Reaktion der Bodenmikroorganismen auf Vitamingaben nachgewiesen werden

(Korner und Laczko 1992). Es zeigte sich, dass Böden mit geringer PLFA-Diversität ihre Basalatmung nach Vitaminzugabe wesentlich steigerten, also in diesem Sinne vitaminbedürftig waren. Böden mit hoher PLFA-Diversität zeigten keine Reaktion.

In einem anderen exemplarischen Experiment wurde einem Boden p-Terphenyl, zur Simulation einer Bodenverunreinigung durch einen mikrobiell abbaubaren organischen Schadstoff, zugesetzt. Gegenüber einer unbehandelten Kontrolle wurden irreversible und massive Veränderungen im PLFA-Muster des Bodens festgestellt. Die Interpretation der vorhandenen Marker-PLFA führten zB. zu den Aussagen, dass vorallem Gram-positive Bakterien am Abbau des p-Terphenyl beteiligt waren und dass sich anaerobe Nischen ausbildeten (nicht publizierte Arbeit).

Im Rahmen unserer aktuellen Projekte untersuchen wir die Sukzession der Bodenmikroorganismen beim Verbrachungsprozess (Analogsimulation der Einwirkung der Klimaänderung, NFP31 / Projekt 4031 - 033151), die mikrobielle Diversität unserer Böden und die Stabilität von anthropogen beeinflussten bzw. gestörten mikrobiellen Gemeinschaften in Böden (SPPU Mod. 3 / Projekt 5001 - 34859).

### ZUSAMMENFASSUNG

Für die Beurteilung der zunehmenden direkten und indirekten menschlichen Einwirkungen auf unsere Böden sind vertiefte ökologische Kenntnisse über die Bodenmikroorganismen notwendig. Die Analyse der Phospholipidfettsäuren (PLFA) in Bodenproben bietet hierzu neue Ansätze. PLFA sind Bestandteil der Zellmembranen aller lebenden Organismen und lassen sich durch einfache Extraktions- und Chromatographieprozeduren isolieren und mittels GC-MS identifizieren und quantifizieren.

Die bestehenden Erfahrungen zeigen, dass die PLFA-Analyse Einblicke in die globale Komplexität und in die Struktur von (in situ) Mikroorganismen-Gemeinschaften ermöglicht. Die PLFA - Analyse ist automatisierbar, was den Vergleich vieler Proben (Böden) erlaubt. Damit kann sie einen substantiellen Beitrag zur Biodiversitäts-Forschung, bei grundlagen- wie auch bei anwendungsorientierten Projekten leisten.

### RESUME

Pour l'évaluation des influences anthropogènes sur les sols une connaissance plus profonde de l'écologie des microorganismes est nécessaire. L'analyse des acides gras des phospholipids (PLFA) du sol offre des possibilités nouvelles pour approcher cette connaissance des besoins actuelle de la recherche écologique. Les PLFA sont des constituants de la membrane cellulaire des tous les organismes vivants. Leurs extraction et isolation du sol sont

relativement faciles suivant des procédures bien établies. Leurs identification et quantification sont possibles par GC-MS. L'expérience actuel démontre que l'analyse des PLFA fait possible l'observation de la complexité globale des communautés microbiennes et donne des information sur la structure taxonomique des communautés microbiennes. Lorsque l'analyse est automatisable une grande nombre des échantillons peuvent être comparer. En conclusion, l'analyse des PLFA donne des résultats qui doit être des contribution importantes pour la recherche de la biodiversité microbienne.

## LITERATUR

- ATLAS R.M., 1983: Diversity of microbial communities. In: Marshall, K.C. (ed). *Advances in microbial ecology* 7, Plenum Press, New York, 1-47.
- KORNER J. and LACZKÓ E., 1992: A new method for assessing soil microorganism diversity and evidence of vitamin deficiency in low diversity communities. *Biol. Fertil. Soils* 13, 58-60.
- LUBCHENCO J. A. et al. (15 coauthors), 1991: The Sustainable Biosphere Initiative: an ecological research agenda. *Ecology* 72(2), 371-412.
- O'DONNELL A.G., EMBLEY T.M., and GOODFELLOW M., 1993: Future of Bacterial Systematics. In: Goodfellow M., and O'Donnell A.G. (eds.). *Handbook of New Bacterial Systematics*, Academic Press, London, 513-524.
- PIMM S.L., 1984: The complexity and stability of ecosystems. *Nature* 307, 321-326.
- RUDAZ A., et BRÜNING E., 1990: Importance et contribution des microorganismes pour l'élaboration de critères de fertilité des sols. *Recherche agronom. en Suisse*. 29(1), 16-22.
- SUZUKI K., GOODFELLOW M., and O'DONNELL A.G., 1993: Cell Envelopes and Classification. In: Goodfellow M., and O'Donnell A.G. (eds.). *Handbook of New Bacterial Systematics*, Academic Press, London, 195-250.
- TORSVIK V., GOKSOYR J., and DAAE F.L., 1990: High diversity in DNA of soil bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 56, 782-787.
- TUNLID A., and WHITE D.C., 1990: Use of lipid biomarkers in environmental samples. In: Fox A. et al. (eds.). *Anlytical Microbiology Methods*, Plenum Press, New York, 259-274.
- WHITE D.C., 1983: Analysis of microorganismes in terms of quantity and activity in natural environments. In: Slater J.H. et al. (eds.). *Microbes in their natural environments. Thirty-fourth Symposium of the Society for General Microbiology*. Cambridge University Press, 37-66.
- ZELLES L., and BAI Q.Y., 1994: Fatty acid patterns of phospholipids and lipopolysaccharids in environmental samples. *Chemosphere* 28(2), 391-411.

## VARIATIONS TEMPORELLES DE LA BIOMASSE ATP, DE LA BIOMASSE DES NITRIFICATEURS (NP) ET DE L'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE SPÉCIFIQUE PENDANT LA PÉRIODE DE VÉGÉTATION 1993 D'UNE PRAIRIE À FAUCHE.

A. Rudaz, E. Wälti, G. Kyburz, E. Santschi, R. Perler, E. Brünig  
M. Rosset, A. Grub, P. Lehmann et P. Lischer.

Station fédérale de recherches en chimie agricole et sur l'hygiène de l'environnement, 3097 Liebefeld-Berne.

### 1 INTRODUCTION

Cette étude fait partie d'un projet du fonds national intitulé "Réactions des écosystèmes prairies aux variations climatiques" qui est rattaché au thème "Variations climatiques et catastrophes naturelles" (PFN 31).

La tâche de notre laboratoire dans ce projet est d'étudier dans un écosystème prairie pendant les périodes de végétation 1993-1994, les aspects suivants:

1. réponse des processus, influençant la disponibilité de l'azote pour la croissance des végétaux, à la température et aux précipitations. Les processus sélectionnés sont la minéralisation de l'azote et la dénitrification
2. importance de paramètres physiques, chimiques et biologiques pour la régulation de ces processus. Les paramètres biologiques choisis sont la biomasse ATP, celle des nitrificateurs et l'activité biologique spécifique définie par le rapport  $CO_2 / ATP$ .

La configuration expérimentale utilisée sur le terrain, spécialement choisie pour l'étude des flux d'azote d'origine microbienne, ne permet pas de réaliser une analyse de la variation spatiale des paramètres biologiques. Le sujet de mon séminaire de cet après-midi se limitera donc à la présentation de la première partie des résultats (période de végétation 1993) sur les variations temporelles de la biomasse ATP, de la biomasse des nitrificateurs et de l'activité biologique en relation avec le développement du couvert végétal et des fluctuations saisonnières de facteurs physico-chimiques agissant comme agents de stress naturels sur la microflore du sol.

## **2 MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **2 1 Site d'étude**

Oberbütschel (coordonnées 602'400/187'500, altitude de 915 au-dessus de la mer, étage montagnard)

Précipitations totales enregistrées pendant la période de végétation 1993 (196 jours) : 770.8 mm

Température moyenne pendant la période de végétation : 12.02°C

Prairie à fauche de type intensif, composée de 90 % de graminées (espèces dominantes : ray-gras anglais, vulpin des près), de 7 % de légumineuses (trèfle blanc, trèfle violet) et de 3 % d'autres plantes.

### **2 2 Propriétés du sols**

Type : sable limoneux (sl)

pH (H<sub>2</sub>O) : 6.5

C<sub>org</sub> : 5.6 %

N<sub>org</sub> : 0.6 %

### **2 3 Parcelles expérimentales**

Sur une surface de 10 × 12 m, on installe 4 parcelles de 2 × 2 m. 3 à 4 mois avant le début de l'essai (à l'automne de l'année qui précède l'année durant laquelle a lieu les mesures), on plante dans les 4 parcelles des tubes creux en plastique de 4 cm de diamètre et de 9 cm de longueur. Les parcelles expérimentales sont fertilisées de la même manière que le reste du champ. L'application de la fumure azotée se fait comme suit : le 31 mars adjonction de 25 kg N ha<sup>-1</sup> sous forme de NH<sub>4</sub> NO<sub>3</sub> et les 28 mai, 3 août et 17 septembre, on applique après la fauche chaque fois 20 kg N ha<sup>-1</sup>. La fumure P et K est appliquée le 31 mars à raison de 35 kg P ha<sup>-1</sup> et 300 kg K ha<sup>-1</sup>.

### **2 4 Fréquence des mesures**

Les mesures sont faites durant la période de végétation de mai à novembre 1993 chaque quinze jours, le mercredi de 0900 à 1500 h. Après les mesures de flux d'azote, les carottes de sol (3 par parcelle) sont ramenées au laboratoire dans un bac réfrigéré à +4°C.

## **2 5 Analyses des paramètres physiques**

La température du sol est mesurée directement dans la carotte de sol sur les 6.5 cm premiers centimètres avec un thermomètre à résistance électrique 3 fois durant la période de mesure (chaque 2 heures). La température moyenne journalière est déterminée en faisant la moyenne de ces 3 mesures. L'écart journalier entre les températures maximale et minimale est établi en sélectionnant les températures qui sont mesurées dans le sol à -5 cm chaque 30 min pendant 24 heures. Les précipitations sont mesurées avec un pluviomètre à augets basculants. Le potentiel en eau est mesuré avec des tensiomètres placés à 5 cm dans le sol. L'évapotranspiration moyenne journalière est calculée à partir des mesures du rayonnement net provenant du sol et du flux de chaleur dans le sol en utilisant le coefficient de Bowen (calculé avec le gradient de température de l'air et le gradient de la pression de la vapeur d'eau). Elle est calculée sur la base des données enregistrées entre 0800 et 1800 h. La photopériode est calculée à partir des mesures du rayonnement solaire global. La durée journalière de la lumière est estimée à partir de mesures du rayonnement global. Les valeurs supérieures à 10 W m<sup>-2</sup> correspondent à la période de lumière.

## **2 6 Analyse du taux de croissance du couvert végétal**

L'accroissement de la biomasse du couvert végétal est déterminé selon la méthode de Corral et Fenlon (1978) en choisissant comme intervalle de la coupe 3 semaines et une durée de croissance de 9 semaines.

## **2 7 Préparation des échantillons de sol**

Au laboratoire, le sol est retiré délicatement des cylindres en plastique. Après émiettement, les pierres, les animaux et les détritux végétaux grossiers sont retirés. Le sol est réparti en plusieurs échantillons pour les analyses chimiques et biologiques. Le reste est séché à 105°C pendant la nuit pour déterminer gravimétriquement la teneur en eau.

## **2 8 Analyses des paramètres chimiques**

Le pH est déterminé dans un mélange sol-eau (rapport volumétrique de 1 à 2.5). Les extractions de l'azote minéral sont faites immédiatement (quelques heures après la prise des échantillons). Après une extraction avec KCl 2 N, NH<sub>4</sub> est déterminé avec un photomètre à fluorescence. Les extraits sont conservés à -20°C jusqu'au moment de l'analyse. Après une extraction avec de l'eau déionisée, NO<sub>3</sub> est mesuré immédiatement avec un chromatographe ionique muni d'un passeur d'échantillons.

## **2 9 Analyses des paramètres biologiques**

Tous les paramètres biologiques sont analysés avec du matériel frais, préalablement pré-incubé à la température moyenne du terrain enregistrée entre 0900 et 1500 h. La biomasse microbienne globale actuelle est analysée par la méthode de l'extraction de l'ATP selon Maire. La biomasse des nitrificateurs est estimée à l'aide de la méthode de la nitrification potentielle selon Belser. Après un ajout de  $\text{NH}_4$ , on mesure la production de  $\text{NO}_3$  après 2, 6, 22 et 24 heures. La nitrification potentielle est exprimée par régression linéaire entre la concentration de  $\text{NO}_3$  et le temps. L'activité biologique est définie par le dégagement du  $\text{CO}_2$  par unité de biomasse. Le dégagement du  $\text{CO}_2$  est mesuré après une incubation de 3, 6, 22, 24 heures. Le dégagement du  $\text{CO}_2$  est exprimé par régression linéaire entre la concentration en  $\text{CO}_2$  et le temps. Le  $\text{CO}_2$  est analysé avec un spectromètre à infrarouge.

## **3 RÉSULTATS**

### **3 1 Variations temporelles des paramètres physiques**

Les principaux résultats sont présentés sur le tableau 1.

#### **3 1 1 Photopériode**

La photopériode augmente de mai à juin de 13.6 à 15.5 h  $\text{j}^{-1}$  (valeur maximale) puis elle diminue pour atteindre une valeur minimale de 9.46 h  $\text{j}^{-1}$  à la fin octobre.

#### **3 1 2 Température**

Entre le 5 mai et le 17 novembre la température enregistrée à -6.5 cm varie de 6 à 21°C. La température maximale est mesurée au début août et la température minimale à la fin octobre. L'écart entre les températures maximale et minimale enregistré à -5 cm au cours des cycles jour-nuit fluctue entre 12.98 h écart maximal à la fin mai et 1.48°C écart minimal à la fin octobre. Les plus grands écarts sont observés durant l'été (pics en juin, en juillet et en août). A partir de la mi-août les écarts entre les températures maximale et minimale diminuent.

#### **3 1 3 Précipitations et potentiel en eau**

Les précipitations totales (14 jours précédant le jour de mesure) enregistrées varient de 25.9 mm à la fin octobre à 109.9 mm en septembre. Les potentiels en eau, enregistrés de mai à octobre à -5 cm, se trouvent rarement en-dessous de -0.033 MPa, valeur définie comme correspondant à la capacité au champ. Ils se trouvent le

plus souvent dans un domaine de valeurs qui sont inférieures aux conditions optimales ( $\leq -0.015$  MPa) pour la microflore du sol.

### 3 1 4 Evapotranspiration

De mai à juin, l'évapotranspiration augmente de 39.2 à 94.9 mg s<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>. La fluctuation de ce paramètre est grande jusqu'à la mi-septembre. Au-delà l'évapotranspiration diminue pour atteindre une valeur minimale de 21.6 mg s<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> à la fin octobre.

**Tableau 1** : Valeurs maximales et minimales des facteurs physiques mesurés entre mai et octobre 1993. Les parenthèses indiquent les mois durant lesquels, on a enregistré les maxima et les minima.

Facteur physique	Minimum	Maximum	Max/Min
photopériode, h j <sup>-1</sup>	9.5 (oct)	15.5(juin)	1.1
température (6.5 cm), °C	6.0 (oct)	21.0 (août)	3.5
écart temp <sub>max-min</sub> (-5cm), °C	1.5 (oct)	13.0 (mai)	8.7
pluies (14 jours), mm	25.9 (oct)	109.9 (sept)	4.2
évapotranspiration (0800-1800 h), mg s <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup>	21.6 (oct)	94.9 (juin)	4.4

## 3 2 Variations temporelles des paramètres chimiques

### 3 2 1 pH

Durant la période de végétation 1993, la variation temporelle du pH du sol, comprise entre 6.5 à 6.8, est faible.

### 3 2 2 Teneur du sol en NH<sub>4</sub> et en NO<sub>3</sub>

Les teneurs en NH<sub>4</sub> et en NO<sub>3</sub> mesurées dans la prairie au cours de la période de végétation sont faibles. Elles sont inférieures à 1.5 µg NH<sub>4</sub>-N g<sup>-1</sup> et inférieures à 2.5 µg NO<sub>3</sub>-N g<sup>-1</sup>. Les teneurs en azote minéral fluctuent très peu, sauf après l'adjonction de la fumure azotée, NH<sub>4</sub> atteint des valeurs proches de 8 µg g<sup>-1</sup> et les teneurs en NO<sub>3</sub> s'élèvent à environ 30 µg g<sup>-1</sup>. L'effet de la fumure dure environ 15 jours, dépassé ce laps de temps, les concentrations en azote minéral restent faibles.

## 3 3 Variations temporelles des paramètres biologiques

Les principaux résultats sont reportés dans le tableau 2.

### 3 3 1 Taux de croissance du couvert végétal

Le taux de croissance du couvert végétal augmente d'avril à mai de 44 à 100 kg ms ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup> (taux maximal). A partir de mai, le taux de croissance diminue pour atteindre une valeur de 9 kg ms ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup> vers la fin octobre.

### 3 3 2 Biomasse ATP

La biomasse ATP varie peu entre mai et juin. Au début août, l'ATP montre une valeur maximale de 9.1 µg g<sup>-1</sup> puis diminue fortement pour atteindre à la fin septembre 4.4 µg g<sup>-1</sup>. Une léger accroissement de la biomasse ATP est observé en début octobre. Pendant la période de végétation 1993, on observe un rapport entre les valeurs maximale et minimale de la biomasse ATP de 2.05.

### 3 3 3 Biomasse NP

La biomasse des nitrificateurs augmente de mai à juin d'un facteur 2. On observe une biomasse maximale à la fin du mois d'août puis une diminution d'un facteur 4 entre la fin août et la fin octobre. Pendant la période de végétation 1993, on observe un rapport entre les valeurs maximale et minimale de la biomasse NP de 4 (2.4 à 0.6 µg NO<sub>3</sub>-N g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>).

### 3 3 4 Activité biologique spécifique

L'activité biologique spécifique augmente de mai à juin, période à laquelle elle atteint sa valeur maximale de 0.433 h<sup>-1</sup>. De juin à la fin septembre, elle diminue d'un facteur de 2.5. Après une reprise au début octobre, l'activité biologique spécifique atteint une valeur minimale à la mi-octobre de 0.106 h<sup>-1</sup>. Le rapport entre les activités maximale et minimale mesurées durant la période de végétation 1993 est de 4.

**Tableau 2** : Valeurs maximales et minimales des biomasses ATP et NP, de l'activité microbienne spécifique et du taux de croissance du couvert végétal entre mai et novembre 1993 sur une prairie permanente

Paramètres	Minimum	Maximum	Max/Min	Période du maximum
ATP µg g <sup>-1</sup>	4.43	9.09	2.1	août
NP µg g <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>	0.59	2.36	4.0	août
C <sub>disp</sub> / ATP h <sup>-1</sup>	0.11	0.43	4.0	mai
MS kg ka <sup>-1</sup> j <sup>-1</sup>	9.3	100.5	10.8	avril

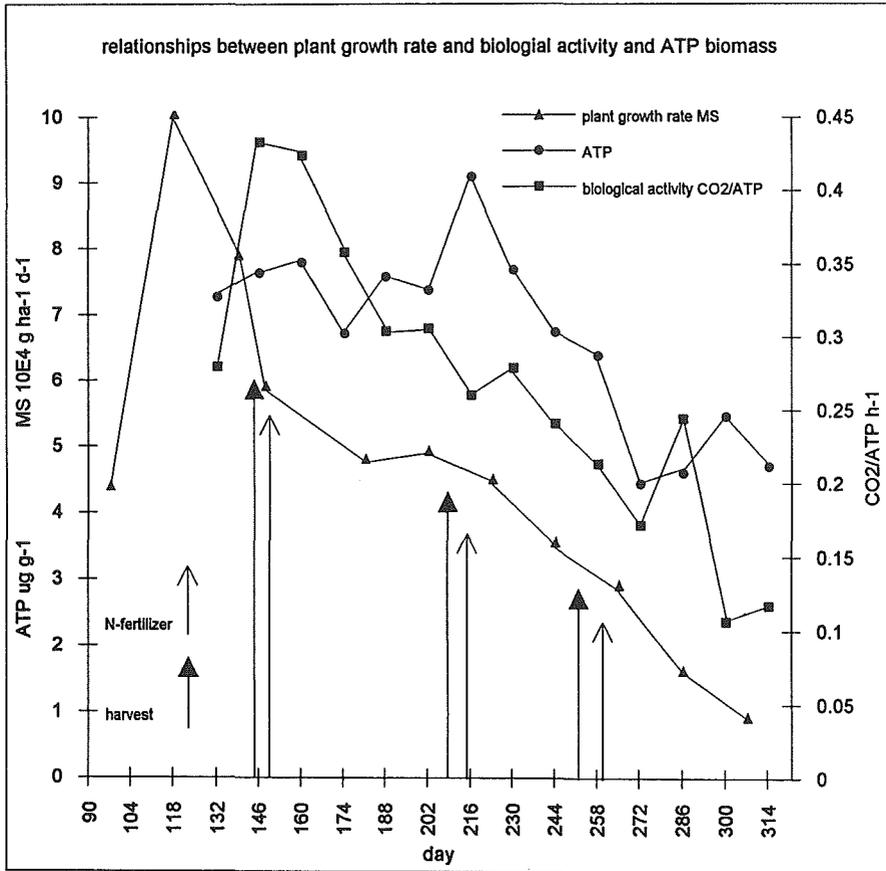
### **3 4 Relations entre l'évolution des paramètres biologiques avec le développement du couvert végétal et les fluctuations saisonnières des paramètres physico-chimiques.**

Les résultats principaux sont les suivants:

1. aucune relation n'est observée entre les variations temporelles des paramètres biologiques et celles des facteurs chimiques (pH, teneurs en  $\text{NH}_4$  et  $\text{NO}_3$ )
2. l'évolution de la biomasse ATP est corrélée avec celle de la température, celle de la biomasse des nitrificateurs (NP) avec celles de la température et de l'évapotranspiration, et la variation temporelle de l'activité biologique spécifique est corrélée avec celle de la photopériode (analyse de régression multiple en utilisant le critère de Mallow)
3. l'évolution temporelle des paramètres biologiques (cf. graphique) est décalée dans le temps. On observe que l'évolution du taux de croissance du couvert végétal (maximum en avril) précède celle de l'activité biologique spécifique (maximum en mai) qui elle, est suivie par l'évolution des biomasses ATP et NP (maxima en août).

#### **4 CONCLUSIONS**

Dans cette étude, on a montré (a) une faible variation temporelle des biomasses ATP et NP et de l'activité biologique spécifique (b) les paramètres biologiques présentent des valeurs maximales qui sont décalées dans le temps (c) une évolution temporelle différente pour chaque paramètre biologique (d) des réponses différentes des paramètres biologiques aux facteurs physiques. La reproductibilité de ces résultats sera vérifiée au cours de la période de végétation 1994. De plus, une analyse plus détaillée des données obtenues sur les 2 années d'étude devra permettre de mieux établir les relations entre les variations temporelles des paramètres biologiques étudiés avec le développement du couvert végétal et avec les fluctuations saisonnières des paramètres physico-chimiques.



## Räumliche Variabilität der Ureaseaktivität

K. Nowack <sup>1)</sup>, B. von Steiger, R. Schulin

Institut für terrestrische Ökologie, Fachbereich Bodenschutz, ETH Zürich

1) Gegenwärtige Adresse: Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Oberwil/BL

### 1. Einleitung

Bodenenzyme stellen einen wesentlichen Bestandteil der Bodenfruchtbarkeit dar. Es liegt daher nahe, ihre Aktivität als Monitoringparameter in Dauerbeobachtungsprogrammen zur Überwachung der Bodenfruchtbarkeit zu verwenden. Ein Problem stellt die wenig bekannte räumliche Variabilität der Aktivität von Bodenenzymen dar, welche die Repräsentativität von Beprobungen limitiert. Im Rahmen einer Diplomarbeit (Nowack, 1993) wurde die räumliche Variabilität der Ureaseaktivität auf drei unterschiedlichen Standorten des Kantonalen Bodenbeobachtungsprogramms Zürich untersucht.

### 2. Material und Methoden

Die Ureaseaktivität wurde an Mischproben aus dem Oberboden der Untersuchungsstandorte nach der Methode von Kandeler und Gerber (1988) bestimmt. Die Ergebnisse sind in  $\mu\text{g N gTS}^{-1} \text{h}^{-1}$  angegeben. Nach einem varianzanalytischen Schema nach hierarchisch geordneten Abständen ("nested sampling") von jeweils 0,2, 1, 6 und 15 m wurden auf jedem Standort 52 Mischproben gezogen und anschliessend im Labor analysiert. Tabelle 1 zeigt die Charakteristika der 3 Standorte.

Tab. 1 Charakteristika der 3 Standorte

Gemeinde	Beprobungs- fläche	Bodennutzung	Vegetation	Bodentyp
Rheinau	90 x 130 m	Weide	Weidelgras- Weisskleeweide	Leicht ausgewaschene Braunerde
Waltalingen	70 x 220 m	Fruchtfolge fläche	Zuckerrüben	Entwässerter organischer Nassboden
Marthalen	100 x 200 m	Wald	Typischer Wald- meister-Buchenwald	Saure Parabraunerde

### 3. Resultate und Diskussion

Der Ackerstandort Waltalingen zeigte mit einem Mittelwert von  $58 \pm 4.5 \mu\text{g N gTS}^{-1} \text{h}^{-1}$  etwa dieselbe Ureaseaktivität wie der Waldstandort Marthalen mit einem Mittel von  $64 \pm 9 \mu\text{g N gTS}^{-1} \text{h}^{-1}$  (Abb.1). Der Weidestandort Rheinau wies im Vergleich dazu eine im Mittel etwa doppelt so hohe Ureaseaktivität auf ( $128 \pm 12.7 \mu\text{g N gTS}^{-1} \text{h}^{-1}$ ).

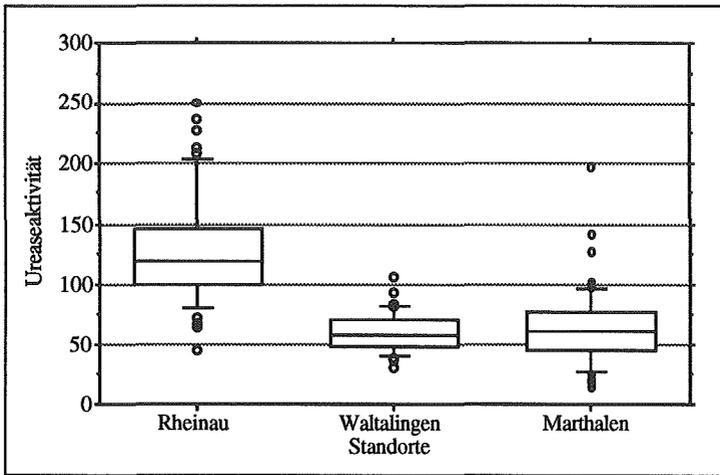


Abb. 1: Boxplots der Ureaseaktivität ( $\mu\text{g N gTS}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) der 3 Standorte Rheinau (Weide), Waltalingen (Acker) und Marthalen (Wald). Dargestellt sind Median, Bereich zwischen oberem und unterem Quartil (Box), Bereich der Normal- und Extremwerte

Auch die räumliche Struktur der Varianz zeigte deutliche standortspezifische Unterschiede (Tab. 2, Abb. 2). Der Wiesenstandort zeigte eine ausgesprochene kleinräumige Variabilität. Mit Probenabständen von 1 m wurde bereits die gesamte Varianz des Untersuchungsstandortes erfasst. Auf dem Acker- und dem Waldstandort war die Variabilität grossräumigerer Natur. Etwa die Hälfte der gesamten Variabilität fand sich auf dem Ackerstandort zwischen Proben von 15 m Abstand. Auf dem Waldstandort betrug dieser Anteil sogar etwa 60 %.

Tab. 2: Über die Varianzanalyse geschätzte Varianzen für die verschiedenen Abstandsklassen. Varianzkomponenten ( $s_x^2$ ) und akkumulierte Varianzen ( $s^2$ ) der 5 Stufen in  $\{\mu\text{g N} * \text{gTS}^{-1} * \text{h}^{-1}\}^2$   
*d/h* = dunkel/hell;  $\text{Feld-}s^2$  = Feldvarianz (Gesamtvarianz minus analytische Varianz)

Standort	Rheinau		Waltalingen		Waltalingen d/h		Marthalen	
	$s_x^2$	$s^2$	$s_x^2$	$s^2$	$s_x^2$	$s^2$	$s_x^2$	$s^2$
Stufe								
Analyse	256.2	256.2	45.06	45.06	45.06	45.06	64.88	64.88
0.2 m	522.9	779.1	59	104.1	59	104.1	165.2	230.1
1 m	2092	2871	- 25.3	78.76	- 25.3	78.76	64.07	294.1
6 m	139.8	3011	79.92	158.7	79.92	158.7	140.4	434.6
15 m	- 694.0	2317	130	288.6	- 10.52	157.6	671.3	1106
d/h					252.6	410.2		
Feld- $s^2$		2060.8		243.54				1041.12

Auf dem Ackerstandort wurde visuell eine Bänderung der Bodenoberfläche in helle und dunkle Bereiche beobachtet, die auf die unterschiedliche Durchmischung von Ober- und Unterboden im Zuge der Bodenbearbeitung zurückführbar war. Eine Stratifizierung des Probenkollektivs nach diesem Merkmal (d/h = dunkel/hell) erklärte fast die Hälfte der gesamten Varianz. Dieser Anteil betraf ausschliesslich die Varianz der grössten Abstandsklassen (Abb. 2)

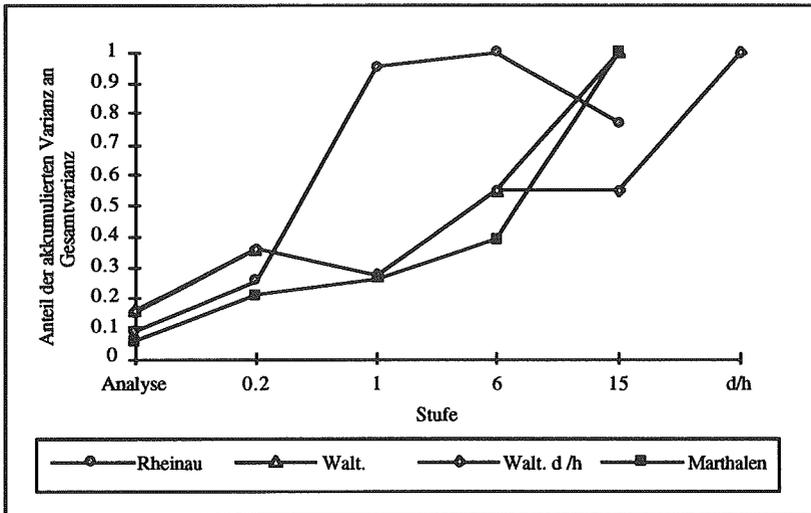


Abb. 2: Anteil der akkumulierten Varianz an der Gesamtvarianz in Abhängigkeit vom Probenabstand, äquidistante Darstellung; 3 Standorte Rheinau (Weide); Walt. = Waltalingen (Acker), d/h = Straten dunkel/hell; Marthalen (Wald)

#### 4. Folgerungen

In bezug auf die Erfassung der Ureaseaktivität kann die Probenahme-strategie auf den untersuchten Standorten auf Grund der vorliegenden Ergebnisse zukünftig in folgender Weise verbessert werden: Auf dem Weidestandort Rheinau würde die für Schadstoffhebungen übliche Beprobungsfläche von 1a/Standort ausreichen. Auf dem Waldstandort Marthalen sollte die Beprobungsfläche dagegen noch weiter ausgedehnt werden. Für den Ackerstandort Waltalingen ist die gewählte Beprobungsfläche angemessen, jedoch nur in Kombination mit einer Stratifizierung nach Bodengründigkeit (bzw. Unterbodenanteil im Humuserdehorizont)

Um den Mittelwert der Ureaseaktivität mit einer minimalen Genauigkeit von  $\pm 10\%$  zu bestimmen, sind auf dem Weidestandort Rheinau ca. 50 Einstiche, auf dem Ackerstandort Waltalingen (mit Stratifizierung) ca. 30 Einstiche und auf dem Waldstandort Marthalen ca. 100 Einstiche erforderlich.

Es empfiehlt sich, zu Beginn der Einrichtung von Dauerbeobachtungsflächen die räumliche Variabilität über die vorgesehene Grösse der Monitoringparzellen hinaus zu erheben. Das Verfahren des "nested sampling" liefert hierfür eine geeignete und kosteneffiziente Beprobungsstrategie.

Eine mit geringem Aufwand durchzuführende bodenkundliche Stratifizierung der Beobachtungsflächen kann die Monitoring-Effizienz u.U. erheblich steigern.

#### **Referenzen:**

Kandeler, E. und Gerber, H. (1988): Short-term assay of soil Urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biol. Fertil. Soils* 6: 68-72

Nowack, K. (1993): Räumliche Variabilität der Ureaseaktivität auf einem Wiesen-, einem Acker- und einem Waldstandort und weitere Untersuchungen zur Eignung von Enzymaktivitäten als Monitoringparameter im Rahmen des Kantonalen Bodenbeobachtungsprogramms Zürich. Diplomarbeit Abt. Umweltnaturwissenschaften ETH Zürich. Leitung: Prof. Dr. R. Schulin und B. von Steiger

## Bodenmikrobiologische Kennwerte verschiedener Ackerstandorte des Kantons Zürich - horizontale Streuung und vertikale Verteilung

Hansruedi Oberholzer und Werner Jäggi, Eidgenössische Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz

Neben chemischen und physikalischen Analysen sollen bodenmikrobiologische Methoden eingesetzt werden, um Eigenschaften von Böden besser beurteilen zu können. Sie scheinen dafür geeignet zu sein, da sie integrierend messen, d.h. das Resultat einer Methode ist das Ergebnis verschiedener Umwelteinflüsse sowie chemischer und physikalischer Eigenschaften des Bodens. Um die Eignung verschiedener Methoden für mikrobiologische Beurteilung von Böden zu prüfen, wurden im Rahmen der Kartierung des Kantons Zürich an 14 Standorten Bodenproben in verschiedenen Tiefen entnommen und untersucht. Im folgenden werden die Ergebnisse lediglich bezüglich der vertikalen Verteilung und der horizontalen Streuung beurteilt.

### Methoden

Die Angaben zu den Standorten, chemische und physikalische Eigenschaften und die Probenahmetiefen sind in Tab. 1 zusammengestellt. Die Probenahmetiefe wurde so gewählt, dass die biologische Aktivität bestimmter Horizonte erfasst werden konnte.

Im Umkreis von 10 m des Profils wurden 3 Mischproben (5 Bohrungen innerhalb 1 m<sup>2</sup>) entnommen und separat untersucht. Folgende Methoden wurden angewendet:

- mikrobielle Biomasse (substratinduzierte Respiration (SIR-Methode) sowie Dimethylsulfid-Reduktion)
- Basalatmung (CO<sub>2</sub>-Freisetzung, 0-24 sowie 24-96 Std.)
- N-Mineralisierung im Brutversuch
- Zelluloseabbau im Labor
- Enzymaktivitäten: Dehydrogenase, Katalase,  $\beta$ -Glucosidase, Protease.

Tabelle 1: Angaben zu den Standorten, den Bodenproben sowie chemische und physikalische Eigenschaften der Proben.

Ort / Profilbezeichnung	Bodentyp	Tiefe / Probe	Tiefe / Horizont	Horizontbezeichnung	Bodenart	org. Substanz (Gew.%)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	Ton (Gew. %)	Schluff (Gew. %)
Oberem-brach/K123	Parabraunerde	0-20	0-27	Ahp	sL	2,7	5,8	17,8	39,9
		50-80	48-85	It	tL	0,5	5,7	33,2	30,5
Oberem-brach/K124	Saure Braunerde	0-20	0-22	Ahp	sL	2,3	5,7	20,9	32,8
		36-64	36-64	B(g)	L	0,5	4,4	25,0	29,3
Oberem-brach/K125	Braunerde	0-20	0-28	Ahp	sL	2,0	5,3	17,2	22,4
		50-90	48-90	Bq	sL		5,6	15,8	8,7
Oberem-brach/K130	Braunerde	0-20	0-26	Ahp(g)	IT	3,9	7,0	42,7	34,2
		26-64	26-64	Bw	T	1,7	7,1	50,1	31,2
Lufingen/K140	Pseudogley	0-20	0-20	Ahp	IT	4,1	5,9	44,6	35,8
		20-40	20-40	Bgg	IT	2,0	6,1	44,7	38,6
Lufingen /K143	Braunerde	0-18	0-18	Ahp	tL	3,3	6,8	31,7	28,4
		18-38	18-38	Bt(g)	tL		7,1	39,2	24,2
Lufingen /K147	Fahlgley	0-19	0-19	Ahp	tL	6,8	7,0	33,7	37,2
		20-30	19-30	Bgg	tL			32	45
Kloten /K148	Braunerde /Pseudogley	0-20	0-22	Ahp	L	2,6	6,0	23,2	40,7
		40-50	38-50	Bg(g)	tL		6,7	36,9	36,7
		50-70	50-70	Bgg	tL		7,0	38,6	36,7

Ort / Profilbezeichnung	Bodentyp	Tiefe / Probe	Tiefe / Horizont	Horizontbezeichnung	Bodenart	org. Substanz (Gew.%)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	Ton (Gew. %)	Schluff (Gew. %)
Kloten /Kt49	Braunerde	0-20	0-22	Ahp	sL	2,3	5,6	18,5	36,7
		40-60	38-60	Bg	L		6,7	25	30
Kloten /Kt52	Fahlgley	0-15	0-26	Aag	tL	13,2	6,7	31,3	31,7
		15-30	26-45	AOgg	tL	17,3	6,8	30,7	35,9
Bassersdorf /Kt56	Braunerde	0-20	0-24	Ahp	sL	2,0	6,7	15,5	39,2
		40-90	34-105	Bw	sL		6,8	18,4	35
		99-120	99-150	Bt	tL			32	35
Embrach /EB86	Braunerde	0-20	0-20	Ah	sL	2,2	5,7	14,2	43,3
		20-60	20-60	Bw	sL		5,5	20,1	41,7
		90-120	90-130	Bwg	tL		5,6	35,1	41,7
Embrach /EB87	Parabraunerde	0-20	0-20	Ahp	L	2,9	5,8	21,6	44,9
		40-80	38-80	It	IT		5,5	42,6	14,8
Embrach /EB88	Fluvisol	0-20	0-25	Ah	sL	2,9	7,3	19,6	14,8
		25-40	25-38	AB	sL	1,2	7,4	15,9	15,1
		40-60	38-58	BC(g)	sL		7,6	15,1	16,6

## Resultate

### Vertikale Verteilung

Die Höhe der mikrobiologischen Kennwerte unterscheidet sich deutlich in Abhängigkeit von der Probenahmetiefe.

In Abb. 1 ist dies am Beispiel der mikrobiellen Biomasse (SIR-Methode) dargestellt. Proben aus dem Oberboden enthalten grösstenteils zwischen 200 bis 600 ppm Biomasse-C, mit Ausnahme der bei 15 cm eingezeichneten Proben, die von einem Standort mit geringer biologischer Aktivität aus der Schicht 0 - 30 cm stammen. Proben aus Schichten unter 25 cm enthalten beinahe ausnahmslos weniger als 150 ppm Biomasse-C.

Die beiden Kurven unterscheiden sich im Bereich über 25 cm aufgrund der zur Berechnung verwendeten Probenahmetiefen deutlich. Unter 25 cm stimmen sie jedoch sehr gut überein. Bemerkenswert ist, dass die Proben, die in einem andern Projekt aus der Tiefe 35-40 cm

entnommen wurden, sehr gut in den aufgrund der Daten der Kartierung des Kt. Zürich berechneten Bereich passen. Für die andern mikrobiologischen Kennwerte treffen diese Aussagen ebenfalls zu, mit Ausnahme des Zelluloseabbaus, der mit zunehmender Probenahmetiefe weniger stark abnimmt.

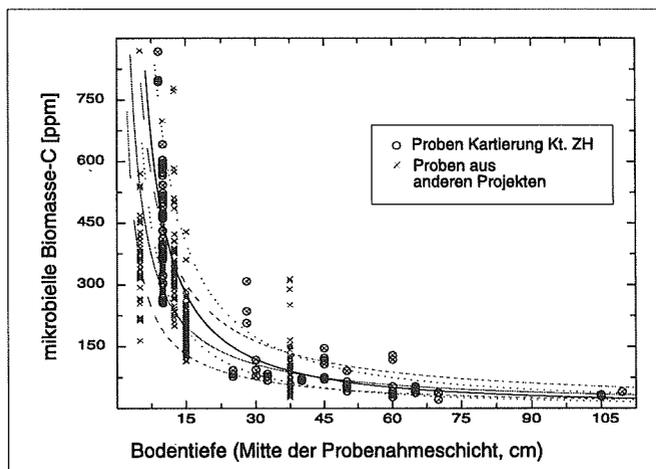


Abb.:1 Mikrobielle Biomasse (ppm Biomasse-C) in verschiedenen Bodentiefen, dargestellt nach dem Mittelwert der Probenahmetiefe. Proben aus dem Projekt der Kartierung des Kt. Zürich und die damit berechnete Kurve: Kreise,dunkel; Proben aus verschiedenen andern Projekten und entsprechende Kurve: Kreuze,hell.

### Horizontale Streuung

Für die Beurteilung der methodischen und horizontalen Streuung sind von ausgewählten Methoden in Abb. 2 die Häufigkeitsverteilungen der Variationskoeffizienten für die Variation zwischen den 3 Mischproben des Oberbodens der einzelnen Standorte (n=14) sowie für die

Variation der Parallelbestimmungen der einzelnen Mischproben (n=42) gegenübergestellt. Die methodische Streuung der Bestimmung der mikrobiellen Biomasse (SIR-Methode), der Enzymaktivitäten (in Abb. 2 am Beispiel der Proteaseaktivität dargestellt) und der N-Mineralisierung im Brutversuch kann als ausreichend gering beurteilt werden. Die Bestimmung des Zelluloseabbaus weist eine sehr grosse Laborstreuung auf. Deshalb werden bei dieser Methode üblicherweise 10 Wiederholungen durchgeführt. Dies bewirkt, dass der Standardfehler des Mittelwertes bei 88 % der 42 Proben unter 10 % des Mittelwertes liegt. Damit weisen auch diese Resultate eine ausreichende Genauigkeit auf. Die Bestimmung der Basalatmung sollte aufgrund der hier vorliegenden Resultate jedoch methodisch noch verbessert werden.

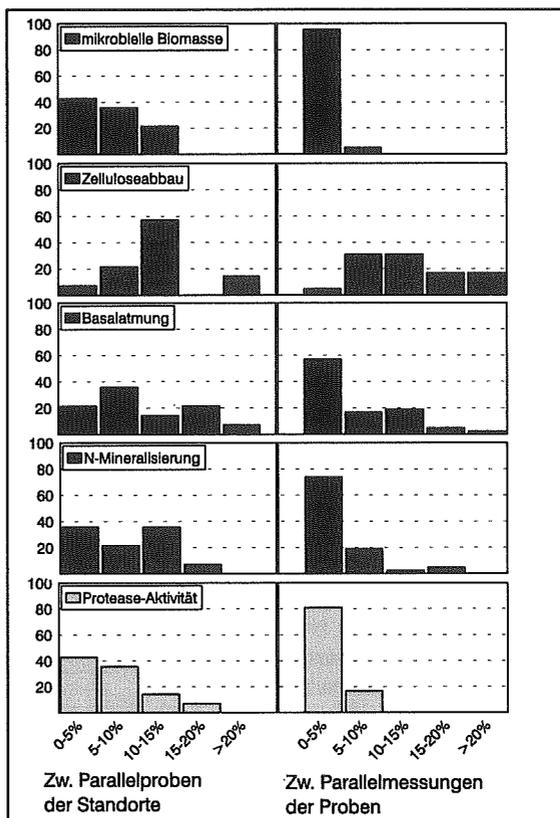


Abb. 2: Häufigkeitsverteilungen der Variationskoeffizienten (%) verschiedener Methoden zwischen den 3 Mischproben der einzelnen Standorte und zwischen den Parallelbestimmungen der einzelnen Mischproben.

Die Variation der mikrobiologischen Kennwerte an den Standorten ist unterschiedlich. Während der Variationskoeffizient der mikrobiellen Biomasse und der Proteaseaktivität an 80% der Standorte unter 10% liegen, sind die Probeflächen bezüglich N-Mineralisierung, Basalatmung und Zelluloseabbau weniger homogen, jedoch vergleichbar mit Werten, die BECK (mündl. Mitteilung) bei der Untersuchung von 132 Parzellen mit je 4 Parallelproben festgestellt hat.

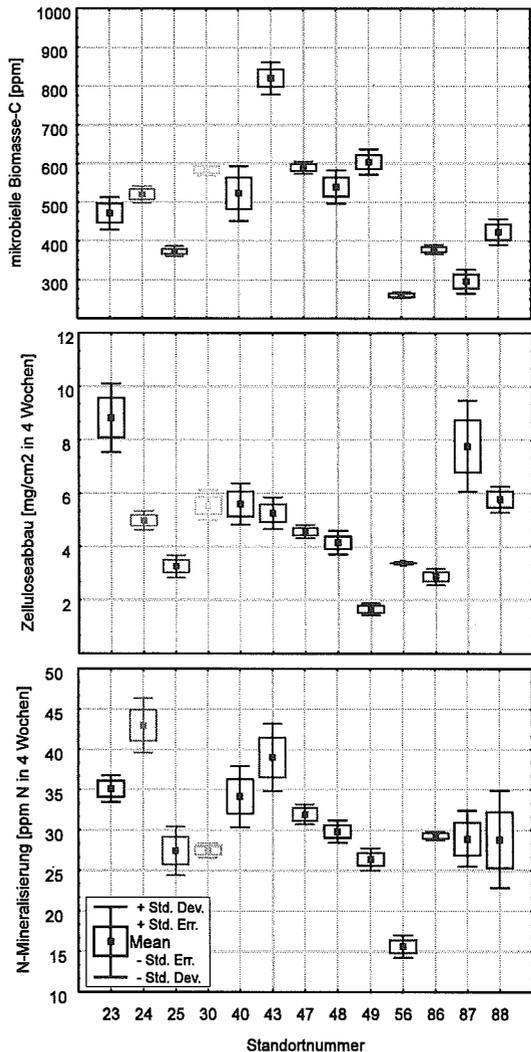
Ebenfalls unterschiedlich ist die Streuung der verschiedenen mikrobiellen Kennwerte an den einzelnen Standorten (Abb 3.). So weisen die Parzellen 23 und 87 beim Zelluloseabbau die höchsten Streuungen auf, beim Biomassegehalt und der N-Mineralisierung jedoch nur

geringe bzw. durchschnittliche Streuungen, während die Parzelle 40 beim Biomassegehalt bzw. die Parzelle 88 bei der N-Mineralisierung die höchste Inhomogenität aufweisen.

### **Diskussion und Folgerungen**

Der grösste Teil der mikrobiellen Tätigkeit findet im Oberboden statt. Daraus folgt, dass normalerweise die Untersuchung des Oberbodens genügt. Nur für spezielle Fragen ist es sinnvoll, mikrobiologische Untersuchungen in tieferen Schichten durchzuführen.

Mikrobiologische Methoden, die das Vorhandensein von Organismen bzw. Enzymen messen, weisen sowohl die geringsten Laborstreuungen, wie auch die geringste Streuung an den Standorten auf. Demgegenüber ist die Laborstreuung prinzipiell höher bei Methoden, die von mehreren Faktoren (Organismen und Substrat) abhängig sind und mit längeren Inkubationszeiten, wie die N-Mineralisierung, Basalatmung und Zelluloseabbau. Die Tatsache, dass sowohl Organismen bzw. Enzyme und Substrat unabhängig voneinander an einem Standort variieren können, könnte auch die grössere Inhomogenität der Standorte bezüglich dieser 3 Methoden erklären. Insgesamt konnte festgestellt werden, dass die Ergebnisse der einzelnen Methoden eine genügende Genauigkeit aufweisen und für derartige Untersuchungen 3 Mischproben an einem Standort ausreichen.



**Abb. 3:** Streuungswerte (Standardfehler des Mittelwertes und Standardabweichung der mikrobiellen Kennwerte an den einzelnen Standorten (je 3 Mischproben, Resultate des Standortes Kt52 nicht dargestellt).

## Auswirkung verschiedener Maisanbausysteme auf einige bodenmikrobiologische Kennwerte

Werner Jäggi und Hansruedi Oberholzer, Eidgenössische Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz

Seit einigen Jahren sind neue Anbauverfahren bei Mais in Entwicklung mit dem Ziel, die Probleme der Erosion, der Bodenverdichtung, der Nitratauswaschung und des Herbizideinsatzes zu lösen. Die neuen Anbautechniken werden nicht ohne Auswirkungen auf die bodenmikrobiologischen Verhältnisse sein. Um mögliche Zusammenhänge aufzuzeigen, wurden in einem entsprechenden Versuch, einige bodenmikrobiologische Kennwerte untersucht.

### *Versuchsanlage und Methoden*

- Ort: Eidg. Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz
- Versuchsdauer: 1990-1993; 1989: Ausgleichskultur Mais nach einheitlichem Anbausystem
- Anlage: 4 Maisanbausysteme; randomisierte Blöcke, 3 Wiederholungen, Parzellengrösse 25 x 26 m, unterteilt durch 3 bis 5 m breite Wiesenstreifen
1. Konventionell Pflug im Herbst, Unkrautbekämpfung intensiv, Herbizide ganzflächig Vorauflauf (VA)
  2. Untersaat Pflug im Frühjahr, 1 bis 2 mal hacken, Herbizide im Band VA, Einsaat
  3. Grünroggen Pflug im Herbst, Schnitt 1 bis 2 mal im Frühjahr (mulchen), Frässaat, Herbizide im Band VA
  4. Maiswiese Frässaat in bestehende Wiese (Ansaat im Herbst 1989), Schnitt zwischen den Reihen (1. Schnitt ernten, weitere Schnitte mulchen), Herbizide im Band VA

Die Haupt-N-Gabe im 6-Blattstadium erfolgte aufgrund des  $N_{\min}$ -Gehaltes des Bodens.

Im Spätsommer wurde in jeder Parzelle zwischen den Reihen eine Boden-Mischprobe (12 Einstiche) entnommen und im Labor folgende bodenmikrobiologische Kennwerte bestimmt:

- Mikrobielle Biomasse (substratinduzierte Respiration SIR)
- Bodenatmung bzw. CO<sub>2</sub>-Freisetzung (Isermeyer)
- N-Mineralisierung im Brutversuch
- Zelluloseabbau im Brutversuch

### ***Bodenmikrobiologische Aktivität und Zeitpunkt der Probenahme***

Neben der Verfügbarkeit von Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen sind die Bodenmikroorganismen vom Luft- und Wasserhaushalt sowie der Temperatur des Bodens abhängig. Ihre Jahresdynamik wird deshalb sowohl durch die Bewirtschaftung als auch durch die Witterung beeinflusst. Um die Auswirkung der Anbausysteme festzustellen, wurde deshalb der Zeitpunkt der Probenahme in der zweiten Hälfte der Entwicklungsphase des Maises gewählt.

Die mikrobiologische Aktivität einer Bodenprobe ist unter anderem das Ergebnis der vorhergehenden Witterung. Damit die Messergebnisse verschiedener Jahre miteinander vergleichbar sind, sollten sich deshalb die Verhältnisse kurz vor der Probenahme nicht zu stark unterscheiden, d.h. die Bodenproben sollten nicht während einer Trocken- oder Regenperiode entnommen werden.

In diesem Versuch bestimmten folgende Witterungsereignisse den Zeitpunkt der Probenahme:

- 1990: Juli und August sehr sonnig, bei mässiger Trockenheit; in der zweiten Augushälfte häufig geringe Niederschläge. Entnahme der Bodenproben am 6. September.
- 1991: Juli, August und September überdurchschnittlich sonnig; im Juli normale Niederschlagsmengen, im August bis Mitte September ausserordentlich trocken, erst Ende September ergiebige Niederschläge. Probenahme am 5. Oktober.
- 1992: Juli normal besonnt, wärmster August seit Messbeginn, etwas trocken. Probenahme unter optimalen Bedingungen am 18. August.
- 1993: Im Juli Niederschlagsrekorde und massive Temperaturschwankungen, August warm mit niederschlagsreichem und kühlem Ende, September bis Mitte Oktober immer kühl und nass. Probenahme am 20. Oktober.

### ***Ergebnisse und Diskussion***

#### **Mikrobielle Biomasse**

Im ersten Versuchsjahr unterscheiden sich die Messwerte der verschiedenen Verfahren nur unwesentlich (Abb. 1a). In den folgenden Jahren variiert die mikrobielle Biomasse beim konventionellen Anbauverfahren nur wenig, während sie durch die Begrünung zwischen den Reihen gefördert wird. Ist der Boden bereits während des Winters vor der Ansaat des Mai-

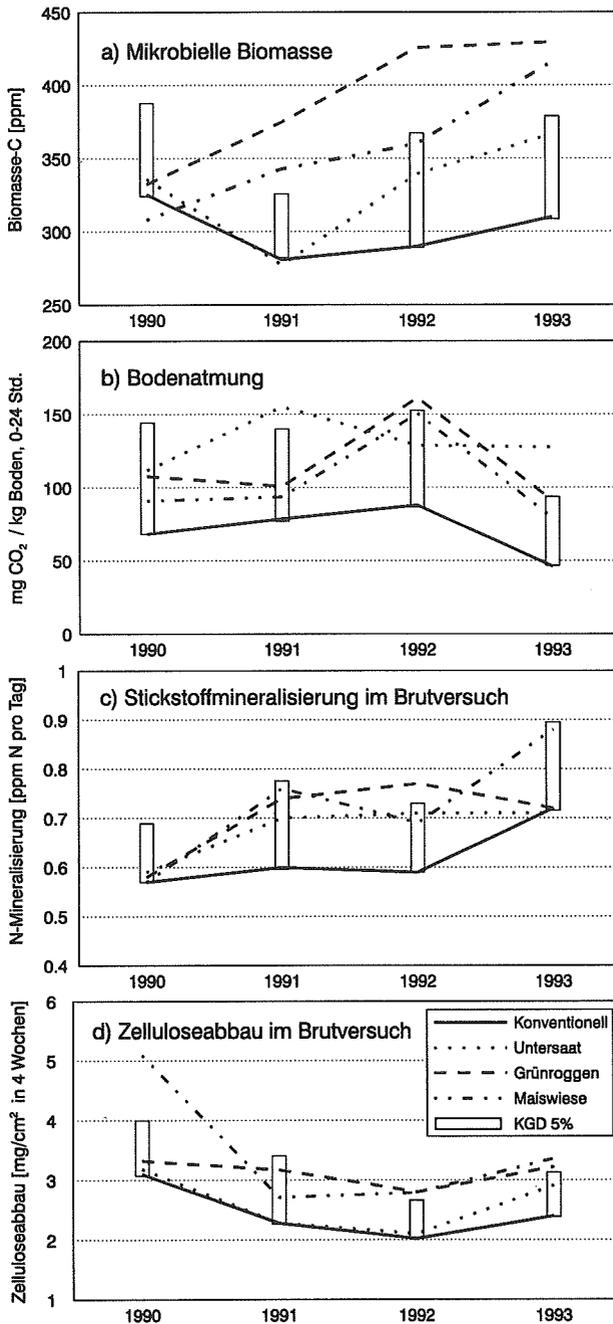


Abb. 1. Bodenmikrobiologische Kennwerte bei verschiedenen Maisanbausystemen

ses begrünt, so steigen diese Kennwerte stärker an als bei der später erfolgenden Untersaat. Grünroggen mit der grössten Grünmasse und Wurzelproduktion fördert die Vermehrung der Bodenmikroorganismen am stärksten, stärker als die etwas lückige Maiswiese. Die Begrünung liefert den Bodenmikroorganismen nicht nur Nährstoffe, sondern schützt den Boden als Mulch auch vor Verschlammung und verzögert das Austrocknen.

### **Bodenatmung**

Auch hier ergeben sich im ersten Versuchsjahr keine gesicherten Unterschiede zwischen den Verfahren (Abb. 1b). Im gesamten weist die CO<sub>2</sub>-Freisetzung zwischen den Wiederholungen eine grosse Streuung auf und zwischen den Anbausystemen ergeben sich nur wenige gesicherte Unterschiede. Beim konventionellen Anbau sind die Messwerte wiederum am niedrigsten. Nach dem trockenen Sommer 1991 und dem nassen Sommer 1993 ist die Bodenatmung bei Untersaat leicht erhöht; bei der relativ frühen Probenahme im sehr warmen Sommer 1992 sind die Werte bei Grünroggen und Maiswiese leicht höher als bei den übrigen Verfahren. Im Verlauf der Versuchsjahre zeigt sich keine eindeutige Entwicklungstendenz.

### **Stickstoffmineralisierung im Brutversuch**

Im ersten Versuchsjahr sind die Ergebnisse sämtlicher Verfahren praktisch identisch (Abb. 1c). Trotz nur mässiger Streuung ergeben sich in den folgenden Jahren mit einer Ausnahme keine gesicherten Unterschiede. Aber auch hier zeichnet sich eine Förderung der mikrobiellen Aktivität durch die Begrünung ab. Eine klare Entwicklungstendenz während der Versuchsjahre ist nicht zu erkennen.

### **Zelluloseabbau im Laborversuch**

Im ersten Versuchsjahr liegen die Ergebnisse von 3 Verfahren nahe beieinander (Abb. 1d). Der hohe Wert der Maiswiese lässt sich aufgrund aller übrigen Ergebnisse nicht erklären. Auch diese Aktivität ist beim konventionellen Anbau am niedrigsten. 1991 gibt es zwar keine gesicherten Unterschiede zwischen den Verfahren, 1992 und 1993 sind die erhöhten Ergebnisse bei Grünroggen und Maiswiese jedoch schwach gesichert. Auch der Zelluloseabbau wird durch die Begrünung gefördert, ohne dass sich jedoch im Verlauf der Jahre eine Steigerung abzeichnet.

## ***Folgerungen***

Begrünung fördert die bodenmikrobiologische Aktivität. Die mikrobielle Biomassen nimmt bei Grünroggen und Maiswiese von Jahr zu Jahr zu, bei Untersaat ist diese Entwicklung weniger deutlich. Bodenatmung, N-Mineralisierung und Zelluloseabbau im Brutversuch zeigen während der Versuchsdauer keine Zunahme. Im gesamten gesehen sind die Messunterschiede nicht sehr gross. Zu einer deutlichen Differenzierung wäre eine längere Versuchsdauer notwendig.

## MICROBIAL METABOLIC ACTIVITIES OF SOILS FROM BIO-DYNAMIC, BIO-ORGANIC AND CONVENTIONAL PRODUCTION SYSTEMS IN A SEVEN YEAR CROP ROTATION (DOC-LONGTERM-TRIAL)

Mäder P. 1,2), S. Hüscher 1), U. Niggli 1) and A. Wiemken 2)

1) Research Institute of Biological Agriculture, CH-4104 Oberwil

2) Department of Botany, University of Basel, CH-4056 Basel

In a prior study, different production systems were found to strongly affect soil microbial properties in winter-wheat plots (Mäder *et al.* 1993). The objective of the present work was to determine the effect of crop rotation on the soil microbial activities of biologically and conventionally cultivated plots. The investigation was carried out in the 'DOC'-trial, where three production systems [bio-dynamic (D2), bio-organic (O2) and conventional (C2)] were compared since 1978 in a seven year crop rotation: potatoes, first winter-wheat, beetroot, second winter-wheat, barley and two years of grass-clover meadow. The soil was a Luvisol developed on Loess under arable management. The bio-dynamic plots (D2) were fertilized with aerobically composted farmyard manure (FYM), the bio-organic plots with slightly aerobically rotted FYM and the conventional plots with anaerobically rotted stacked FYM combined with mineral fertilizer. In addition, control plots were cultivated without the use of any fertilizer (treatment N1), or were amended exclusively with mineral fertilizers (treatment M2). Conventional plant protection with pesticides was applied in the C2- and M2-plots respecting thresholds. Plant protection management in the D2-, O2- and N1-plots was according to the guide-lines of organic agriculture.

Cultures grown in 1992 were potatoes, second winter-wheat and grass-clover meadow (first year) and in 1993 first winter-wheat, grass-clover meadow first and second year. Soil samples (0-20 cm) were taken in all three crops: 1992 (fifteenth year of the DOC trial) in early spring and autumn, 1993 in spring. In 1992, soil microbial biomass was estimated by the substrate-induced respiration (SIR) and the dehydrogenase activity was measured as triphenyl tetrazolium chloride reduction. In 1993 also the basal soil respiration (BR) was measured. The quotient BR per SIR (metabolic quotient:  $qCO_2$ ) was calculated according to Anderson and Domsch (1990).

In all crops, the highest BR, SIR and dehydrogenase activity were found in the two biological production systems (D2, O2) with an increase in the following sequence: unfertilized (N1), mineral (M2), conventional (C2), bio-organic (O2) and bio-dynamic (D2). Only after ploughing the 2.5 years old grass-clover meadow, the soil microbial activities were found to be nearly equal in all systems. The metabolic quotient ( $qCO_2$ ) was lowest in the biological systems (D2 and O2) and highest in the unfertilized (N1) and the mineral system (M2). The  $qCO_2$  of the conventional system (C2) was in between. Furthermore, the  $qCO_2$  decreased from winter-wheat to first and second year of grass-clover meadow. According to Anderson and Domsch (1990) and Haider and Gröblichhoff (1991) there is evidence that a low  $qCO_2$  indicates a proportionally low mineralization and a high build up of microbial biomass from the available organic carbon in soil, favouring in the long-term an increase of soil organic matter and vice-versa at a high  $qCO_2$ . Remarkably, both the mineral system (M2) and the unfertilized system (N1) had a tendency towards a decrease of the soil organic matter over a period of fifteen years as compared with all the other systems, probably because of the lack of farmyard manuring. The  $qCO_2$  might therefore be useful for a prediction of the long-term development of soil organic matter under different agricultural production systems.

Anderson, T.-H. and Domsch, K. H., 1990. *Soil Biology and Biochemistry* 22: 251-255.

Haider, K. and Gröblichhoff, F.-F. 1991. *Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch* 68: 369-380.

Mäder, P., Pfiffner, L., Jäggi, W., Wiemken, A., Niggli, U. and Besson J.-M., 1993. *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung* 32: 509-545.



# Peuplements lombriciens dans les sols forestiers du Jorat

Gérard Cuendet, CH - 1675 Vauderens

## 1. Introduction

Les sols forestiers constituent souvent des milieux peu perturbés par les activités humaines. Les vers de terre, premiers représentants de la faune du sol, si l'on considère leur biomasse élevée, y jouent un rôle très important par la création d'une porosité permettant la circulation de l'air et de l'eau, par l'incorporation de la litière au sol et la formation d'agrégats, ainsi que par la stimulation de l'activité de la microflore.

L'intensité de ces différentes actions dépend fortement de la composition des peuplements lombriciens, à savoir de l'importance pondérale de chacun des groupes écologiques d'espèces (les anéciques, qui se nourrissent à la surface et creusent de profondes galeries subverticales et permanentes; les endogés qui se nourrissent de la matière organique disséminée dans le sol; les épigés, qui vivent dans la litière ou très proche de celle-ci).

L'étude, dont les principaux résultats sont présentés ici, a été réalisée dans le cadre d'un ensemble coordonné de recherches, financé par le Service des forêts, domaines et vignobles de la Ville de Lausanne.

## 2. Sites étudiés et méthodes

L'ensemble des forêts du Jorat couvre un large territoire et constitue une des plus grandes surfaces forestières du Plateau suisse. La Ville de Lausanne en possède la majeure partie, située au sud, s'étagant d'environ 600 m à 900 m d'altitude. La végétation y est celle des étages submontagnard et montagnard et est constituée essentiellement de différents types de hêtraie (CLOT *et al* 1993). Des épicéas y ont été plantés depuis plusieurs siècles et ont par endroits profondément modifié l'humus du sol.

Le choix des sites étudiés a été effectué suivant un plan d'échantillonnage préalable (HAUSSER & LE NÉDIC 1987), utilisé par les chercheurs de toutes les disciplines. Ainsi, un ensemble de sites représentatifs de ces forêts, à savoir 81 sites, ont été échantillonnés. Quatre sites ont été étudiés d'une façon quantitative, en prélevant les vers de terre selon deux transects parallèles et distants de 5 m, sur des points distants de 3 m et un total de 10 ou 12 points. A chaque point, le prélèvement a été effectué d'abord au moyen de formaldéhyde 0,1% sur une surface de 0,25 m<sup>2</sup>, puis par le tri manuel d'un échantillon de sol de 0,1 m<sup>2</sup> x 0,25 m pris dans la surface formolée. Les biomasses de vers de terre, déterminés et pesés plusieurs semaines plus tard, ont été corrigées selon CUENDET (1985b). Les 77 autres sites ont été échantillonnés en utilisant le formaldéhyde 0,1% sur une ou deux surfaces non délimitées par des cadres et en triant grossièrement un ou plusieurs échantillons de sols.

## 3. Diversité des vers de terre dans les forêts du Jorat

Une vingtaine d'espèces ont été observées dans les forêts du Jorat (Tabl. 1.), dont 4 avec une forte constance (une épigée, *L. rubellus*; deux anéciques, *L. friendi* et *N. nocturnus*; une endogée, *A. ictérica*).

D'une façon générale, le portrait qui se dégage des différents peuplements lombriciens étudiés dans ces sols forestiers est nettement différent de celui observé dans les sols agricoles de la région (en comparaison: 5 sites ouest-vaudois tirés de CUENDET 1979 et MATTHEY *et al* 1990, 11 sites fribourgeois du Fribo (réseau fribourgeois de surveillance des sols) et 3 sites neuchâtelois tirés de CUENDET & DUCOMMUN 1990 et MATTHEY *et al* 1990).

	Lombriciens Taxons	Poids adulte moyen en mg (1)	Présences observées					
			Forêts du Jorat			Sols agricoles		
			Ensemble des 81 sites (2)	Hêtraie climacique	Plantation d'épicéas	Vaud Ouest 5 sites (3)	Fribourg 11 sites (3)	Neuchâtel 3 sites (3)
s e u r i t é	<i>Elaeella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	42	4%					
	<i>Dendrobaena octaedra</i> (Savigny, 1826)	121	21%		X			
	<i>Dendrobaena pygmaea cognettii</i> Michaelsen, 1903	28	1%					
	<i>Dendrodrilus rubidus</i> (Savigny, 1826)	115	30%	X	X			
	<i>Satchellius mammalis</i> (Savigny, 1826)						X	
	<i>Lumbricus castaneus</i> (Savigny, 1826)	272	16%			X	X	
	<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	904	49%	X	X	X	X	X
	<i>Lumbricus meliboeus</i> Rosa, 1884	822	1%					
	<i>Lumbricus friendi</i> Cognetti, 1904	1815	60%	X	X			
u r i t é	<i>Lumbricus terrestris</i> Linné, 1758	4246	11%	X		X	X	X
	<i>Nicodrilus longus</i> (Ude, 1885)	1551	2%			X	X	X
	<i>Nicodrilus nocturnus</i> (Evans, 1946)	2093	53%	X		X	X	X
	<i>Nicodrilus giardi</i> (Ribaucourt, 1901)					X		
s e u r i t é	<i>Nicodrilus caliginosus caliginosus</i> (Savigny, 1826)	484	38%	X		X	X	X
	<i>Allolobophora chlorotica</i> (Savigny, 1826)	147	9%			X	X	X
	<i>Allolobophora icterica</i> (Savigny, 1826)	1005	51%	X		X	X	X
	<i>Allolobophora cupulifera</i> Tétry 1937	195	2%	X		X	X	X
	<i>Allolobophora rosea</i> (Savigny, 1826)	268	26%			X	X	X
	<i>Allolobophora riparia</i> Bretscher, 1901 (Zicsi, 1982)	99	11%	X				
	<i>Octolasion cyaneum</i> (Savigny, 1826)	2222	35%	X		X	X	
	<i>Octolasion tyrtaeum lacteum</i> Oerley, 1885	329	6%			X	X	
	<i>Octolasion tyrtaeum tyrtaeum</i> (Savigny, 1826)	377	2%					

Tabl. 1. Diversité des vers de terre dans les forêts du Jorat et comparaison avec les sols agricoles

- 1 dans les forêts du Jorat
- 2 quantité relative de sites où l'espèce est présente
- 3 voir explications dans le texte

Trois espèces n'apparaissent en plaine pratiquement qu'en forêt et n'ont pas réussi à s'adapter aux sols déboisés des prairies et des champs: *L. friendi*, anécique observée dans la majorité des milieux étudiés, en hêtraie comme en plantation d'épicéa, où elle se comporte en épigée; *D. octaedra* et *D. rubidus*, épigées résistantes à l'acidification du milieu sous épicéa.

Six autres semblent aussi typiques des forêts et des conditions climatiques originelles, mais ont pu s'adapter aux sols agricoles, où elles abondent parfois: *L. rubidus*, épigée pionnière et ubiquiste; *N. nocturnus*, anécique dominant suivant le peuplement par sa biomasse et 4 endogées, *N. c. caliginosus*, *A. icterica*, *A. rosea* et *O. cyaneum*. Une épigée, *L. castaneus*, favorisée par les déjections d'ongulés herbivores, et une endogée à tendance épigée, *A. chlorotica*, pourraient être associées à ce groupe; mais leur présence a été relativement peu observée.

Parmi les espèces rares en forêts du Jorat, certaines semblent, en plaine, n'être présentes qu'en forêt (*D. p. cognettii*, *L. meliboeus* et *A. riparia*); *O. t. lacteum*, espèce pionnière, indique des conditions montagnardes; *E. tetraedra*, *A. cupulifera* et *O. t. tyrtaeum* se trouvent en sols humides et peuvent être aussi observées hors forêt; enfin, deux anéciques, *L. terrestris* et *N. longus*, sont typiques des sols agricoles et apparaissent en bordure de forêt ou près de routes ou chemin.

La comparaison avec la composition des peuplements des sols agricoles (Tabl. 1) met en évidence que la déforestation et la mise en culture ou prairie de la majorité des sols du Plateau a eu pour conséquence la disparition dans ces sols de certaines espèces et l'apparition d'autres, amenées et favorisées par les pratiques agricoles. Cette influence humaine a déjà été montrée par CUENDET (1985a) en Basse Engadine.

Végétation coordonnées altitude	Type de sol	Texture	pH (H <sub>2</sub> O) horizon A	Période de prélèv.	Biomasse lombricienne totale & écart type g/m <sup>2</sup>	Abondance lombricienne totale & écart type nb/m <sup>2</sup>
Hêtraie à frêne 537 300 / 158 800 660 m	brun	L	5,7	mai 91	105 ±42	185 ±63
Hêtraie 540 900 / 159 500 810 m	brun	L	6,3	mai 92	76 ±43	136 ±67
Jeune hêtraie sur ancienne plantation d'épicéa 543 980 / 157 350 870 m	brun acide	Ls	4,5	mai 91	8 ±6	15 ±9
Plantation d'épicéa 539 720 / 156 500 700 m	brun acide	Ls	3,7	mai 93	2 ±3	4 ±9

**Tabl. 2. Sites étudiés quantitativement et valeurs observées**

L = limon; Ls = limon sableux; prélèv. = prélèvement

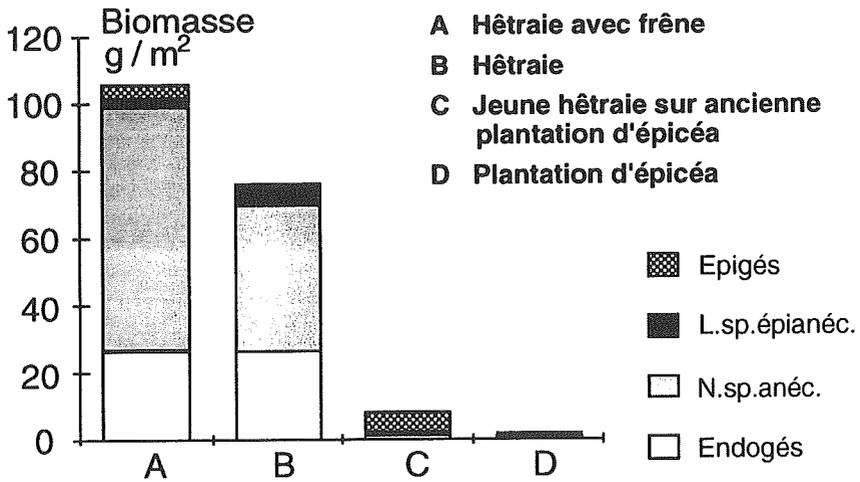


Fig. 1. Biomasses des peuplements lombriciens étudiés dans les forêts du Jorat

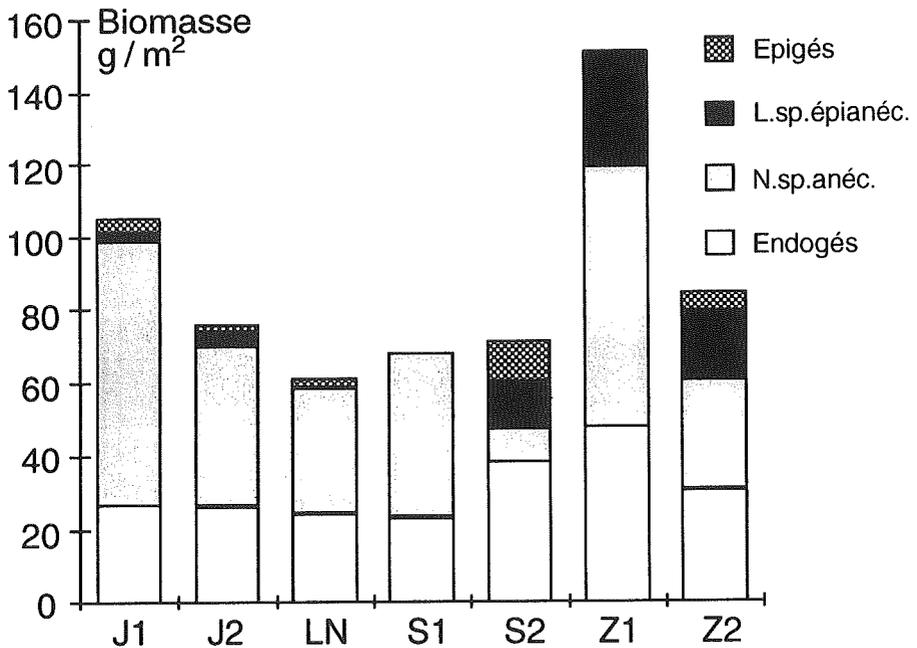


Fig. 2. Comparaison avec d'autres peuplements en forêt de feuillus

### Légende de la Fig. 2.:

J1 Jorat, hêtraie avec frêne, voir Tabl. 2.

J2 Jorat, hêtraie, voir Tabl. 2.

LN Rive sud du lac de Neuchâtel, alt. 435 m, frênaie à aulne sur gley oxydé (10 points échantillonnés fin septembre 1985, CUENDET non publié; site décrit par BUECHE en préparation)

S1 Canton de Soleure, Beinwil, alt. 640 m, hêtraie à sapin et érable sur sol brun (3 points échantillonnés, site HFJ 14 de GLASSTETTER 1991)

S2 Canton de Soleure, Beinwil, alt. 855 m, hêtraie à sapin et érable sur sol brun (3 points échantillonnés, site HFJ 22 de GLASSTETTER 1991)

Z1 Canton de Zurich, Marthalen, alt 430 m, hêtraie sur sol brun acide (12 points échantillonnés en deux périodes, CUENDET 1991)

Z2 Canton de Zurich, Benken, alt 520 m, hêtraie sur sol lessivé acide (12 points échantillonnés en deux périodes, CUENDET 1991)

### 4. Le peuplement lombricien en relation avec son milieu

Les résultats de l'étude quantitative de 4 sites (Tabl. 2 et Fig. 1) permettent d'illustrer l'influence des caractéristiques du milieu sur le peuplement lombricien.

La **qualité et la quantité de nourriture disponible** déterminent l'importance du peuplement: une litière riche en azote et en composés organiques hydrosolubles et pauvre en polyphénols (tannins) favorise les anéciques et l'ensemble du peuplement (SATCHELL & LOWE 1967). La comparaison des 4 peuplements montre bien que la biomasse est maximale où la litière est la plus favorable aux vers de terre, sous un mélange de hêtres et de frênes, alors qu'elle est très faible sous épicea, où ne subsistent que quelques épigés (*L. friendi* se comporte là en épigé) principalement sous les amas de branches mortes.

Le **climat** est dans le Jorat essentiellement lié à l'altitude et il permet d'expliquer en partie les différences observées entre les 3 peuplements sous litière de feuillus.

Les **conditions pédologiques** sont celles de sols bruns ou bruns acides sur limon ou limon sableux et ne diffèrent pratiquement que par les caractéristiques de leur humus. Sous la jeune hêtraie, celui-ci, acide et encore proche du moder, freine la recolonisation du sol par les vers de terre anéciques pourtant présents à quelques dizaines de mètres.

Pour l'instant, il n'existe en Suisse que peu d'études comparables, donnant des valeurs basées sur une méthode de prélèvement assurant une bonne estimation des biomasses. Sur la Fig. 2 cependant, une comparaison avec 5 autres peuplements lombriciens donne une idée de l'amplitude des variations observables. Bien que le facteur zoogéographique semble jouer un rôle (la faune lombricienne n'est pas exactement la même au nord du canton de Zurich que vers Lausanne), les différences paraissent pouvoir s'expliquer là encore par le facteur alimentaire, le climat et les conditions pédologiques. A noter le cas particulier du gley oxydé sous frênaie à aulne de la rive sud du lac de Neuchâtel, où le niveau très élevé de l'eau durant l'hiver et le début du printemps, maintient le peuplement lombricien à un faible niveau, bien que les conditions alimentaires et climatiques soient très bonnes. On notera aussi qu'en général sous litière de feuillus, la catégorie écologique la mieux représentée en biomasse est celle des anéciques.

## 5. Conclusion

Bien qu'encore relativement méconnus, car échappant à l'observation facile, les vers de terre sont cependant reconnus comme participant d'une façon non négligeable à la pédogénèse. Selon BOUCHÉ (1982), les quantités de matière organique et de sol passant annuellement par leur tube digestif est de l'ordre de 200, 400 et 100 fois leur propre poids, respectivement pour les vers de terre anéciques, les endogés et les épigés. Ce qui signifie pour les peuplements lombriciens en forêt de feuillus des quantités brassées annuellement de 20 à 30 kg/m<sup>2</sup>, dont seule une petite partie apparaît à la surface sous forme de turricules. Dans les sols forestiers, les peuplements de vers de terre constituent ainsi un sujet d'étude digne d'intérêt, qui en Suisse n'a pas encore été épuisé.

## Zusammenfassung

Die Resultate einer Untersuchung von 81 Regenwurm-Populationen aus dem Jorat (nördlich von Lausanne), einem der grössten noch bewaldeten Massive des Schweizerischen Mittellandes, zeigen dass die Arten-Diversität der Regenwurm-Populationen dieses Waldgebietes höher ist als diejenige landwirtschaftlich genutzter Böden. Die Regenwurm-Gesamtbiomasse eines Standortes wird durch die Qualität und Quantität der verfügbaren Nahrung (Streu) sowie durch klimatische und pedologische Faktoren bestimmt.

## Bibliographie

- BOUCHÉ, M. B., 1982. Ecosystème prairial. Un exemple d'activité animale: le rôle des lombriciens. Acta Oecologica. Oecologica generalis 1:127-154.
- BUECHE, M., en préparation. Ecologie des forêts feuillues de la rive sud du lac de Neuchâtel (Suisse). Thèse de doctorat, Uni. Neuchâtel.
- CLOT, F., KISSLING, P. & PLUMETTAZ CLOT, A. C., 1993. Petit guide botanique dans les forêts lausannoises. Les cahiers de la forêt lausannoise, 10:1-79.
- CUENDET, G. 1979. Etude du comportement alimentaire de la Mouette rieuse (*Larus ridibundus* L.) et de son influence sur les peuplements lombriciens. Thèse de doctorat. Ed. Conservation de la faune et Section Protection de la nature et des sites du canton de Vaud. 1-111.
- CUENDET, G. 1985a. Répartition des lombriciens (Oligochaeta) dans la Basse Engadine, le Parc national et le Val Müstair (Grisons, Suisse). Rev. suisse Zool. 92: 145-163.
- CUENDET, G. 1985b. Perte de poids des lombriciens durant leur conservation dans une solution de formaldéhyde et équivalents énergétiques. Rev. suisse Zool. 92: 795-801.
- CUENDET, G. 1991. Peuplements lombriciens. Rapport complémentaire. KaBo-Zürich: Etude pilote 1990. ABC-SA, 1-21.
- CUENDET, G. & DUCOMMUN, A., 1990. Peuplements lombriciens et activité de surface en relation avec les boues d'épuration et autres fumures. Rev. suisse Zool. 97:851-869.
- GLASSTETTER, M., 1991. Die Bodenfauna und ihre Beziehungen zum Nährstoffhaushalt in Geosystemen des Tafel- und Faltenjura (Nordwestschweiz). Diss. Uni. Basel. Physiogeographica 15:1-224.
- HAUSSER, J. & LE NÉDIC, C., 1987. Jorlog, plans d'échantillonnage. IZEA, Uni. Lausanne. 1-91.
- MATTHEY, W., ZETTEL, J. & BIERI, M., 1990. Invertébrés bioindicateurs de la qualité des sols agricoles. Bericht 56 des Nationalen Forschungsprogrammes "Boden", Liebefeld-Bern, 1-141.
- SATCHELL, J. E. & LOWE, D. G. , 1967. Selection of leaf litter by *Lumbricus terrestris*. In: Progress in Soil Biology (eds. O. Graff & J.E. Satchell), North Holland Publ. Co., Amsterdam, 102-119.

# Regenwurmpopulationen von Dauergrünländern des Schweizer Mittellandes: Erste Resultate der laufenden Untersuchung

## Projekt im Auftrag des Bundes (BUWAL) und der beteiligten Kantone.

Elisabeth Suter, Ruedi Stähli / ökonsult, Thunstrasse 95, 3006 Bern  
Gérard Cuendet / 1675 Vauderens

### 1. Einleitung

Die Bedeutung der Regenwürmer (*Lumbricidae*, *Oligochaeta*) für die Bodenfruchtbarkeit ist heute unbestritten (vgl. z. B. BIERI und CUENDET 1989): Regenwürmer regen bodenbildende Prozesse an und tragen wesentlich zur Verbesserung der physikalisch-chemischen Eigenschaften eines Bodens bei. Das Ausmass der Verbesserung der Bodeneigenschaften hängt nicht nur von der vorhandenen Regenwurm-Gesamtbioasse eines Standortes, sondern auch von der Arten-Zusammensetzung der Regenwurm-Population ab.

Die anthropogenen Einflüsse auf Regenwurm-Populationen sind gross: Land- und forstwirtschaftliche Praktiken wirken vielerorts der Artenvielfalt von Regenwurm-Populationen entgegen, durch den Transport von landwirtschaftlichen Produkten und Erdreich trägt der Mensch jedoch auch zur Verbreitung von Regenwurm-Arten in Areale bei, welche seit dem Rückgang der Gletscher natürlicherweise noch nicht besiedelt worden sind.

Bisher fehlen umfassende Kenntnisse über Zoogeographie und Ökologie der Lumbriciden der Schweiz. Soll sich die Charakterisierung von Böden anhand von Lumbriciden - wie dies in der "Wegleitung zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit" (BUWAL, FAC 1991) ange-regt wird - im Vollzug des Bodenschutzes etablieren, müssen zunächst gültige Vergleichswerte aus möglichst ungestörten Böden zur Verfügung stehen.

Durch eine systematische, methodisch einheitliche Untersuchung, welche gegenwärtig auf Dauergrünland-Böden des Mittellandes (bis 1000 m ü. M.) durchgeführt wird, sollen die lückenhaften Kenntnisse über Autökologie und Verbreitung der in der Schweiz vorkom-menden Lumbriciden-Arten ergänzt oder überhaupt erarbeitet werden. Die Ergebnisse der Untersuchung sollen den kantonalen Bodenschutzfachstellen und anderen im Vollzug des Bodenschutzes tätigen Personen als praxistaugliche Interpretationsgrundlage zur Beurteilung von Regenwurm-Fängen dienen.

### 2. Wahl und begleitende Beschreibung der Untersuchungsstandorte

Die Untersuchungsstandorte werden, sofern von den kantonalen Bodenschutzfachstellen nicht andere geeignete Standorte vorgegeben werden, nach folgenden Kriterien gewählt:

- Die Untersuchungsstandorte, mindestens 10-jährige Dauergrünländer, sollen - bei einer Dichte von 1 Standort pro 100 km<sup>2</sup> - aus zoogeographischen Gründen möglichst regel-mässig über die gesamte Untersuchungsfläche verteilt werden. Dabei werden die ver-schiedenen Bodentypen eines Kantons etwa entsprechend ihres Flächenanteils an der Kantonsfläche berücksichtigt.

Zur ökologischen Interpretation der Regenwurmfänge werden - abgesehen von der Vorgesichte und Bewirtschaftung - die folgenden Standortparameter erhoben:

- Höhe, Neigung, Exposition
- Beschreibung des aktuellen Zustandes des Standortes (Ausprägung des Dauergrünlandes, Indikatorpflanzenarten, Bewirtschaftungsspuren, Tierspuren, Regenwurmkot etc.)
- Mittels Spatenprobe und Holländerbohrer werden folgende Parameter erhoben: Bodentyp, Bodenart (Fühlprobe), pedologische Horizonte und Strukturmerkmale
- pH ( $\text{CaCl}_2$ ) und Carbonat werden auf allen Tiefenstufen bestimmt. Zudem werden im Labor anhand von Mischproben aus den obersten 20 cm die folgenden Werte gemessen:  $N_{\text{tot}}$ ,  $C_{\text{tot}}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $C_{\text{org}}$  und C/N.

### 3. Fang- und Auswertungsmethodik für Regenwürmer

Bezüglich Wirkungsgrad und ökologischer Aussagekraft hat sich zum Fang der Regenwürmer eine Kombination der Formalin-Austreibung (0,1%-Formalinlösung während 50 Min.) mit anschließender Handauslese als optimal erwiesen (CUENDET et al. 1991): Im Frühjahr (April, Mai) oder im Herbst (Oktober, November) werden pro Standort sechs durch Rahmen begrenzte Flächen von je 0,25 m<sup>2</sup> mit Formalin beprobt und anschliessend ein Bodenvolumen (31 x 31 cm Oberfläche, 20 - 25 cm tief) aus dem Zentrum der Austreiblefläche von Hand nach Regenwürmern durchsucht.

Die Regenwürmer werden in 4%-igem Formalin fixiert. Bei der Bestimmung werden sie gezählt und gewogen. Infolge des durch die Entwässerung in Formalin bedingten Gewichtsverlusts, mussten die gewogenen Biomassen auf das ursprüngliche Lebendgewicht zurückgerechnet werden (CUENDET 1985a).

Bei der Auswertung werden juvenile (= immature) und adulte Tiere unterschieden; als Unterscheidungskriterium galt das Vorhandensein resp. Fehlen der Pubercula. Für gewisse Auswertungen werden die Populationen in vier ökomorphologische Gruppen nach BOUCHÉ (1972) eingeteilt: Epigäische Formen, anözische (=tiefgrabende) Formen der Gattung *Nicodrilus*, anözische Formen der Gattung *Lumbricus* und endogäische Formen.

### 4. Stand des Projektes

Zwischen Herbst 1991 und 1993 wurden 60 Standorte (AG: 15, BE: 24, FR: 11, SO: 4, SG: 6) beprobt, für 1994 ist vorläufig die Beprobung weiterer 14 Standorte (SO: 3, NE 3 (+1), GE: 4, AI 2 (3), AR: 3) vorgesehen. Die anderen eingeladenen Kantone unterstützen das Projekt bisher nicht (BL, SH, TG, ZG), oder die Unterstützung ist bisher noch nicht gesichert (LU, VD, ZH); in den Kantonen BL und ZH sind zudem bereits Ergebnisse von Regenwurmbeprobungen vorhanden, die teilweise in die laufende Untersuchung integriert werden können. In der vorliegenden Arbeit werden Ergebnisse von 55 bereits ausgewerteten Standorten dargestellt. Der Synthesebericht (BUWAL) über alle Standorte ist erst für 1995 vorgesehen.

## 5. Erste Resultate

### 5.1 Die typische Lumbriciden-Population des Schweizer Mittellandes

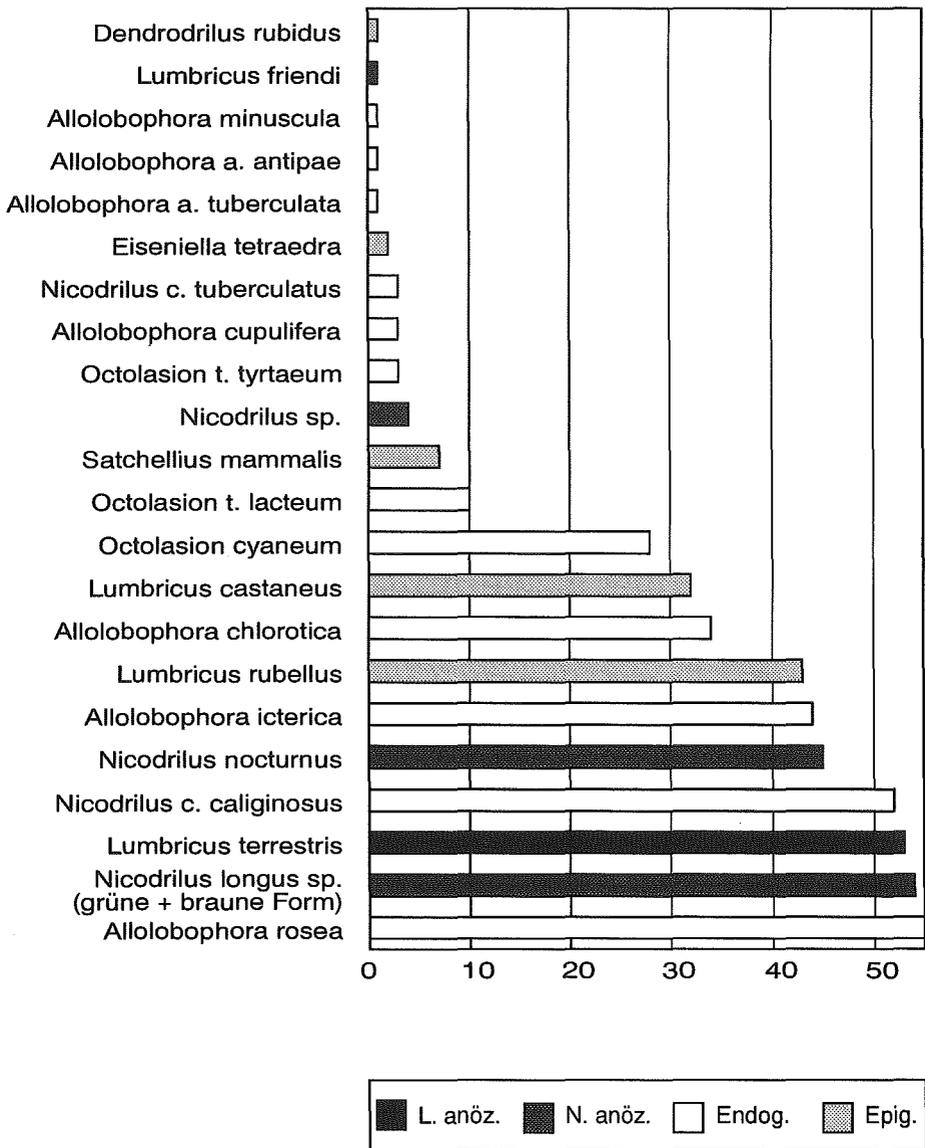
Im Durchschnitt weisen die 55 Regenwurm-Populationen mit  $327 \pm 117 \text{ g/m}^2$  (Frischgewicht) eine sehr hohe Biomasse auf; die tiefste beobachtete Biomasse beträgt  $82 \pm 62 \text{ g/m}^2$ , die höchste  $732 \pm 237 \text{ g/m}^2$ . Aus diesen Werten kann ein Normalbereich für die Gesamtbiomasse von Regenwurmpopulationen von Dauergrünländern des Schweizer Mittellandes von 200 - 450  $\text{g/m}^2$  angegeben werden (vgl. Tab. 1).

**Tab. 1:** Durchschnittliche Regenwurmbiomasse an 55 Dauergrünlandstandorten des Schweizer Mittellandes ( $\pm s$ ) sowie durchschnittliche Biomasseanteile der ökomorphologischen Gruppen an der Gesamtpopulation.

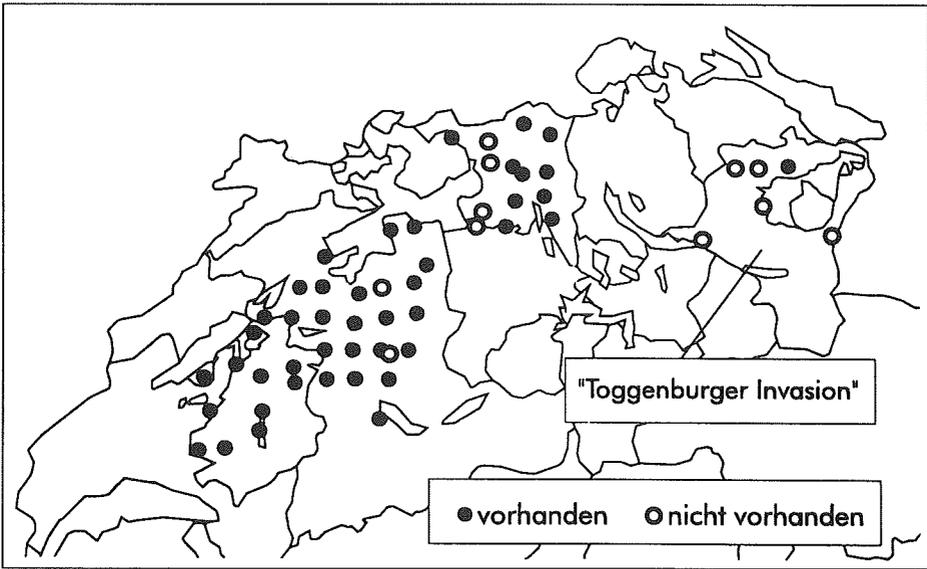
Gesamtpopulation:	327 $\pm$ 116g/m <sup>2</sup>	
Anözische <i>Lumbricus</i> -Arten:	99 $\pm$ 56g/m <sup>2</sup>	ca. 30 %
Anözische <i>Nicodrilus</i> -Arten:	148 $\pm$ 96g/m <sup>2</sup>	ca. 45 %
Endogäische Arten:	73 $\pm$ 41g/m <sup>2</sup>	ca. 23 %
Epigäische Arten:	6 $\pm$ 6g/m <sup>2</sup>	ca. 2 %

Typisch für Dauergrünländer dieser Höhenstufe sind die prozentualen Gewichtsanteile der ökomorphologischen Gruppen an der Gesamtpopulation (vgl. Tab 1):

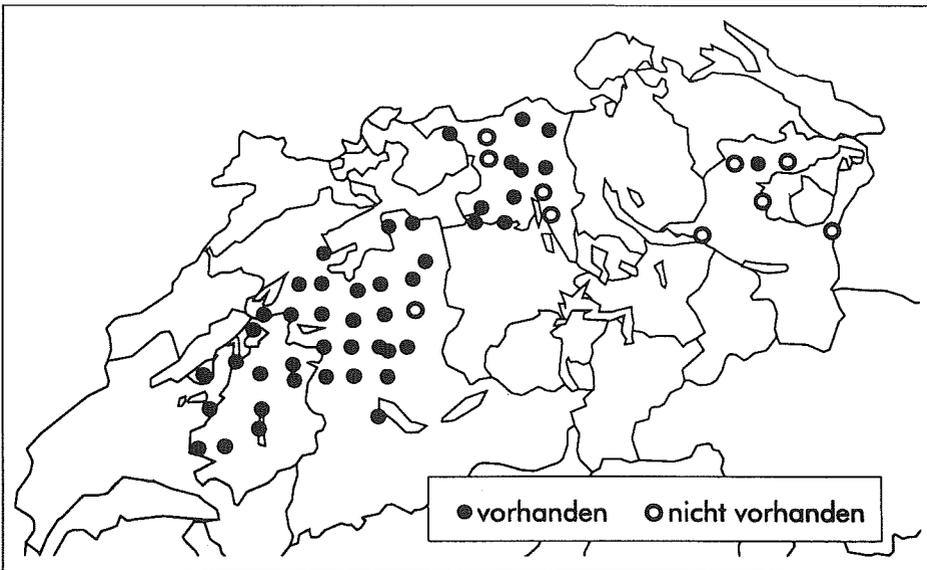
- Die grossen anözischen Arten tragen mit ca. 75 % am meisten zur Gesamtbiomasse der Population bei: Die grösste der häufigen Arten ist *L. terrestris* (durchschnittliches Frischgewicht der Adulttiere von 3,8 g). Diese Art ist in allen tiefen, genügend durchlüfteten Böden mit einem durchschnittlichen Biomasseanteil von 30 % vorhanden. Zwei Vertreter der anözischen *Nicodrilus*-Arten machen einen durchschnittlichen Gesamtbiomasseanteil von 45 % aus. Mit einer Konstanz von 98 % ist *N. longus* (die braun-schwarze und/oder die grüne Form und/oder Hybride) an den Standorten vorhanden, in 80% der Fälle auch *N. nocturnus* (vgl. Abb. 1)
- Hauptsächlich fünf endogäische Arten bilden ca. 23 % der Biomasse der Gesamtpopulation (vgl. Abb. 1 und Tab. 1): Immer vorhanden ist die ubiquistische Art *A. rosea*, fast immer präsent ist auch *N. caliginosus* ssp. und mit einer Konstanz von 80 % kommt *A. icterica* an den untersuchten Standorten vor (welche mit einem Frischgewicht der Adulttiere von 700 - 1300 mg unter den endogäischen den grössten Biomasse-Beitrag leistet). In etwa der Hälfte der untersuchten Dauergrünländer wurden zudem die beiden Arten *A. chlorotica* (60 %) und *O. cyaneum* (50 %) gefunden.
- Die epigäischen Arten tragen mit ca. 2 % nur geringfügig zur Gesamtbiomasse einer Population bei.



**Abb. 1:** Präsenz der an 55 Dauergrünlandstandorten des Schweizer Mittellandes gefundenen Taxa. Das Taxon *Nicodrilus longus* ssp. wurde zusammengefasst. Im Taxon *Nicodrilus sp.* sind grosse anözische *Nicodrilus* Individuen zusammengefasst, welche keiner der von BOUCHÉ (1972) beschriebenen taxonomischen Einheit zugeordnet werden können.



**Abb. 2:** Verbreitung der Art *Nicodrilus nocturnus* (55 Dauergrünlandstandorte)



**Abb. 3:** Verbreitung der Art *Allolobophora icterica* (55 Dauergrünlandstandorte)

## 5.2 Verbreitung der gefundenen Taxa

Insgesamt wurden 22 Lumbriciden-Taxa gefunden, 10 davon kommen an über der Hälfte der untersuchten Standorte vor und sind für Grünländer des untersuchten Raumes charakteristisch (vgl. Abb. 1).

12 Taxa sind mit einer Konstanz von 2 - 18 % deutlich weniger häufig präsent (vgl. Abb. 1). Die Präsenz resp. Absenz einzelner Taxa lässt sich auf verschiedene Ursachen zurückführen:

- Drei Taxa (*E. tetaedra*, *A. cupulifera* und *O. t. tyrtaeum*) sind ausgesprochen feuchteliebend und wurden in hydromorphen Böden resp. in einer sauren Braunerde, welche infolge eines Hangwasserstroms dauerfeucht ist, gefunden.
- Vier Taxa (*A. satchelli*, *A. a. antipae*, *A. a. tuberculata* und *A. minuscula*) wurden nur im Nordwesten des Kts. Aargau in Böden gefunden, welche zur letzten Eiszeit nicht vergletschert waren.
- Der einmalige Fund von *D. rubidus*, einer Waldart, die sich auch in Kompost gut entwickelt, kann auf Verschleppung im Kompost zurückgeführt werden
- Nur in Bleiken BE, einem Standort, der aufgrund seiner geographischen Lage den randständigen, extensiv bewirtschafteten Gebieten des Mittellandes zugerechnet werden kann, wurde neben *L. terrestris* die grosse anözische Art *L. friendi* gefunden. Es scheint, dass *L. friendi*, welcher in Waldböden der Westschweiz häufig vorkommt (CUENDET 1994), die landwirtschaftlichen Einflüsse schlechter erträgt als *L. terrestris*.

Die Ergebnisse der laufenden Untersuchung zeigen auch, dass nicht alle Regenwurmarten über das Mittelland flächendeckend verbreitet sind:

- *A. t. tuberculatus* wurde nur an drei St. Galler Standorten gefunden. Aus anderen Regenwurmuntersuchungen (CUENDET 1985b und 1991) sind zudem auch Fundorte im Unterengadin, Münstertal und im Norden des Kts. Zürich bekannt.
- *N. nocturnus*, eine grosse anözische Art, die oft auch Lumbriciden-Populationen des Waldes dominiert (CUENDET 1994), ist im westlichen Mittelland (Kt. Freiburg und westlicher Kt. Bern) in Dauergrünländern kontinuierlich, im östlichsten Mittelland hingegen nur disjunkt präsent (vgl. Abb. 2). Ein solches Verbreitungsmuster deutet darauf hin, dass diese Art in die Dauergrünländer des östlichsten Mittellandes durch den Menschen eingeschleppt worden ist.
- Ein vergleichbares Verbreitungsmuster zeigt die mittelgrosse endogäische Art *A. icterica*, welche in landwirtschaftlich genutzten Böden in beträchtlichen Mengen vorkommen kann (vgl. Abb. 3).

## 6. Diskussion

Die Regenwurm-Biomassen, welche in Dauergrünländern gefunden wurden, sind - verglichen mit Waldwerten derselben Höhenstufe (CUENDET 1994: maximal ca. 150 g/m<sup>2</sup>) - sehr hoch.

Obwohl in waldfreien Böden weniger konstante Bedingungen herrschen als in Waldböden (grössere Trockenheit im Sommer, stärkere Temperaturschwankungen), stellt das Dauer-

grünland für Regenwürmer, verglichen mit dem Wald, ein vorteilhafteres Milieu dar, da dort ein genügend hohes Angebot an leicht assimilierbarer Nahrung (hoher Gehalt an wasserlöslichen Kohlehydraten und Stickstoff sowie tiefer Polyphenol-Gehalt) vorhanden ist. Diese Bedingungen begünstigen vor allem anözische Arten, während sie sich auf epigäische Arten nachteilig auswirken (BOUCHÉ 1972). Entsprechend findet man insbesondere auf organisch gedüngten Dauergrünländern eine geringere Diversität der epigäischen Arten, hingegen eine höhere Lumbriciden-Gesamtbiomasse als im Wald.

Bearbeitete Böden stellen - verglichen mit Dauergrünländern - für Regenwürmer das schlechtere Milieu dar (EDWARDS 1983): Durch die mechanische Bodenbearbeitung und durch den Einsatz gewisser Pflanzenschutzmittel wird ein Teil der Regenwürmer zerstört. Zudem steht den Regenwürmern auf Ackerböden im allgemeinen weniger oder einseitigere Nahrung zur Verfügung als auf Dauergrünländern.

## 7. Zusammenfassung / Résumé

Aus den ersten Resultaten einer systematischen, methodisch einheitlichen Untersuchung der Regenwurmpopulationen von 55 Dauergrünland-Böden des Schweizer Mittellandes kann für die Gesamtbiomasse der Regenwurmpopulationen ein Normalbereich von 200 - 450 g/m<sup>2</sup> angegeben werden. Die grossen anözischen Arten tragen mit durchschnittlich ca. 75 % am meisten zur Gesamtbiomasse einer Population bei. Endogäische Arten bilden durchschnittlich ca. 23 %, epigäische ca. 2 % der Biomasse der Gesamtpopulation.

Insgesamt wurden 22 Taxa gefunden, 10 davon an über der Hälfte der Standorte. Einige Arten sind nicht über das ganze Mittelland verbreitet.

Une étude des peuplements lombriciens des prairies permanentes du Plateau suisse a été entreprise d'une façon systématique. Les premiers résultats, concernant 55 sites, permettent pour ce type de peuplement lombricien de donner comme valeur normale de la biomasse totale une quantité située entre 200 et 450 g/m<sup>2</sup>. Cette biomasse est constituée en grande partie, environ 75 %, par les grandes espèces anéciques. Le reste se partage entre environ 23 % d'espèces endogées et 2% d'épigées.

Le nombre de taxons observés pour l'instant s'élève à 22, dont 10 sont présents sur plus de 50 % des sites. Des différences zoogéographiques existent entre l'est et l'ouest du Plateau.

## 8. Literatur

- BIERI, M. B.; CUENDET, G., 1989: Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen. Schweiz. Landw. Fo. 28: 81-96.
- BOUCHÉ, M. B., 1972: Lombriciens de France, écologie et systématique. Annales de Zoologie-Ecologie animale INRA Publ. 72-2: 1-671.
- BUWAL, FAC 1991: Wegleitung zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit (Stand 1. September 1991). 49: 1-89
- CUENDET, G., 1985a: Perte de poids des lombriciens durant leur conservation dans une solution de formaldéhyde et équivalents énergétiques. Rev. suisse Zool. 92: 795-801.
- CUENDET, G., 1985b: Répartition des Lombriciens (Oligochaeta) dans la Basse Engadine, le Parc National et le Val Müstair (Grisons, Suisse). Rev. suisse Zool. 92: 145-163.
- CUENDET, G., 1994: Peulements lombriciens dans les sols forestiers du Jorat. Bulletin BGS 18.
- CUENDET, G.; BIERI, M. VETTER, F., 1991: Elektrische Regenwurmextraktionsmethode / Méthode électrique de prélèvement des lombriciens. Schriftenreihe Umwelt Nr. 154, BUWAL / Cahier de l'environnement no 154, OFEFP, 1-33.
- EDWARDS, C. A., 1983: Earthworm ecology in cultivated soils. In: Earthworm Ecology. (J. E. Satchell Ed.) Chapman & Hall, London: 123-137.

## Beschreibung der Kotdeposition von *Aporrectodea nocturna* im Feld und im Labor

---

Kohli, L., Daniel, O., Schuler, B., Zeyer J.

ETH Zürich, ITÖ, Fachbereich Bodenbiologie, Grabenstr. 3, 8952 Schlieren.

An mehreren Stellen im Toggenburg erschweren grosse Mengen von oberirdisch deponiertem Regenwurmkot die Bewirtschaftung von Dauerwiesen. Die Regenwurmart *Aporrectodea nocturna* (Evans 1946) wurde als die für die hohe Kotdeposition verantwortliche Art identifiziert (Jäggi et al. 1993). Diese Art kommt sonst in der Ostschweiz nicht vor (Suter, BGS-Tagung, März 1994), und es wird vermutet, dass sie in Wurzelballen von Pflanzen aus dem Mittelland eingeschleppt wurde. In der Literatur ist *A. nocturna* auch als *Allolobophora nocturna* oder *Nicodrilus nocturnus* bekannt.

In der vorliegenden Arbeit wurde in Bendel (Koordinate 730 700 / 236 050) im oberen Toggenburg die räumliche Verteilung von Regenwurmkot und Regenwürmern sowie ihre Auswirkung auf die Vegetation untersucht. Die Abhängigkeit der Kotdeposition von *A. nocturna* von verschiedenen biotischen und abiotischen Faktoren wurde im Labor in Mikrokosmen untersucht. Anschliessend wurde versucht, mit einem empirischen Modell, welches das Körpergewicht, die Bodentemperatur und das Wasserpotential des Bodens berücksichtigt, die Kotdeposition im Feld vorherzusagen.

Im Herbst 1992 wurden die Kotdeposition der Regenwürmer und die Regenwurmgemeinschaft untersucht. Die Untersuchungsfläche war von einer Hecke begrenzt, und es wird vermutet, dass *A. nocturna* vor dreissig Jahren dort eingeschleppt worden war.

Die Kotdeposition erreichte im Abstand von 100 - 120 m von der Hecke das Maximum von 2.4 kg m<sup>-2</sup> und Woche, nahm von 120 - 160 m kontinuierlich ab, und in grösserer Entfernung wurden konstante Werte um 0.15 kg m<sup>-2</sup> und Woche gemessen.

Auf dem Gradienten konnte ebenfalls eine Reduktion der Abundanz und der Biomasse der Regenwürmer festgestellt werden. Die Anzahl Regenwürmer nahm von 412 m<sup>-2</sup> zu 252 m<sup>-2</sup> und die Biomasse der Regenwürmer von 272 g m<sup>-2</sup> zu 200 g m<sup>-2</sup> ab. Diese Abnahmen waren hauptsächlich durch die Abnahme der Anzahl *A. nocturna* von 164 zu 16 Individuen m<sup>-2</sup> bedingt. Von den 8 gefundenen Regenwurmartarten (*Allolobophora chlorotica*, *Al. rosea*, *A. caliginosa*, *A. nocturna*, *Eiseniella tetraedra*, *Lumbricus castaneus*, *L. terrestris*, *Octolasion* sp.) waren die juvenilen *A. nocturna* mengenmässig (22% der Gesamtzahl) und die adulten *L. terrestris* gewichtsmässig (46% der Biomasse) dominant.

Bei der Vegetation der Versuchsfläche handelte es sich um eine für diese Höhenstufe typische Goldhaferwiese (Trisetion). Die hohe Kotproduktion begünstigte Pflanzen mit Ausläufern (z. B. kriechendes Straussgras, kriechender Günsel, gewöhnliche Brunelle, Weissklee; *Agrostis stolonifera*, *Ajuga reptans*, *Prunella vulgaris*, *Trifolium repens*) und Horstgräser (z. B. wohlriechendes Geruchgras, wolliges Honiggras; *Anthoxanthum odoratum*, *Holcus lanatus*) gegenüber Rosettenpflanzen (z. B. Gänseblümchen, Spitzwegerich, Löwenzahn; *Bellis perennis*, *Plantago lanceolata*, *Taraxacum officinale*).

Laborexperimente in Mikrokosmen zeigten, dass die spezifische Kotdeposition vom Körpergewicht abhing. Während ein 0.40 g schwerer Regenwurm (Trockengewicht) pro Woche 10 g Kot pro g Wurm oberflächlich deponierte, waren es bei einem 0.05 g schweren Wurm bis über 40 g Kot pro g Wurm. Es konnte gezeigt werden, dass es sich im Toggenburg nicht um eine besonders aktive Subspezies handelt, da Individuen von zwei anderen Standorten im Boden der Versuchsfläche ähnlich hohe Kotmengen

deponierten wie die Individuen aus der Versuchsfläche. Es konnte ebenfalls gezeigt werden, dass der Boden der Versuchsfläche für die hohe Kotdeposition nicht ausschlaggebend war, da *A. nocturna* der Versuchsfläche in anderen Böden sogar noch grössere Kotmengen oberflächlich deponierten. Unterschiedliche Nahrungsressourcen wie durch Glucose induzierte, mikrobielle Biomassen oder zugefügte Wurzeln (0 - 1.4 g pro Wurm) hatten keinen Einfluss auf die Kotdeposition. Hingegen konnte wie erwartet eine starke Abhängigkeit der Kotdeposition von Temperatur und Wasserpotential festgestellt werden. Im Temperaturbereich von 5 - 20 °C und im Wasserpotentialbereich von -0.04 - 0 MPa lagen die Maxima der Kotdeposition bei 15.6 °C, respektive bei Wassersättigung.

Die Kotdeposition wurde mit nicht-linearen Funktionen in Abhängigkeit vom Körpergewicht, der Temperatur und des Wasserpotentials modelliert. Eine allgemeine Funktion der Kotdeposition in Abhängigkeit vom Körpergewicht und den beiden abiotischen Faktoren wurde berechnet. Die wöchentlich erhobenen Temperaturen und Wassergehalte im Boden der Versuchsfläche ermöglichten es, für jeden *A. nocturna* die theoretische Kotdeposition zu berechnen. Mit diesen Berechnungen waren die juvenilen *A. nocturna* zu 89 % und die adulten *A. nocturna* zu 11 % für den oberflächlich deponierten Kot verantwortlich. Die Übereinstimmung mit den tatsächlichen gemessenen Kotdepositionen war gut.

## Verdankungen

Herzlich danken wir Herrn Hirschi, der diese Arbeit angeregt hat, und dem Kanton St. Gallen, der einen Teil der Finanzierung übernommen hat, sowie Herrn Amacker, auf dessen Land wir unsere Untersuchung durchführen konnten.

## Literatur

Jäggi, W., Cuendet, G. & Högger, Ch. (1993). Eine Regenwurmart erschwert die Berglandwirtschaft von Wiesen im Toggenburg. *Landwirtschaft Schweiz* **3**, 169-176.

Beispiel für den Einsatz bodenbiologischer Methoden im Bodenschutz:

## DIE BEWIRTSCHAFTUNGSPRAXIS ANHAND DER REGENWÜRMER SICHTBAR MACHEN

Claudia Maurer-Troxler, Bodenschutzfachstelle des Kantons Bern

Um die Auswirkungen verschiedener Bewirtschaftungspraktiken auf den Bodenzustand zu zeigen und bodenschonende Verfahren praxistauglich zu entwickeln, wurden Versuche im Maisanbau durchgeführt. Dabei sind neben agronomischen, physikalischen und chemischen auch biologische Parameter erhoben worden.

Im Hinblick auf eine praxisbezogene Beratung ist es wichtig, wissenschaftliche Resultate verständlich darzustellen. Anhand der Regenwürmer lassen sich Einflüsse der Bewirtschaftung auf den Boden **als Ganzes** demonstrieren. Gut sichtbare Organismen wie die Regenwürmer können den Bewirtschafter für den Boden sensibilisieren - dies ist ein Schritt zur langfristigen Erhaltung fruchtbarer und strukturstabiler Böden.

### Feldbestellung

#### Konventioneller Maisanbau

ganzflächig mit dem Pflug	<b>Bodenbearbeitung</b> <b>Arbeitsgänge</b> <b>Bodenoberfläche</b> <b>Pflegemassnahmen</b> <b>Folgekultur</b>
3	
längere Zeit unbedeckt	
Flächenspritzung bzw. Bandspritzung und Hacken	
Aussaart in nassem Herbst oft problematisch	

#### Maiswiese

30 cm breite Streifen mit der Streifenfräse	<b>Bodenbearbeitung</b> <b>Arbeitsgänge</b> <b>Bodenoberfläche</b> <b>Pflegemassnahmen</b> <b>Folgekultur</b>
1	
permanent bedeckt	
Flächenspritzung bzw. Bandspritzung und Mulchen	
Wiederbegrünung nach der Maisernte ohne Neuansaat	

### FAZIT:

Abiotische und biologische Faktoren stehen in engen Wechselwirkungen zueinander. Die Regenwürmer sind wichtig für die Bildung von strukturiertem Boden, für die Stabilisierung und Drainierung des Bodens sowie für den Ab- und Umbau organischer Substanz. Das Vorkommen der Regenwürmer wiederum ist abhängig von den physikalischen (Bodenstruktur, Bodenbearbeitung) und chemischen Begebenheiten (Nährstoffhaushalt, Herbizide).

Dank dieser engen Vernetzung ist es möglich, anhand der Regenwürmer den Einfluss einer Bewirtschaftungspraxis sicht- und erklärbar zu machen.

## Auswirkungen auf den Bodenzustand

### Konventioneller Maisanbau

Flächenspritzung: 76 Ind./m <sup>2</sup> , 15 g/m <sup>2</sup> , 4 Arten Bandspritzung/Hacken: 142 Ind./m <sup>2</sup> , 16 g/m <sup>2</sup> , 4 Arten
↓
biologisch "ein"fältigere Regenwurmpopulation mit geringerer Aktivität und geringerem Stoffumsatz
wenig Tiefgräber; geringes Infiltrationsvermögen
↓
wenig wasser- und luftführende Röhren in die Tiefe führen bei grossen Niederschlagsmengen zu Oberflächenabfluss und Erosion;
ein feines Saatbett führt zu einer grossen Verschlammungs- und Verdichtungsgefahr: die mechanische Tragfähigkeit ist stark eingeschränkt
hohe Nmin-Gehalte besonders nach der Ernte
↓
von den Pflanzen nicht aufgenommenes Nitrat belastet das Grundwasser
100%

#### Regenwurmpopulation:

**Individuenzahl,  
Biomasse, Artenzahl**

**Bodenstruktur:**

**tiefgrabende Arten,  
Infiltrationsvermögen,  
Oberflächenabfluss  
(runoff) und Erosion**

**Saatbett, mechanische  
Tragfähigkeit und  
Verdichtung**

**Nährstoffe:  
Nmin-Gehalte**

**Ertrag:**

### Maiswiese

Flächenspritzung: 267 Ind./m <sup>2</sup> , 24 g/m <sup>2</sup> , 6 Arten Bandspritzung/Mulchen: 338 Ind./m <sup>2</sup> , 88 g/m <sup>2</sup> , 6 Arten
↓
biologisch vielfältigere Regenwurmpopulation mit hoher Aktivität und hohem Stoffumsatz
viele Tiefgräber; sehr hohes Infiltrationsvermögen
↓
gute Drainage, gute Durchlüftung und erschlossener Wurzelraum durch zahlreiche Röhren, auch grosse Wassermengen können abfliessen, die Gefahr für Oberflächenabfluss und Erosion ist geringer; durch die Grasnarbe zwischen den Maisreihen entsteht eine intensive Durchwurzelung. Dies bedeutet geringe Abschlämmungs- und Verdichtungsrisiken: der Boden ist strukturstabil und tragfähig
niedrige Nmin-Gehalte besonders nach der Ernte
↓
Nitrat wird von den Pflanzen und Bodenorganismen aufgenommen, die Auswaschungsgefahr ist gering
85-100%, je nach Art und Regulierung des Zwischenreihenbewuchses

# Waldschadeninventur 1993

## Bodenkundliche Erhebungen

P. Lüscher, A. Rigling, L. Walthert S. Zimmermann (Sektionen Standort/WSI und Dauerbeobachtung)  
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL/FNP, CH- 8903 Birmensdorf

### Ziele der Bodeninventur

- Gibt es Zusammenhänge zwischen den neuartigen Waldschäden und den Bodeneigenschaften?  
(Auswertung erst ab 1995 möglich)
- Vergleich der bodenchemischen Parameter der Schweizerböden mit Vergleichswerten anderer Länder  
(folgt nach 1995)
- Boden- und standortkundliche Dokumentation der 172 Standorte
- Erfassen der Zusammenhänge zwischen standortkundlichen Kennwerten und bodenchemischen Parametern  
(folgt nach 1995)

### Vorgehen

- Aufnahmen auf dem 8 x 8-km-Netz (WSI- Raster)
- Analyse der Bodenbildungsfaktoren
- Profilsprache nach Horizonten
- siehe Aufnahmeprotokoll (auf Tisch) / Profilmerkmale (Tab. A)
- Probenentnahme nach Horizonten und fixen Tiefen  
(nach UN/ECE- Norm)
- Probenaufbereitung und Archivierung
- Bodenkundliche und standortkundliche Untersuchungen
- Mineralogische Untersuchung der Gesteine (ab 1994)
- Chemische Analysen der Feinerde (ab 1995)
- siehe bodenchemische Analysen (Tab. B)
- Auswertungen gemäss Zielen WSI



### Darstellung der Resultate

Die Ergebnisse werden in zwei Blöcken, einem bodenkundlichen und einem standortkundlichen, dargestellt.

**Tab. A: Beschreibung der erhobenen Profilvermerkmale**

<b>Merkmal</b>	<b>Beschreibung, bzw. Erhebung</b>
Horizontierung	Unterteilung der Profilwand in makromorphologisch unterscheidbare Horizonte (Unterscheidungskriterien: Farbe, Gefüge, Gehalt an org. Substanz, Körnigkeit, Dichte, pH-Wert, ...)
Horizontmächtigkeit	Messung in cm
Skelettgehalt	Schätzung in % <sub>v</sub>
Bodenart	Schätzung von Sand-, Schluff- und Tonanteil aufgrund von Körnigkeit, Bindigkeit und Formbarkeit der Feinerde
Aggregatstruktur	qualitative Beschreibung
Poren / Hohlräume	semiquantitative Schätzung von Porengrösse und -volumen
Dichte	Schätzung aufgrund des Eindringwiderstandes eines Messers
Vernässung	quali- und quantitative Beschreibung von Vernässungsmerkmalen (Reduktions-/Oxidationsspuren, Mangankonkretionen, ...)
Humusgehalt	Schätzung in % aufgrund der Horizontfarbe
Bodenorganismen	quali- und quantitative Beschreibung aufgrund von Spuren der Organismenaktivität
pH-Helligkeit	Schätzung des pH-Wertes mit Hilfe einer Indikatorlösung
Karbonat	Nachweis von freiem Karbonat mittels 10%-iger Salzsäure
Haupt- und Nebenwurzelraum	Abgrenzung HW aufgrund der bodengenetischen Horizonte, NW aufgrund der Durchwurzelung
Horizontfarbe	Beschreibung mit Hilfe der «standard soil colour charts»

**Tab. B: Vorgesehene bodenchemische Analysen**

<b>Parameter</b>	<b>Methode (Prinzip)</b>
pH-Wert	10 g Feinerde in 20 ml Wasser bzw. 20 ml 0,01 M Kalziumchlorid
salpetersäure-extrahierbare Elementgehalte	5 g Feinerde in 50 ml 2M Salpetersäure 2 Stunden kochen. Messung der Elementgehalte am ICP
Lakunen-extrahierbare Elementgehalte	5 g Feinerde in 50 ml Extraktionslösung (0,5 M Ammoniumacetat/0,02 MEDTA) 1 Stunde bei 20°C schütteln Messung der Elementgehalte am ICP
austauschbare Elementgehalt	5 g Feinerde in 50 ml 1M Ammoniumchlorid 1 Stunde bei Raumtemperatur schütteln. Messung der Elementgehalte am ICP
Austauschkapazität	Summe der austauschbaren Kationen
Basensättigung	Summe der basisch wirkenden, austauschbaren Kationen
Austausch-Azidität	Austauschazidität stammt grundsätzlich aus 2 Quellen: 1. dissoziierte und austauschbare Wasserstoffionen 2. durch Hydrolyse des Aluminiums freigesetzte Wasserstoffionen Vorgehen: zuerst gesamte Wasserstoffionenaktivität durch Titration mit NaOH, dann Maskierung des Aluminiums und Rücktitration der freiwerdenden Hydroxidionen mit Salzsäure
totale C- und N-Gehalte	Bestimmung am C/N-Analyser
Karbonat	für alle Proben mit pH-Wert >6,0 gravimetrische Bestimmung des Karbonatgehaltes (daraus anorganischer C-Gehalt)
org. C-Gehalt	totaler C-Gehalt minus anorganischer C-Gehalt

# Standortkundliche Dokumentation

## Inhalt und Ziel

Die potentiell natürliche Waldvegetation der Schweiz ist im Waldatlas von Ellenberg und Klötzli (1972) in 71 Waldgesellschaften zusammengefasst. Diese wurden primär mittels floristischer, in einigen Fällen mittels bodenkundlicher Datengrundlagen ausgediebt. Jede Gesellschaft ist durch folgende Kennwerte charakterisiert:

- Artenzusammensetzung (floristisch)
- Vorkommen (Geografie, Höhe ü. M., Exposition, Hangneigung)
- Standort (Ökogramm nach Feuchtigkeitsstufen und Trophiegrad)
- Physiognomie (Bildteil, Text)

Durch eine systematische Verknüpfung von vegetations- und bodenkundlichen Kennwerten soll eine umfassendere, präzisere und nachvollziehbarere standörtliche Charakterisierung der Waldgesellschaften angestrebt werden.

## Vorgehen

Sämtliche der rund 170 vegetationskundlich erfassten Stichprobeflächen wurden von den Vegetationskundlern aufgrund der Artenzusammensetzung einer Waldgesellschaft nach E.+K. zugeordnet. Im folgenden wird eine Auswahl, in der Artengarnitur als typisch bezeichneter Waldgesellschaften, sogenannter Leittypen, mit bodenkundlichen Kennwerten dokumentiert.

## Zusammenhänge Boden – Vegetation

Die Vegetation an einem Standort kann mit verschiedenen bodenkundlichen Kennwerten in Beziehung gebracht werden, wie beispielsweise:

- pH im Hauptwurzelraum
- Tiefe der Kalkgrenze
- Humusform und pH im Oberboden
- Wasser- und Nährstoffspeichervermögen
- Wasserdurchlässigkeit des Bodens
- Bodentyp

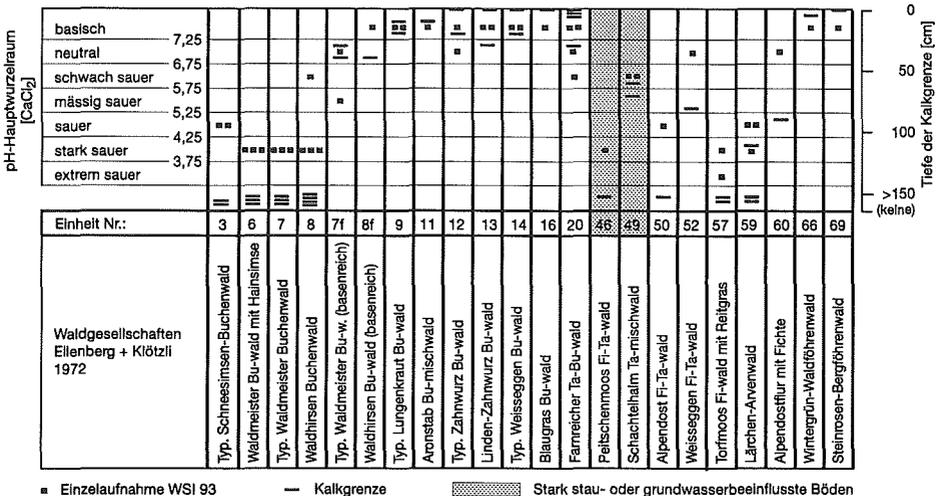


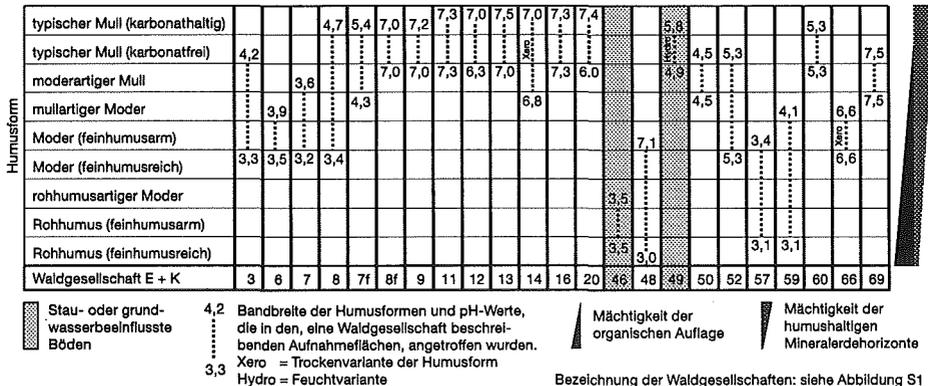
Abb. S1 Säuregrad im Hauptwurzelraum und Tiefe der Kalkgrenze

Der saure Simsen-Bu-Wald (E.+K. Nr. 3), die mittleren Waldmeister-Bu-Wälder (6, 7) und der Waldhirschen-Bu-Wald (8) heben sich hinsichtlich Säuregrad des Wurzelraumes und Tiefe der Kalkgrenze sehr deutlich von

den mit basen- und kalkzeigenden Pflanzenarten ausgestatteten Bu-Gesellschaften (9, 11, 12, 13, 14, 16) ab. In den Einheiten 3, 6, 7 und 8 liegt die Kalkgrenze stets tiefer als 150 cm, der Säuregrad im HW-Raum umfasst den Bereich stark-sauer bis schwach-sauer. Die Einheiten 7f und 8f leiten über zu den Bu-Wäldern mit basen- und/oder kalkzeigenden Arten (9, 11, 12, 13, 14, 16), wo die Kalkgrenze in maximal 30 cm Tiefe verläuft und der Säuregrad im HW-Raum zwischen basisch und neutral streut.

Hervorzuheben sind die Einheiten 46 und 49 auf vernässten Böden. Einheit 46 ist stark sauer, Einheit 49 dagegen nur schwach sauer, was sich auch sehr eindrücklich im Vegetationsaspekt äussert.

In den weiter aufgeführten montanen und subalpinen Gesellschaften stimmen vegetations- und bodenkundliche Kennwerte gut überein.



## Abb. S2 Humusform und Säuregrad in 5–10 cm Tiefe

Die Buchenwaldgesellschaften mit Böden im sauren bis stark sauren pH-Bereich (Einheiten 3, 6, 7, 8) sind durch saure Humusformen charakterisiert. Der Abbau der organischen Substanz ist gehemmt. Es kommt zur Ausbildung einer organischen Auflage.

Die Bu-Einheiten mit Böden im neutralen bis basischen pH-Bereich (Einheiten 9, 11, 12, 13, 14, 16) sind durch biologisch aktive Humusformen ohne organische Auflage gekennzeichnet. In Einheit 14 ist der Abbau der Streu infolge zeitweiliger Trockenheit gehemmt (Xero-Variante).

Einheit 46: Boden stark sauer, Humusform biologisch wenig aktiv. Einheit 49: Boden schwach sauer, Humusform biologisch aktiv.

In der Gesellschaft 48 kommt es infolge Blockschutt-Untergrundes zur Anhäufung einer meist mächtigen Auflage. Der Abbau ist gehemmt durch das Fehlen von Feinerde unter der Humusaufgabe, kühles Lokalklima und zeitweilige Austrocknung.

## Schlussfolgerungen

Durch die bodenkundlichen Untersuchungen wurden die auf floristischer Basis definierten Standortsansprüche der Waldgesellschaften, namentlich hinsichtlich der Reaktionszahl, weitgehend bestätigt. Mit den in der Bodeninventur erhobenen bodenkundlichen Kennwerten wird eine standortkundlich umfassendere und präzisere Charakterisierung der Waldgesellschaften ermöglicht.

## Bodenkundliche Dokumentation – Humus

### Ziel

Darstellen der Zusammenhänge zwischen Humusform und Bodenbildungsfaktoren

### Humusbildung

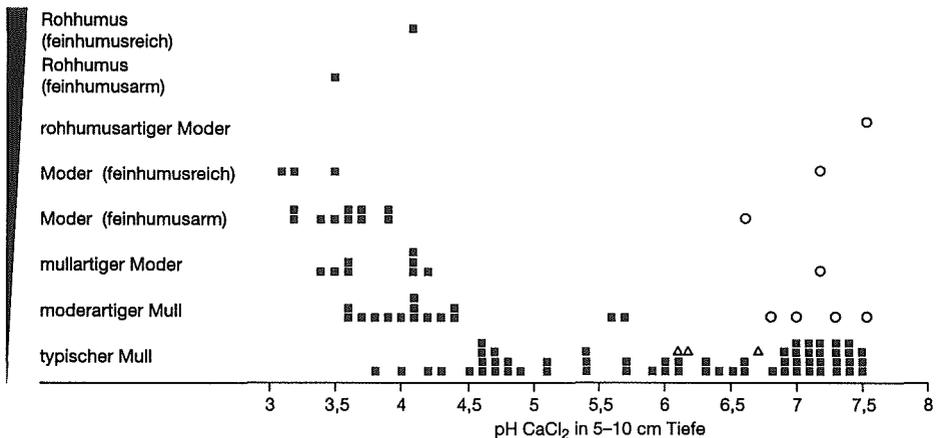
Die wichtigsten Faktoren der Humusbildung sind:

- Säuregrad des Oberbodens (abhängig von Bodenentwicklung und Geologie)
- Art und Menge des Eintrages an organischem Material (abhängig von Zusammensetzung und Struktur der Vegetation)
- Abbaumilieu (Feuchtigkeit und Bodentemperatur)
- Zeitdauer

### Lösungsansatz

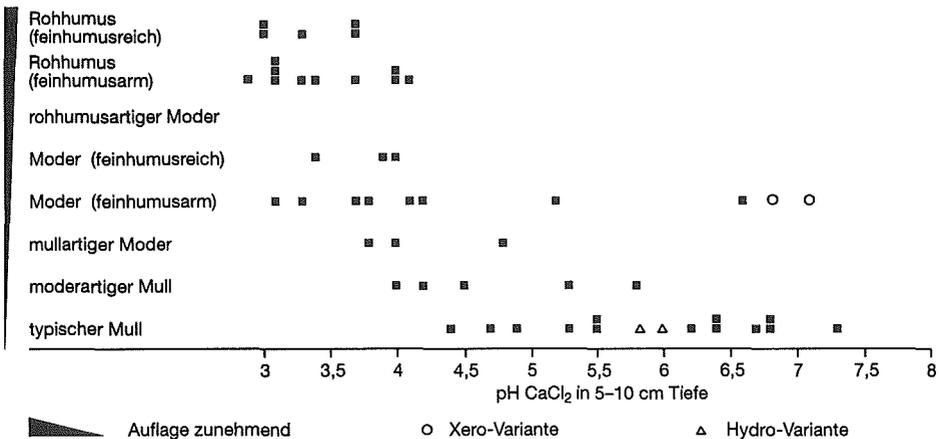
Vergleich der Humusformen mit

- dem Säuregrad des Oberbodens (pH [CaCl<sub>2</sub>] in 5–10 cm Bodentiefe)
- dem Nadelholzanteil des Hauptbestandes zur Beurteilung des Streueintrages
- der Höhe über Meer (Höhenstufen) als integrale Grösse für Temperatur und Niederschlag.



**Abb. B1: Humusform und Säuregrad des Oberbodens – kolline bis montane Stufe (320–1200 m ü. M.)**  
(Blockschuttstandorte sind in der Darstellung nicht aufgeführt)

- 75% Mull, 23% Moder und 2% Rohhumus.
- Rohhumus tritt in dieser Höhenstufe praktisch nicht auf.
- Mull weist sehr breiten (3,8–7,5), Moder recht schmalen (3,2–4,2) pH-Bereich auf
- Eine Versauerung des Oberbodens bewirkt erst im sauren Bereich (pH <4,5) eine Veränderung der Humusform.
- Je inaktiver die Humusform, desto schmaler der pH-Bereich und desto tiefer die Minimalwerte.
- Xero- wie Hydrovarianten nur im basischen pH-Bereich erkennbar.



**Abb. B2: Humusform und Säuregrad des Oberbodens – subalpine Stufe (1200–2200 m ü. M.)**  
(Blockschuttstandorte sind in der Darstellung nicht aufgeführt)

– 38% Mull, 30% Moder und 32% Rohhumus.

→ Weniger aktive Humusformen sind deutlich stärker vertreten als in der Stufe 320–1200 m. ü. M.

– Mull: pH-Bereich recht breit, aber weniger sauer (4,4–7,4) als in tiefer gelegenen Gebieten. Moder: mit deutlich vergrößerter Streuung (pH 3,1–6,6). Rohhumus: beschränkt auf sehr sauren pH-Bereich (2,9–4,2).

→ Abgrenzung der Humusformen mittels Säurebereichen im subalpinen Gebiet weniger deutlich sichtbar. Es scheint, dass der Faktor Säuregrad des Oberbodens im Gebirge von Faktoren wie Niederschlag und Temperatur übertönt wird.

– Xero- und Hydro-Varianten analog Abb. B1.

## Schlussfolgerungen

Es gibt einen engen Zusammenhang zwischen der Humusform und dem Säuregrad des Oberbodens. **Die einzelnen Humusformen weisen verschiedene Höhenverbreitungsmuster auf.** Xero- und Hydrovarianten folgen eigenen Gesetzmässigkeiten (Abb. B1, B2).

### Literatur

Beratungsgemeinschaft für Umweltfragen, Zürich, 1992: Vegetationskundliche Kartierung der Wälder im BLN-Gebiet Weissenstein. Kanton Solothurn, Kantonsforstamt Solothurn.

Bundesamt für Raumplanung, 1980: Bodeneignungskarte der Schweiz. EDMZ, Bern.

Schweizerisches Landesforstinventar, 1988: Berichte 305, WSL, 375 S.

ELLENBERG, H. KLÖTZLI, F., 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen. Mitt. 48: 589-930.

LÖSCHER P., 1991: Humusbildung und Humusumwandlung in Waldböden. DIss. 9572 ETHZ.

# Résumé

## Inventaire des dégâts aux forêts 1993 Relevés pédologiques

### Objectifs

- Rechercher l'existence de liens entre les dégâts aux forêts d'un genre nouveau et les propriétés du sol  
(Évaluation possible depuis 1995 seulement)
- Comparer des paramètres pédochimiques propres à la Suisse avec des valeurs analogues obtenues dans d'autres pays  
(dès 1995)
- Établir une documentation sur la pédologie et la station de 172 profils
- Saisir les relations existant entre les caractéristiques stationnelles et les paramètres pédochimiques  
(dès 1995)

### Présentation des résultats

Les résultats seront présentés en deux volets: l'un sera réservé à la pédologie et l'autre à la station.

## Documentation pédologique – Humus

### Objectif

Présenter les liens existant entre la forme de l'humus et la formation du sol.

### Conclusions

La forme de l'humus est autant liée au degré d'acidité des couches supérieures du sol qu'aux divers niveaux d'altitude.

Les «variantes sèches» et les «variantes humides» sont soumises à leurs propres lois naturelles (fig. B1, B2).

## Documentation concernant l'étude des stations

### Objectifs

La végétation naturelle et potentielle des forêts suisses est résumée dans l'Atlas forestier de Ellenberg et Klötzli (1972) qui présente 71 groupements végétaux forestiers. Leur classification repose sur des critères floristiques, à l'exception de certains cas fondés sur des données pédologiques. L'établissement d'un lien systématique entre les données phytosociologiques et les données pédologiques permettra d'améliorer la caractérisation des groupements végétaux forestiers en la rendant plus précise, plus détaillée et mieux reproductible.

### Conclusions

Le résultat des analyses pédologiques des groupements végétaux forestiers ont largement confirmé les impératifs écologiques dictés par la floristique, notamment en ce qui concerne la sensibilité au niveau du pH. Grâce aux données pédologiques saisies dans le cadre de cet inventaire, les groupements végétaux forestiers pourront être caractérisés de façon plus précise et plus détaillée.

## NABO-Messperiode 1985-1991: Ergebnisse und Perspektiven

A. Desaulles, S. Geering, R. Dahinden, E. Meier, K. Studer

Das NABO ist ein Bodenmessnetz des Bundes, das über die ortsübliche, weit-räumige Grundbelastung der Böden mit Schadstoffen und ihre langfristige Entwicklung in der Schweiz Auskunft geben soll. Der vorliegende NABO-Bericht ist der erste seiner Art in Europa, der landesweite Ergebnisse präsentiert. Erstmals werden auch zeitliche Veränderungen von Schadstoffgehalten im Boden durch ein Dauermessnetz dokumentiert.

Seit der Industriellen Revolution vor etwa 200 Jahren hat die vom Menschen verursachte Belastung der Böden mit Schadstoffen stark zugenommen. Im Stoffkreislauf der Natur kann es zu gefährlichen Anreicherungen im Boden kommen. Diese können die Bodenfruchtbarkeit beeinträchtigen und über die Pflanzen in die Nahrungskette gelangen. Darum ist es notwendig, die Schadstoffbelastung der Böden periodisch zu untersuchen und zu beurteilen. Die "Verordnung über Schadstoffe im Boden" (VSBo) von 1986 beauftragt deshalb die Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie (FAC) in Liebefeld, ein Nationales Bodenbeobachtungsnetz - kurz das NABO - zu betreiben. Dies geschieht in enger Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).

In der ganzen Schweiz sind insgesamt 102 Messorte (Landwirtschaftsgebiet 57, Wald 28, naturnahes Freiland 15, Stadtparks 2) eingerichtet worden. Untersucht wurden bisher acht Schwermetalle und Fluor. Die ersten Ergebnisse zeigen,

- dass es auch in sehr abgelegenen Gebieten keine absolut unbelasteten Böden mehr gibt
- die vom Menschen verursachte Bodenbelastung der neun untersuchten Schadstoffe bei Blei, Kupfer und Cadmium am grössten ist
- die natürlichen Grundgehalte je nach Gestein, aus dem die Böden stammen, sehr unterschiedlich sind
- die Schadstoffeinträge über die Luft und die landwirtschaftliche Praxis je nach Standortverhältnissen sehr verschieden sind
- sich bereits im Beobachtungszeitraum von 5 Jahren teilweise deutliche Zunahmen aber auch Abnahmen von Schadstoffgehalten im Oberboden messen lassen.

Die Vergleichbarkeit der NABO-Ergebnisse mit andern Bodenmessnetzen ist aus methodischen Gründen trotz entsprechender Wegleitung nur bedingt gewährleistet. Die bisherigen Ergebnisse und der Ausbaugrad des NABO lässt weder eine flächendeckende noch eine umfassende langfristige Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit und der ökotoxikologischen Risiken zu. Die vorliegenden Ergebnisse und erwähnten Einschränkungen bedingen folgende Fortsetzungsarbeiten:

- Fortsetzung der periodischen Messkampagnen.
- Abklärung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse der verschiedenen Boden-Dauerbeobachtungsnetze.
- Erfassung der flächenbezogenen Bodenbelastung insbesondere für Pb, Cu und Cd.
- Effektive Unterscheidung der natürlichen Stoffgehalte von der zivilisationsbedingten Schadstoffbelastung.
- Standortbezogene Stoffflussuntersuchungen unter Einbezug der Bodendynamik.
- Einbezug weiterer Parameter und Indikatoren (z.B. organische Schadstoffe, biologische und physikalische Parameter)
- Erarbeitung einer standortbezogenen und umfassenden Risikobeurteilung.
- Integration der Bodenbeobachtung in die Umweltbeobachtung.
- Laufende Veröffentlichung der Ergebnisse in geeigneter Form.

Im methodischen Bereich sind die Fortsetzungsarbeiten mehr oder weniger fortgeschritten. Weitere Parameter und Indikatoren sollten jedoch erst in die Dauerbeobachtung einbezogen werden, wenn sie im Hinblick auf die Bodenfruchtbarkeit und/oder ökotoxikologische Risiken interpretiert werden können.

Der ausführliche "NABO-Bericht" wurde vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 3003 Bern, in der Schriftenreihe Umwelt Nr. 200 herausgegeben und kann in deutscher und französischer Sprache für Fr. 20.- beim Dokumentationsdienst des BUWAL (Tel. 031 / 322 89 99) bezogen werden.

## RAPPORT D'ACTIVITES 1993

### 1. Assemblée générale et journée scientifique

L'assemblée générale et la journée scientifique ont eu lieu les 17 et 18 mars 1993 à Zoug.

En prélude à l'assemblée générale, les membres de la Société ont pu visiter les chantiers et les surfaces revitalisées de la gravière de l'entreprise Sand AG. Lors de l'assemblée générale, les membres présents ont adopté le nouveau triangle de texture et décidé de la création d'un groupe responsable de l'organisation du jubilé de la SSP en 1995; ce groupe est constitué des anciens présidents de la SSP. La journée scientifique du 18 mars 93 avait pour thème le cycle de l'azote et fut un véritable succès; d'une part les présentations furent d'excellente qualité et d'autre part la participation fut très forte, qu'il s'agisse de l'exposition de posters (plus de 20) ou de la presque centaine de participants. Les exposés et les résumés des posters sont publiés dans le bulletin No 17 de la SSP.

### 2. Excursions annuelle

Organisée et conduite par Peter Germann, l'excursion eut lieu sur territoire allemand dans la partie sud de la Forêt noire et le Kaiserstuhl. Au programme figuraient entre autres la présentation du projet ARINUS (Auswirkungen von Restabilisierungsmassnahmen und Immissionen auf den N-und S-Haushatt der Öko-und Hydrosphäre von Schwarzwaldstandorten) et le périmètre de Kaiserstuhl. Plusieurs personnes de l'Université de Freiburg i. Br. ont animé cette excursion, il s'agit des prof. Zöttel, Feger et Leibungut.

### 3. Journées d'étude

Suite à la publication par l'Office fédéral de l'énergie des nouvelles directives de protection des sols (Richtlinien zum Schutze des Bodens beim Bau unterirdisch verlegter Rohrleitungen), induisant notamment l'utilisation de tensiomètres, l'organisation de cours devenaient nécessaires.

Deux journées intitulées "Evaluation de la portance des sols à l'aide de tensiomètres" furent organisées sous l'égide de U. Vökt (Bodenfachstelle BE) et F. Borer (Bodenfachstelle SO). L'une était destinée aux entreprises en automne 93 et l'autre aux membres SSP le 24 février 1994.

### 4. Publication

La SSP a participé avec plusieurs services spécialisés dans l'agriculture à la rédaction et la publication d'une brochure "Le sol, cet inconnu". Cette brochure assortie de formules de terrain est destinée aux agriculteurs; elle présente en français et en allemand le test à la bêche et le profil cultural et permet d'évaluer à quel moment il est possible de travailler le sol.

## 5. Activités administratives

Le comité s'est réuni régulièrement et eut aussi une demi-journée d'échanges avec les présidents des groupes. A noter que le nombre des membres reste stable.

## 6. Perspectives

1994 sera notamment l'année de la préparation du jubilé et des excursions des congrès internationaux de 1997 et 1998.

Lausanne, le 23 mars 1994

La présidente :  
Evelyne Marendaz Guignet

## BERICHTE DER ARBEITSGRUPPEN

### Tätigkeitsbericht der Arbeitsgruppe für Bodenklassifikation und -nomenklatur für das Jahr 1993

Die Arbeitsgruppe "Bodenklassifikation und-nomenklatur" hat im abgelaufenen Jahr 1993/94 keine Gruppenaktivität entwickelt, nachdem im letzten Frühjahr die Klassifikationsbroschüre erschienen ist. Im Hintergrund ist allerdings die Arbeit für einen Bodenschlüssel auf der Basis dieser Bodenklassifikation weitergegangen. Ein Entwurf dieses Schlüssels, der in ersten Ansätzen bereits ausgetestet worden ist, wurde in der Zwischenzeit fast vollständig erarbeitet und soll in der Arbeitsgruppe in diesem Jahr diskutiert und ergänzt werden.

Es ist beabsichtigt, diesen Bodenschlüssel auf das 20-jährige Jubiläum der BGS hin fertigzustellen und ihn dann allen Mitgliedern der Gesellschaft zugänglich zu machen.

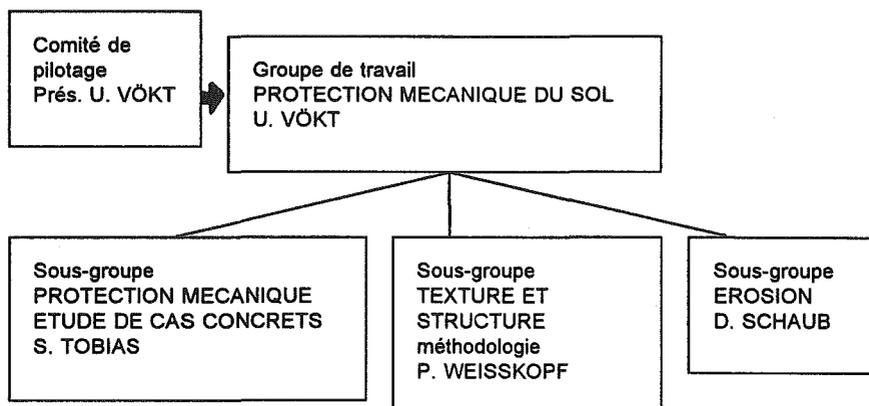
Zürich, im März 1994

Peter Fitze

## Groupe de travail texture et structure

Lors de l'assemblée générale de ZOUG (1993), nous avons constaté la convergence des intérêts de 3 groupes de travail : protection du sol, érosion, et texture/structure. Durant l'année écoulée, ces trois groupes ont été peu actifs, mais ont néanmoins défini les grandes lignes de leur future activité commune.

Nous avons décidé de travailler ensemble, de manière coordonnée, mais de traiter certains aspects particuliers dans le cadre de sous-groupes, plus efficaces :



Le groupe, animé dorénavant par U. VÖKT, se réunit périodiquement pour traiter de sujets d'intérêt commun.

Le sous-groupe Protection, animé par S. TOBIAS maintient le contact et les échanges entre ses membres venant pour la plupart des cantons. Ce groupe étudiera surtout des problèmes pratiques : application de directives, estimation de dégâts,...

Le sous-groupe Texture et Structure, animé dorénavant par P. WEISSKOPF se concentrera sur les travaux de recherche et de méthodologie.

Le sous-groupe Erosion, animé par D. SCHAUB, n'a pas encore de projet concret, mais maintiendra le contact avec tous les intéressés.

Un comité de pilotage, formé de U. VÖKT et des trois animateurs des sous-groupes, assurera la bonne marche de l'ensemble, le "Zusammendenken".

Tout membre intéressé(e) peut obtenir les informations nécessaires chez U. VÖKT, Fachstelle für Bodenschutz, Gesellschaftsstr. 78, 3001 BERN

J-A. Neyroud

Nyon, le 21 mars 1994

## Jahresbericht 1993 der Arbeitsgruppe Lysimeter

Die Tätigkeitsschwerpunkte der AG-Lysimeter bildeten 1993 zwei Exkursionen sowie die Organisation für die 1994 vorgesehenen Vergleichsuntersuchungen von Anionen und Kationen in Lysimetersickerwasser.

Am 14. Mai 1993 folgte die AG-Lysimeter einer Einladung des geographischen Institutes (GI), Abteilung Hydrologie der ETHZ. Die Exkursion führte uns in das hydrologische Forschungsgebiet Rietholzbach (b. Kirchberg SG). Das GI betreibt hier eine Station, mit der der Wasserhaushalt in diesem Gebiet untersucht wird. Im hydrometeorologischen Messfeld Bühl, welches von unserer Gruppe besucht wurde, wird u.a. ein Wägelysimeter mit einer Oberfläche von 3.14 m<sup>2</sup> und einer Profiltiefe von 2.2 m betrieben. Am Rietholzbach werden mittels einer Abflussmessstation die Abflusswerte des gesamten, ca. 3.18 km<sup>2</sup> grossen Einzugsgebietes, registriert. Das gesamte Einzugsgebiet kann aufgrund der morphologischen und geologischen Verhältnisse als "natürliches Grosslysimeter" aufgefasst werden. Abflusswerte werden mit den Lysimeterwerten verglichen. Thematisch sind vor allem Fragen betreffend der Abhängigkeit des Wasserhaushaltes von Klimafaktoren sowie die Extrapolation von Abflussvorhersagen auf grössere Flussgebiete Gegenstand der Forschung.

Anlässlich der zweiten Exkursion am 3. Dezember 1993 besuchte die AG-Lysimeter die Klimamessstation des Geographischen Institutes der Universität Basel, Abteilung Meteorologie und Klimaökologie (MCR Lab). Die Messstation, in welche auch ein wägbares Lysimeter integriert ist, befindet sich am südlichen Stadtrand in der Nähe der Sternwerte. Primäres Interesse beim Lysimeterbetrieb gilt der Bestimmung von Verdunstungswerten. Das MCR Lab ist in das RECLIP-Programm eingebunden (Regio-Klima-Projekt). Im Rahmen dieses Projektes werden länderübergreifend Klimadaten erhoben und ausgewertet. Die Ergebnisse finden unter anderem Eingang in den Regio-Klima-Atlas.

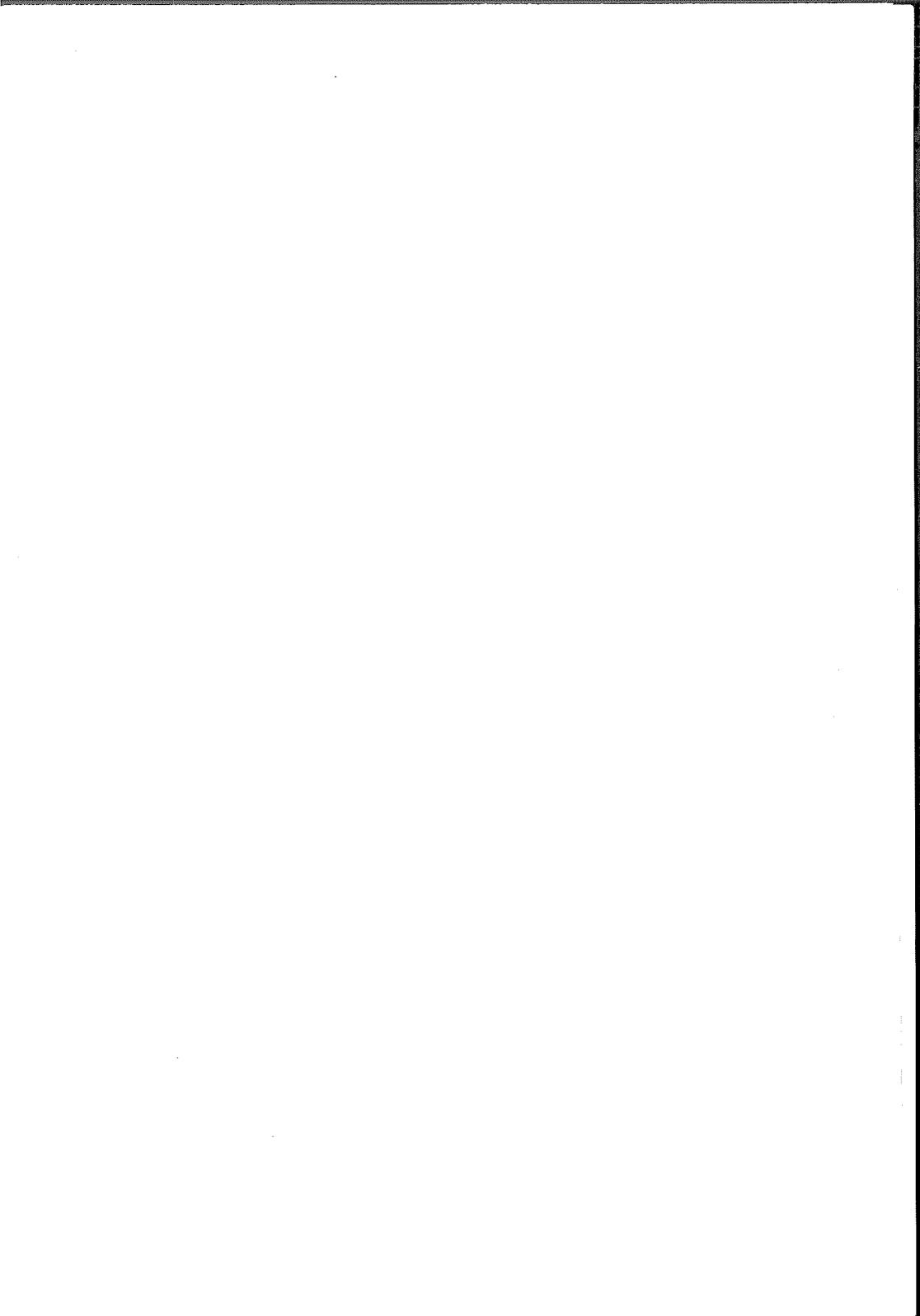
Für 1994 plant die AG-Lysimeter die Durchführung von Sickerwasseranalysen. Im Sickerwasser von Lysimetern mit einer Dauervegetationsdecke sollen in monatlicher Auflösung die Konzentrationen umwelt und pflanzenernährungsrelevanter Anionen und Kationen bestimmt werden. Am Versuch beteiligen sich öffentliche Institutionen und private Firmen welche über Lysimeter verfügen. Mit dem Versuch will man sich einerseits einen Überblick über die Grössenordnung und Variabilität (Eingabelung) dieser Inhaltsstoffe unter den verschiedenen Standortbedingungen verschaffen, andererseits sollen die guten Kenntnisse der Standortfaktoren (Klima, Boden, Bewirtschaftung) für Erklärungsansätze genutzt werden.

Administratives: Herr Jakob Nievergelt legte das Präsidium der AG-Lysimeter nieder, Herr Hanspeter Wegmüller tritt die Nachfolge an.

Suberg, den 7. Februar 1994

Hanspeter Wegmüller





## Hinweise für Autoren, Fortsetzung

### 6. Zusammenfassung

Bei deutschen Texten ist eine französische, bei französischen Texten eine deutsche Zusammenfassung erforderlich.  
Eine englische Zusammenfassung ist wünschenswert.

### 7. Literatur

Im Text: ... (AUTOR(EN), Jahrzahl) ...

Im Verzeichnis: alphabetisch aufführen

Beispiel:

SOLDATINI, G.F., RIFFALDI, R., and LEVI-MENZI, R., 1976: Pb Adsorption by soils. *Water, Air and Soil Pollution* 6, 111-118.

### 8. Gestaltung der ersten Seite

siehe Abbildung

**Titel der Arbeit** (Grossbuchstaben oder fett, nicht unterstrichen)

AUTOR(EN)

Institut, Forschungsanstalt, Adresse

**1. Kapitel** (nicht unterstrichen)

**1.1. Unterkapitel** (nicht unterstrichen)

Textbeginn ...

Auf der ersten Seite, am unteren Seitenrand, muss für die Fussleiste, welche von der Redaktion eingefügt wird, 2 cm Platz frei bleiben. Bitte keine Linien anbringen.

