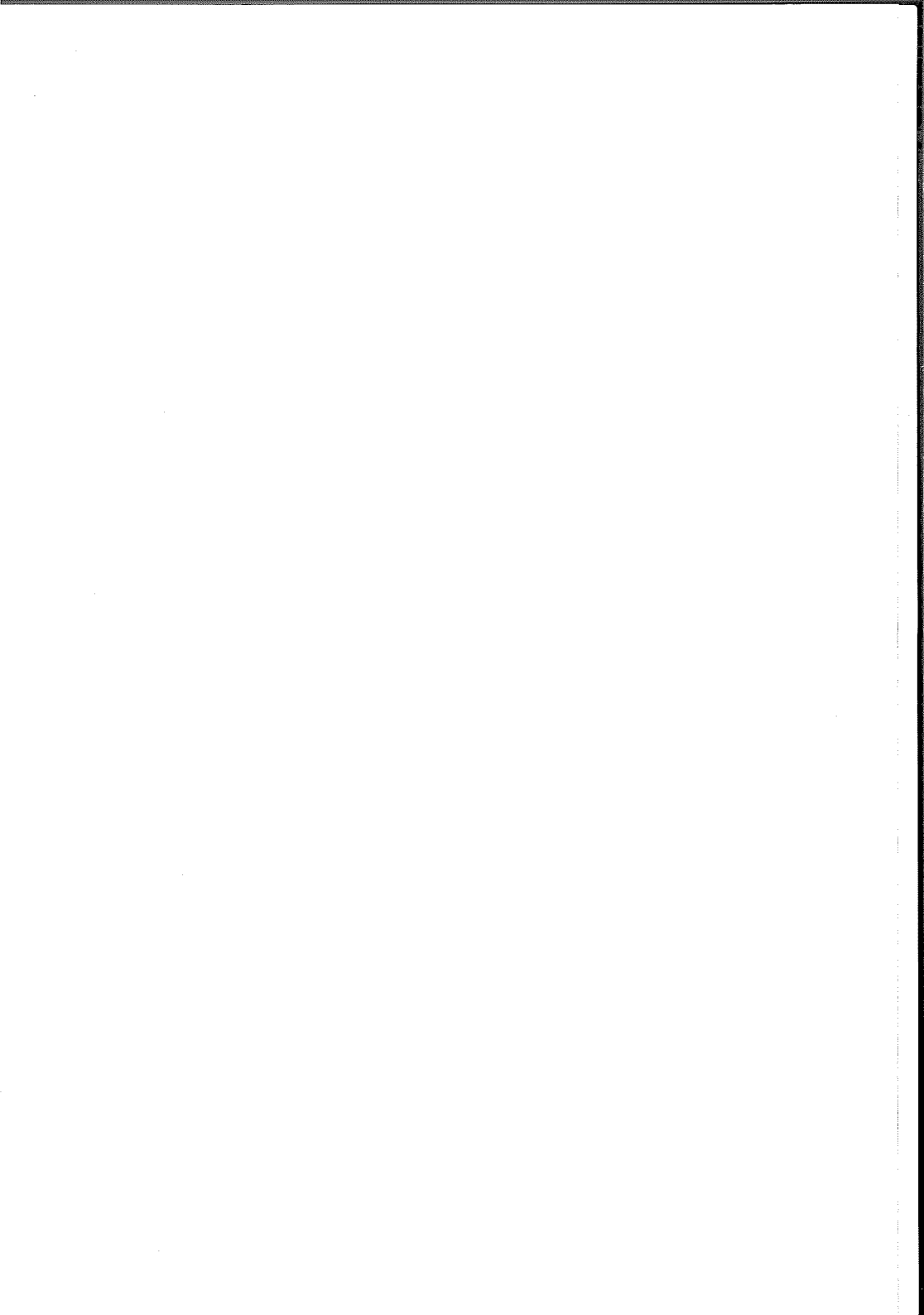


BULLETIN

6

Roman Bach zum Gedenken	6
<u>Jahrestagung der BGS vom 12. März 1982 in Basel</u>	
Plenarvortrag: H. Leser (Basel): Geoökologische Bodenerosionsforschung	7
Texte zu den Posterpräsentationen	13 - 189
Jahresbericht / Rapport d'activité 1981/1982	190
Berichte der Arbeitsgruppen	192
Die gesetzliche Verankerung des Bodenschutzes (E.W. Alther)	195
Autorenverzeichnis	199



BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ
SOCIETE SUISSE DE PEDOLOGIE

BULLETIN 6

1982

Referate der Jahrestagung vom

12. März 1982 in Basel

Schriftleitung: H. Sticher, Zürich

Juris Druck, Zürich

BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ
SOCIETE SUISSE DE PEDOLOGIE

Adresse: Eidg. Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau
8046 Zürich-Reckenholz Tel. 01 57 88 00

Vorstand/Comité 1981 - 1983

Präsident	/	Président :	H. Flühler, Birmensdorf
Vize-Präsident	/	Vice-Président :	J.A. Neyroud, Nyon-Changins
Sekretär	/	Secrétaire :	L.-F. Bonnard, Zürich-Reckenholz
Kassier	/	Caissier :	A. Kaufmann, Zollikofen
Beisitzer	/	Assesseur :	H. Sticher, Zürich

Vorsitzende der Arbeitsgruppen/Présidents des groupes de travail :

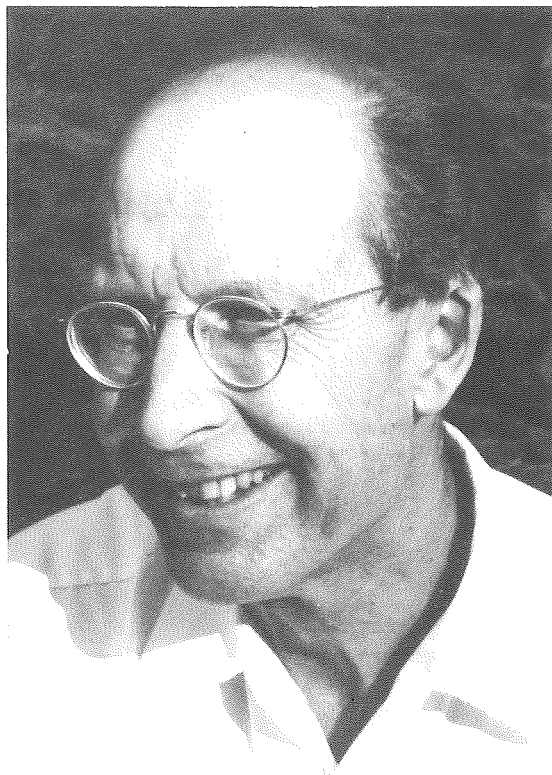
Klassifikation und Nomenklatur :	P. Lüscher, Birmensdorf
Körnung :	Ph. Rod, Nyon
Lysimeter :	F. Jäggi, Zürich-Reckenholz
Organische Substanz :	J.-A. Neyroud, Nyon-Changins
Bodenzoologie :	W. Matthey, Neuchâtel
Bodenschutz :	E.W. Alther, Flawil

Inhalt

Roman BACH zum Gedenken	6
H. LESER: Geoökologische Bodenerosionsforschung (Plenarvortrag)	7
B. BUCHTER und J. LEUENBERGER: Struktur und Wasserhaushalt in einer Rendzina	13
P. GERMANN: Infiltration in Böden mit Makroporen	18
P. GRANDJEAN et J.-F. JATON: Etude du ruissellement à l'aide d'un simulateur de pluie	24
G. JELMINI, J.P. DUBOIS et D. DUBOIS: Le drainage des sols tourbeux: Première approche expérimentale	32
P. FERLIN, H. FLUEHLER und J. POLOMSKI: Immissionsbedingte Fluorbelastung eines Föhrenstandortes im unteren Pfywald	38
H. HAENI, S. GUPTA und A. SIEGENTHALER: Schwermetallgehalte einiger wenig belasteter typischer Böden der Schweiz	44
F. CALAME et J.A. NEYROUD: Mouvement de l'eau et dosage des nitrates dans un sol agricole	51
W. STAUFFER und O.J. FURRER: Nitratauswaschung aus landwirt- schaftlich genutzten Böden	57
M. HUEMBELIN, M. MEYER und H. STICHER: Stickstoffumsatz und Stickstoff-Fixierung bei der Kompostierung von Rindermist	63
M. GAMPER: Ein Vergleich der ^{14}C -Alter von Huminstäure, organischer Restsubstanz und Holz aus fossilen Böden	69
E. BOSSHARD, GUI SUN CHENG und H. SCHÜEPP: Beschleunigter Abbau von Benzimidazol-Fungiziden nach wiederholter Anwendung	75

H. SCHÜEPP, W. SIEGFRIED, J. SORG und CH. WEGMANN: Klärschlamm- und Kompostsubstrate im Bodenökosystem: ein lang- fristiger bodenmikrobiologischer Versuch	82
N. MAIRE: Méthode de mesure de l'adénosine triphosphate (ATP) dans les sols	88
J.C. MUNCH und J.C.G. OTTOW: Reduktion pedogener Fe(III)-Oxide als ein biochemischer Prozess	95
D. WALTHER et D. GINDRAT: Effets de l'apport de glucose et du traitement par la chaleur sur l'activité volatile mycostatique du sol	102
M. BIERI und V. DELUCCHI: Sammel- und Trennmethoden für Boden- mikroarthropoden	109
A. MAILLARD et A. VEZ: Effets à long terme de différentes techniques de travail du sol	116
H. CONRADIN: Bodenkundliche und schwermineralogische Unter- suchungen an Böden verschiedener Schotterfluren der Nordschweiz	123
U. KIENZLE: Bodenveränderungen während der Sukzession brach- liegender Magerwiesen im Jura	131
P. GALLAND: Recherches sur les sols des pelouses alpines au parc national suisse	137
H. SPALTENSTEIN: Note sur les sols du domaine des calcaires alpins	145
CH. SCHLUECHTER: Fossile Böden im Quartär der Schweiz	151
J.F. BONNARD: La carte des sols du domaine de Changins	159
K. PEYER: Systematische Auswertung der Bodenprofilaten der Bodenkarte 1 : 25'000 Blatt Uster	165
H. SPECK: Die Böden des Mount Kenya Gebietes	171
P. LUESCHER (Arbeitsgruppe für Bodenklassifikation und Nomen- klatur): Vorschlag für die Verwendung von Signaturen bei Profilskizzen	177
E.W. ALTHER (Arbeitsgruppe Bodenschutz): Kiesabbau = Bodenverlust	183

Jahresbericht / Rapport d'activité 1981/82	190
Berichte der Arbeitsgruppen	192
- Bodenklassifikation und Nomenklatur (P. LUESCHER)	192
- Granulometrie (PH. ROD)	192
- Lysimeter (F. JAEGGLI)	193
- Zoologie du sol (W. MATTHEY)	193
- Schutz des Bodens (E.W. ALTHER)	194
E.W. ALTHER: Die gesetzliche Verankerung des Bodenschutzes	195
Autorenverzeichnis	199



ROMAN BACH

1921 - 1981

Am 13. Juli 1981 ist unser geschätzter Lehrer, Kollege und Freund Prof. Dr. Roman Bach an den Folgen eines Herzinfarktes verstorben.

Viele unter uns hat Roman Bach in die Anfangsgründe der Bodenkunde eingeführt. Seine Uebungen und Exkursionen, an welchen er mit Ausdauer und Ideenreichtum die vielfältigen Wechselbeziehungen im Boden und seiner natürlichen Umwelt herzuleiten verstand, werden unvergessen bleiben. Menschlicher Kontakt, Mitempfinden und Verständnis für die Probleme von Studenten, Mitarbeitern und Kollegen waren für ihn selbstverständlicher Bestandteil seiner Arbeit. Mit Interesse und Wohlwollen hat er die Gründung und den Aufbau unserer Gesellschaft verfolgt. Wenn er darin auch nicht an vorderster Front stand, so haben doch seine Ratschläge und sein Wirken im Hintergrund viel zum Aufblühen der Gesellschaft beigetragen.

Wir sind Roman Bach zu grossem Dank verpflichtet und werden ihn als grosszügigen Freund und Lehrer in Erinnerung behalten.

H. St.

Geoökologische Bodenerosionsforschung

Hartmut Leser
Geographisches Institut Universität Basel

1. Einleitung

Auf der BGS-Versammlung am 12. März 1982 in Basel wurde vom Verfasser der Vortrag "GEOÖKOLOGISCHE BODENEROSIONSFORSCHUNG - EIN INTERDISZIPLINÄRES PROBLEM" gehalten. Dieser Vortrag wird hier unter dem Aspekt zusammengefaßt, den Ansatz der Forschungen und deren Ausführung knapp darzustellen. Das abgeschlossene Literaturverzeichnis hat die Funktion der Information über die bisher publizierten Ergebnisse. Die Bodenerosionsforschungen in Basel werden im übrigen vorrangig in einem Forschungsprojekt "QUANTITATIVE BODENEROSIONSFORSCHUNG AUF AGRARFLÄCHEN" bearbeitet, das der Schweizerische Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung wesentlich unterstützt.

2. Der Ansatz der Bodenerosionsforschung

Die Bodenerosionsforschungen erfolgen vor allem unter zwei Aspekten:

- Wir verstehen sie als Beitrag zur geomorphologischen Prozeßforschung, die methodentechnisch und theoretisch beträchtliche Defizite aufweist.
- Die Bodenerosionsforschung wird außerdem als landschaftsökologische Prozeßforschung begriffen, weil die Prozeßforschung in der Landschaftsökologie/Geoökologie ebenfalls erst in den Anfängen steckt. Die Begründung für diesen Ansatz ist darin zu sehen, daß systematisch sämtliche Randbedingungen des Teilökosystem-zusammenhangs Boden-Relief-Abtragsprozeß erforscht werden. Dies geschieht analog dem Vorgehen der landschaftsökologischen Methodik.

Die praktische Realisierung erfolgt in drei geomorphologischen Landschaftstypen, der Terrassenlandschaft des Hochrheintales ("Möhliner Feld") dem Schichtstufenland des Jura ("Jura") und einem voralpinen Berg- und Hügelland ("Napf"). Es geht darum, neben der Erfassung der Erosionsformen und der Bodenerosionsprozesse auch eine regionale Differenzierung zu erkennen. Diese gründet sich auf die landschaftsökologisch verschieden ausgestatteten Untersuchungsgebiete. Bewußt erfolgen die Arbeiten in regulären Agrarlandschaften, d.h. auf Ackerflächen und nicht unter Sonderkulturen. Bei letzteren ist sowohl das Ausmaß der Prozesse als auch die Situation der geoökologischen Randbedingungen ein Sonderfall. Dessen Erforschung ist grundsätzlich auch wünschenswert und wichtig, steht aber im Rahmen

des seit ca. 1974 betriebenen Projektes nicht zur Debatte. Die Untersuchungen werden vor Ort durchgeführt von den Mitarbeitern Dr. R.-G. Schmidt (Möhliner Feld), Dipl.-Geogr. W. Seiler (Jura) und Dipl.-Geogr. J. Rohrer (Napf).

Das Problem Bodenerosion wird auch in der Schweiz auf den regulären Ackerflächen nicht erkannt und wirtschaftlich negiert. Die permanente Bearbeitung der Ackerflächen führt dazu, daß Bodenerosionsspuren nicht sichtbar bleiben. Was sich jedoch - wenn auch sehr aufwendig - nachweisen läßt, ist der Nährstoffaustrag, der Verlust an organischer Substanz und generell der Bodenmaterialverlust. Das Untersuchungsprojekt hat das Ziel entsprechende Bodenverlustmodelle zu entwickeln.

3. Zur Begründung des Ansatzes

Selbst wenn Bodenerosion als geomorphodynamischer Prozeß begriffen wird, der ausschließlich der Reliefweiterentwicklung zustatten kommt, muß doch erkannt werden, daß mit ihm zahlreiche Stofftransporte verbunden sind. Es handelt sich vor allem um laterale Substanztransporte, die i.w.S. zwar morphodynamischer Prozeß sind, insofern als sie das Relief weiterentwickeln, jedoch auch den Wasser- und Nährstoffhaushalt der Landschaftshülle der Erde betreffen. Somit nehmen sie auch Einfluß auf die äußersten Teile der Erdkruste im Sinne von Verwitterung und Bodenbildung, die Verbreitung und Entwicklung der Biomasse - vor allem der Vegetation und der Bodenfauna - , sowie auf andere Kompartimente der Geoökosysteme.

Bodenerosionsforschung wird als Fachgebiet zwischen Pedologie, Geomorphologie und Geoökologie/Landschaftsökologie betrieben. Sie kann aus dem Kreis der geomorphologischen Subdisziplinen am ehesten einen Beitrag zur Geoökosystemforschung in der Landschaftsökologie leisten. Dabei wird vorausgesetzt, daß für die Erforschung der realen Ökosystemzustände und -funktionen unerheblich ist, ob es sich um einen natürlichen, quasinatürlichen oder anthropogenen Prozeß handelt.

4. Bemerkungen zur Methodik

Die recht aufwendigen Untersuchungen laufen in Mitteleuropa erst an wenigen Instituten. Da Übertragung der Ergebnisse aus anderen Klimazonen auf Mitteleuropa nicht zulässig sind, wegen der anderen geoökologischen Randbedingungen, sind Bodenerosionsforschungen unter den Verhältnissen der gemäßigten Klimazone Europas unerlässlich. Der in Basel verfolgte Ansatz geht von folgenden Grundüberlegungen

aus:

- Angestrebt ist eine flächenhafte, regionale Aussage.
- Versucht wird eine quantitative Kennzeichnung der Prozesse und Prozeßfolgen.

Um zu einem flächenhaften, also regionalen Vergleich zu kommen, der auf die unterschiedlichen Landschaftstypen Bezug nimmt, muß in verschiedenen Gebieten gearbeitet werden. Dabei stellte sich heraus, daß die Entfernung zum Untersuchungsgebiet nicht zu groß sein darf, um eine permanente Betreuung der Geräte im Felde und ein dauerndes Beobachten der Ökosystemzustände und der geomorphologischen Prozesse zu gewährleisten. So bildet das Untersuchungsgebiet "Napf" schon den Grenzfall der Bearbeitungsmöglichkeiten. Es wird auch, nach Abschluß der laufenden vierjährigen Untersuchungen im Frühjahr 1983, bewußt aufgegeben. Demgegenüber laufen die Untersuchungen in den beiden anderen Testlandschaften "Möhliner Feld" und "Jura" weiter, wenn auch mit veränderter Zielsetzung. Dies geschieht, um den Erfordernissen Rechnung zu tragen, die sich aus den bisherigen Untersuchungsergebnissen ergaben. Der regionalgeomorphologische und regionalökologische Vergleich zwischen verschiedenen Landschaftstypen dürfte zu wichtigen Erkenntnissen über Ablauf und Art der Boden-erosionsprozesse führen. Da die Testlandschaften für einen größeren Raum repräsentativ sind, lassen sich auch die Ergebnisse - wenngleich mit gewissen Vorbehalten - auf andere, geoökologisch ähnlich ausgestattete Räume übertragen. Zu einem späteren Zustand des Projektes wird auch die Frage der Bekämpfungsmaßnahmen der Bodenerosion vergleichend angegangen. Dafür schaffen die jetzigen Forschungen wesentliche Grundlagen.

Innerhalb der einzelnen Testlandschaften wird mit einer mehrstufigen Methodik gearbeitet. Sie basiert auf der quantitativen Bestimmung der Abtragsraten und der klimatischen, hygrischen und bodenmäßigen Randbedingungen auf Testflächen mit unterschiedlich bearbeiteten Parzellen. Auf diesen wird im übrigen auch - unter natürlichen Bedingungen - mit einer eigens konstruierten, modernen Berechnungsanlage Niederschlag simuliert. Dadurch können die Untersuchungen rationeller gestaltet werden. Gleichzeitig wird die regionalökologische Aussage verfeinert.

Die Testparzellen stellen jedoch nicht die einzigen Erfassungsmöglichkeiten dar - zumal eine flächenhafte Aussage über ein größeres Gebiet hinweg angestrebt ist. Zu den Testparzellen kommen noch in größerer Zahl punktuell eingesetzte "Feldkästen". Sie erlauben eine quantitative Bestimmung der erodierten Substanz unter

normalen ackerwirtschaftlichen Bedingungen auf geomorphologisch homogenen Hängen und Flächen. Diese Ackerflächen weisen natürlich nicht die scharf umrissenen Randbedingungen der Testflächen auf, es lassen sich jedoch zwischen den Meßdaten beider Methodenstufen enge Beziehungen herstellen. Die dritte Stufe der Methodik ist nur noch quasiquantitativ und umfaßt die Kartierung der Bodenerosionsformen nach Gestalt und Verbreitung. Diese Kartierungen werden systematisch im Frühjahr durchgeführt und zusätzlich nach Starkregenereignissen. Diese Aufnahme erstreckt sich flächenhaft auf das gesamte Untersuchungsgebiet. Weiterhin werden, sofern dies vom Gewässernetz und den Einzugsgebieten her möglich ist, Nährstoff- und Sedimentaustrag ermittelt. Diese vierte Stufe der Methodik kann aus regionalen Gründen im "Möhliner Feld" nicht realisiert werden, wohl aber im "Jura" und im "Napf".

Alle vier Stufen der Methodik verhalten sich komplementär und dienen dazu, flächenhaft quantitative Daten zu ermitteln bzw. punktuelle Daten auf die Fläche zu extrapolieren. Eine wesentliche Hilfe stellt dabei die systematische und großmaßstäbliche pedologische und geomorphologische Kartierung dar, die in allen Gebieten durchgeführt wurde. Durch den Zusammenhang sämtlicher Teilmethodiken, die im einzelnen wesentlich differenzierter sind als hier dargestellt werden kann, ist man weder ausschließlich an die klassische Kartierungsmethodik gebunden, noch an die Einzelmeßergebnisse der Testparzellen. Aus dem Gesamtzusammenhang wird dann der geoökologische Gebietszustand aus bodengeographisch-geomorphologischer Sicht dargestellt.

5. Überlegungen zum methodologischen Zusammenhang

Es ist einsichtig, daß die Bodenerosion letztthin ein anthropogener Prozeß ist, der gleichzeitig einen anthropogenen Landschaftswandel repräsentiert. Die komplex wirkenden Kräfte und Prozesse spiegeln sich im Relief und im Boden wieder, wobei letztthin die materielle Substanz der Geoökosysteme mobilisiert wird. So gesehen stellt die rezente Morphodynamik - dargestellt durch die Bodenerosionsprozesse - einen Teil der Dynamik der Geoökosysteme dar. Diese Zusammenhänge kann man vor allem sehr leicht bei der Betrachtung des Teilökosystems Boden erkennen. Dessen Dynamik umfaßt ja nicht nur Bodenentwicklung im Sinne der Pedogenese schlechthin, sondern auch oberflächennahe (Bodenmaterial) und unterirdische (Bioelemente, Ton, Humus) vertikale und laterale Umlagerungsprozesse. Diese von den exogenen Kräften ausgelösten Vorgänge sind sowohl Bestandteil der ("geomorphologischen") Verwitterung und des Abtrags als auch der ("pedologischen") Bodenbildung. In der klein-

räumigen topologischen Betrachtungsdimension der "Bodenentwicklung i.w.S. vor Ort" stellt sich methodisch eine vermeintliche oder tatsächliche Teilkongruenz bis Kongruenz zwischen pedologischer, geomorphologischer, bodengeographischer und geoökologischer Problematik heraus. Jede disziplinäre Betrachtungsperspektive aggregiert jedoch weitere (d.h. andere) Randbedingungen in die Betrachtung von einunddemselben Standort.

Es soll daher abschließend formuliert werden, daß bei großmaßstäblichen bodengeographischen, bodendynamischen und geomorphodynamischen Untersuchungen ein enger sachlicher Zusammenhang in der Thematik besteht. Dieser berechtigt aus methodischer und methodologischer Sicht, quantitative Bodenerosionsprozeßforschung als Teilbereich der landschaftsökologischen Forschung zu bezeichnen. Damit soll keineswegs die landschaftsökologische Forschung durch Bodenerosionsforschung ersetzt werden - was auch deswegen nicht möglich ist, weil letztere nur einen Teilbereich der Dynamik der Geoökosysteme erfaßt. Inwieweit der Umfang geoökologischer Forschungen der topologischen Dimension durch Bodenerosionsforschungen erreicht wird, hängt vom Ökosystemmodell ab, welches den jeweiligen Untersuchungen zu Grunde gelegt wird.

Es geht nicht um kleinliche Fachgebietsabgrenzungen zwischen Pedologie, Bodengeographie, Geoökologie und Geomorphologie, sondern um das Erkennen der Tatsache, daß mehr oder weniger am gleichen Gegenstand aus verschiedenen Fachperspektiven geforscht werden kann und geforscht werden muß. Der Beitrag, der von den einzelnen Disziplinen zur Ökosystemforschung geleistet wird, hängt vom jeweiligen Modell ab, das den Untersuchungen zu Grunde liegt. Dieses Modell ist selbstverständlich von den disziplinären Perspektiven geprägt und unterscheidet sich damit grundsätzlich vom Modell der Nachbardisziplinen. Generell leisten jedoch alle beteiligten Fachbereiche einen Beitrag zur geomorphologischen und geoökologischen Prozeßforschung. Dieses Generalziel sollte vor allem bei sehr kleinräumigen und nur wenige Randbedingungen berücksichtigenden Untersuchungen nicht aus den Augen verloren werden.

6. Literaturzusammenstellung

Wie bereits erwähnt, soll die Literatur vor allem dazu dienen, einen Überblick über die am Geographischen Institut Basel, Forschungsgruppe Physiogeographie, geleisteten Bodenerosionsforschungen zu gewähren. Es wird darauf verzichtet, im

Druck befindliche und damit noch nicht zugängliche Arbeiten zu zitieren. 1982 und 1984 werden zwei sehr umfangreiche Studien abgeschlossen, die die Untersuchungsergebnisse in den Testlandschaften "Jura" und "Möhliner Feld" darstellen.

- LESER,H.: Soil erosion measurement on arable land in north-west Switzerland. In: Geography in Switzerland, Bern 1980, S.9-14
- LESER,H. & R.-G.SCHMIDT: Probleme der großmaßstäblichen Bodenerosionskartierung. In: Ztschr.f.Kulturtechn. u. Flurbereinigung,21,H.6,1980,S.357-366
- LESER,H., SCHMIDT,R.-G. und SEILER,W.: Bodenerosionsmessungen im Hochrheintal und Jura (Schweiz). In: Petermanns Geogr. Mitt.125 (1981),S.83-91
- SCHMIDT,R.-G.: Probleme der Erfassung und Quantifizierung von Ausmaß und Prozessen der aktuellen Bodenerosion (Abspülung) auf Ackerflächen. Methoden und ihre Anwendung in der Rheinschlinge zwischen Rheinfeldern und Wallbach (Schweiz). *PHYSIOGEOGRAPHICA*,Bd.1, 1979, 240 S.
- SCHMIDT,R.-G.: Qualitative Methoden der Bodenerosionsmessung. Eine kritische Literaturdurchsicht. In: Regio Basiliensis, Bd.XX, H.1, Basel 1979, S.142-148
- SCHMIDT,R.-G.: Bodenerosion auf Ackerflächen. In: Die Grüne, Schweiz.Landwt.Ztschr., 108,Nr.42,1980,S.11-20
- SCHMIDT,R.-G.: Probleme der Simulation erosiver Starkregen - Versuche auf Bodenerosions-Testflächen. In: Regio Basiliensis,Bd.XXI,H.1+2, 1980,S.174-185
- SCHMIDT,R.-G.: Quantitative Bodenerosionsforschung im Hochrheintal - Ein Meßprogramm und seine Ziele. In: Mitt.Dtsch.BodenkdI.Ges.,30(1981),S.261-270
- SEILER,W.: Quantitative Bestimmung des aquatischen Bodenabtrags auf Ackerflächen vom Frühjahr 1978 bis Frühjahr 1979 im Tafeljura (Oberlauf der Ergolz, südöstl. Basel). In: Mitt.d.Dt.BodenkdI.Ges.,Bd.29, H.II, 1979, S.937-956
- SEILER,W.: Meßeinrichtungen zur quantitativen Bestimmung des Geoökofaktors Bodenerosion in der topologischen Dimension auf Ackerflächen im Jura (südöstlich Basel). In: Catena,Vol.7, No.2/3,1980,S.233-250
- SEILER,W.: Quantitativer Vergleich des Erosionsverhaltens eines winterlichen Dauerniederschlags und eines sommerlichen Starkregens. In: Bulletin BGS,41980,S.28-35
- SEILER,W.: Der Einfluß von landwirtschaftlicher Nutzung, Wirtschaftsweise und von verschiedenen Niederschlagsarten auf das Erosionsereignis bzw. das Formungsverhalten im Verlauf der Ergolz BL. In: Regio Basiliensis,Bd.XXI,H.1+2, 1980, S.186-197
- SEILER,W.: Vergleich des Abflußverhaltens und der Erosionserscheinungen in zwei kleinen Einzugsgebieten während einer Schneeschmelze mit zusätzlichem Niederschlag bei gefrorenem Untergrund und einem spätwinterlichen Dauerregen (Oberlauf d. Ergolz, s-östl. Basel). In: Mitt.Deutsch.BodenkdI. Ges. 30(1981a),S.229-246
- SEILER,W.: Der Einfluß der Bodenfeuchte auf das Erosionsverhalten und den Gesamt-abfluß in einem kleinen Einzugsgebiet auf der Hochfläche von Anwil (Tafeljura, südöstlich Basel). In: Zeitschrift f. Geomorphologie, Suppl.Band 39(1981b), S.109-122.

Anschrift des Verfassers:

Prof.Dr.rer.nat. Hartmut Leser, Abteilung Physiogeographie, Geographisches Institut der Universität Basel, Klingelbergstr. 16, CH-4056 Basel/Schweiz.

STRUKTUR UND WASSERHAUSHALT IN EINER RENDZINA

B. BUCHTER UND J. LEUENBERGER

ETH Zürich, Institut für Wald und Holzforschung, Fachbereich Bodenphysik
Zürcherstr. 111, 8903 Birmensdorf

FRAGESTELLUNG

Die meisten Arbeiten über den Wasserhaushalt befassen sich mit feinerde-
reichen Böden. Ein Grossteil der forst- und landwirtschaftlich genutzten
Böden der Schweiz ist aber schwach bis ausgeprägt skelettreich. In einem
solchen Boden ist das kapillar wirksame Leitsystem eingengt. Unbekannt
ist, wie weit die Berechnungen von Wasserflüssen aus den punktuellen Saug-
spannungsmessungen möglich ist.

Die Ziele des Projektes sind die folgenden:

- Der Anisotropie- und Inhomogenitätsgrad der Feinerdeverteilung ist zu er-
fassen.
- Der Wasserhaushalt ist unter dem am Versuchsstandort gegebenen Klima und
unter dem Einfluss der Vegetation zu untersuchen.

PROBLEMATIQUE

La plupart des travaux sur le régime hydrique concerne des sols riches en
terre fine. Une grande partie des sols utilisés pour la sylviculture et
l'agriculture en Suisse sont faiblement à fortement pierreux. Dans un sol
de ce type, le système capillaire est reserré. On ne sait pas à quel point
il est possible de calculer l'écoulement de l'eau sur la base des mesures
ponctuelles de la tension de l'eau dans le sol.

Les buts du projet sont les suivants:

- Il faut déterminer le degré d'anisotropie et d'inhomogénéité de la répartition de la terre fine.
- Il faut examiner le régime hydrique compte tenu d'une part, du climat du lieu d'investigation et d'autre part, de l'influence de la végétation.

CHARAKTERISIERUNG DES PROJEKTSTANDORTES

Ort: Schitterwald, Weissenstein; Gemeinde Gänsbrunnen SO
Höhe: 980 m ü.M.
Klima: Jahresmitteltemperatur 6.0 °C
Niederschlag 1400 mm a⁻¹
Geologie: Malmkalk, anstehend in 1.6 m Tiefe
Relief: Hangneigung 40 %
Exposition N-NNW
Vegetation: Typischer Tannen-Buchenwald (Abieti-Fagetum typicum)
Baumhöhe 25-30 m
Boden: Mull-Rendzina
Horizontenfolge: L(0-5cm) - [F] - A_h(5-30cm) - A_hC(30-60cm) -
C¹(60-80cm) - C²(80-160cm)

Zu Vergleichswecken werden zugleich an der Südseite des Weissensteins Niederschlags- und Saugspannungsmessungen ausgeführt.

STRUKTURUNTERSUCHUNG

Einerseits soll mit der Strukturuntersuchung die Anisotropie und Inhomogenität eines skelettreichen Bodens bestimmt werden, andererseits sollen damit auch Hinweise zur Erfassung des Wasserhaushaltes in einem solchen Boden gefunden werden.

Bei der Bestimmung des Anisotropie- und Inhomogenitätsgrades handelt es sich um ein stereometrisches Problem, um das Problem der Parametrisierung von Strukturen. Damit können u.a. Grösse, Form, Anzahl, Verteilung und

Orientierung (Anisotropie) des Skelettes in der Feinerde-Grundmasse erfasst werden.

Aus einem zweidimensionalen Schnitt durch einen Boden lassen sich bei geeigneter Analyse alle benötigten Informationen über das dreidimensionale Gefüge erhalten, da die Anordnung der Phasen in der Matrix erhalten bleiben.

Bei den folgenden 5 Methoden wurde am Profil die zu untersuchende Schnittebene mit der Feinerde gebildet, aus der die Steine herausragten.

Manuelle Methoden: - Abzeichnen auf Glasplatte (wie in der Unterwasserarchäologie)

- Punktanalyse ($10'000 \text{ Punkte/m}^2$)

Photogrammetrische Methoden mit Stereophotos und Autograph:

- Punktanalyse ($10'000 \text{ Punkte/m}^2$)

- Zeichnen eines Skelettplanes und anschliessendes Digitalisieren

Photogrammetrische Methode:

- Digitalisieren direkt am Monobild

(Bei der Digitalisierung werden die aus Kurvenstücken bestehenden Begrenzungslinien der Steine in einzelne Geraden aufgelöst.)

Die Punktanalyse am Profil und die Digitalisierung des nach dem Stereobild gezeichneten Planes haben befriedigende Ergebnisse gezeigt, doch ergeben sich bei allen oben beschriebenen Methoden Probleme bei der Definition der Ebenen und mit herausfallenden und herausragenden Steinen. Um die Struktur zu untersuchen, wäre es am besten, den Boden in Scheiben zu zerschneiden. Das entscheidende Problem dabei ist, den Boden auf irgendeine Art so zu härten, dass er zersägt werden kann.

Daher wurden Härtingsversuche an geschütteten, dann an ungestörten Bodenproben einerseits mit verschiedenen Araldit-Arten, andererseits durch Gefrieren mit flüssigen Stickstoff ausgeführt. Härten durch Gefrieren hat den Vorteil, dass an der zersägten Probe die Bestimmung von Bodenparametern wie Desorptionskurve, k-Wert und Korngrößenverteilung noch möglich ist, bei der Härtung mit Harz nur in beschränktem Umfang, andererseits zerfällt

die gefrorene Probe, wenn sie nicht gekühlt bleibt.

Von den Harzen war Araldit BY 158 mit Härter HY 2996 am besten geeignet.

Mit diesen wurde der Strukturblock gehärtet.

Grösse des Blockes (inkl. Beton): 55 x 80 x 180 cm

Gewicht: ca. 1500 kg

Inhalt des umgebenen Bodens: ca 500 dm³

Verbrauch an Araldit (inkl. Härter): ca. 90 l

WASSERHAUSHALTMESSUNGEN

Um mögliche Irregularitäten im Sickersystem zu erfassen, wird die kleinflächige Verteilung der Saugspannungen gemessen.

Folgende Instrumente werden verwendet:

- Tensiometer zur Bestimmung der Saugspannungen (Kapillarpotentiale)
- Regenmesser vom Typ Diem sowie ein Totalisator zur Messung der Niederschläge. Weitere Klimawerte stammen von der SMA.

In zwei Bodensystemen werden 3 bzw. 2 Strömungsnetze erfasst. Zusätzlich wird an der Südseite des Weissensteins der Saugspannungsverlauf gemessen. Der Einbau von bis zu 9 Tensiometern übereinander verunmöglichte die Verwendung von vertikalen Tensiometern. Wir haben daher horizontale, entlüftbare Tensiometer eingebaut, die mit der Einstechmethode abgelesen werden (d.h. quecksilberfrei).

Die Messungen wurden im Mai 1981 begonnen und werden bis Herbst 1982 weitergeführt.

ERGEBNISSE

- Mächtigkeit des Bodens: 160 cm

0 - 80 cm: durchwurzelt und verwittert

80 - 160 cm: durchwurzelt, nicht verwittert

- Skelettanteil (>10 mm)
 - 0 - 80 cm: 38 - 44 Vol.-%
 - 80 - 160 cm: 61 - 67 Vol.-%

Ab 120 cm Tiefe lässt sich der Fels nur mehr schwer, ab 160 cm nicht mehr mit dem Pickel herausbrechen, trotzdem gehen die Wurzeln noch tiefer.
- Orientierung des Skelettes (>10 mm)
 - 0 - 80 cm: keine Ausrichtung des Skelettes
 - 80 - 160 cm: Skelett gerichtet, geologisch bedingt
(Malmkalk ist geschichtet)
- Einige Tensiometer sind im Skelett ohne Verbindung zur Feinerde. Dennoch lassen sich keine Unterschiede zu den Tensiometern erkennen, die nur von der Feinerde umgeben sind. Der Kalkstein ist von Spalten durchsetzt. Der gesättigte k-Wert des Kalkes wurde auf 10^{-8} bis 10^{-6} cm s^{-1} geschätzt.
- Der Skelettanteil (>10 mm) beträgt ab 80 cm stellenweise über 80 %, trotzdem ist bei Niederschlägen eine gleichmässige Durchfeuchtung (\Rightarrow Kontinuität der Feinerde oder der Makroporen) und anschliessend eine gleichmässige Austrocknung (\Rightarrow homogene Verteilung der Wurzeln) festzustellen.
- Auch bei starken Regenfällen tritt kein talwärts gerichteter Fluss auf, was darauf hindeutet, dass die Wassersickerung nicht gehemmt ist und keine Sättigung auftritt trotz des hohen Skelettanteils, eventuell wegen eines gut funktionierenden Makroporensystems.

Infiltration in Böden mit Makroporen

Peter Germann, Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, University of Virginia, Charlottesville VA22903
William E. Edwards und Loyd B. Owens, Soil Scientists, USDA-ARS
Coshocton and ORDC, Wooster (Ohio)

Anmerkung: Dieser Beitrag fasst die vorläufigen Ergebnisse von Infiltrationsversuchen zusammen, die von Mai bis Juli 81 in den North Appalachian Watersheds, Coshocton (Ohio) durchgeführt wurden. Ausführliche Publikationen sind in Vorbereitung.

EINLEITUNG

Die zunehmende Beanspruchung unserer Böden durch Land- und Forstwirtschaft in Verbindung mit Erholungs- und Beseitigungsfunktionen einerseits und die großräumige Veränderung der Landschaft andererseits verlangen nach besseren Grundlagen zur Beurteilung von Eingriffen in die bestehenden Verhältnisse.

Die Feststellung, dass die Regenwurmpopulation und die Dichte der Durchwurzelung nach erfolgter Brachlegung zugenommen haben (GISI und OERTLI, 1981) führt zum Beispiel direkt zur Frage, wie sich der Bodenwasserhaushalt und die Hydrologie der betroffenen Gegend verändert haben oder sich noch verändern werden. Beim Studium solcher Probleme stellt man bald fest, dass das bestehende Wissen über derartige Zusammenhänge begrenzt ist, obwohl Bodenbiologen seit einem Jahrhundert über die engen Beziehungen zwischen der Bodennutzung und der Aktivität der Bodenfauna berichtet haben (DARWIN, 1881; GRAFF und MAKESCHIN, 1979; HOLE, 1981). Aus eigenen Untersuchungen geht hervor, dass der Einfluss veränderter Landnutzung auf den Bodenwasserhaushalt und auf die Verlagerung von Stoffen im Boden besser beurteilt werden können, wenn mehr über die Wasserbewegung in den Makroporen bekannt ist (BEVEN und GERMANN, 1980 und 1982). (Makroporen sind Hohlräume größer als 3mm, die übrigen sind Mikroporen)

HYPOTHESEN

Aus dem Beitrag von GERMANN(1980) koennen zwei Hypothesen ueber die Wassersickerung waehrend einer Infiltration in Boeden mit Makroporen hergeleitet werden:

- I Wasser sickert lateral von den Makroporen in die Mikroporen der unmittelbaren Umgebung
- II Die Eindringtiefe einer vorgegebenen Wassermenge in den Boden haengt von der Intensitaet ab, mit der sie auf die Bodenoberflaeche gelangt.

EXPERIMENTE

Insgesamt fuenf Saeulen natuerlich gelagerten Bodens (\emptyset 30 cm, Hoehen 45 bis 55 cm) wurden in situ mit KBr-markiertem Wasser (340 ppm Br^-) beregnet. Der gesamte Br^- -Gehalt von 2.5 cm maechtigen, horizontalen Schichten, in die die Saeulen anschliessend zerlegt wurden, konnte ermittelt werden. In Saeule 5 wurden zudem in ausgewaehlten Schichten 2 bis 3 Proben dreier Radiusklassen konzentrisch um Wurmloecher entnommen (Radien: 0-13, 13-21 und 21 - 37 mm) und die Br^- -Konzentrationen bestimmt. Der Boden der Saeule 1 stammt aus einem konventionell gepfluegten Maisfeld, wies eine 2 bis 3 cm maechtige, dichtgeschlaemmte Kruste ohne Makroporen auf. Die Beregnungsrate betrug $5 \cdot 10^{-3} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$. Die Saeulen 2 bis 5 wurden aus einem Boden praepariert, der seit etwa 15 Jahren nicht mehr gepfluegt wurde, auf dem Mais aufwuchs und der zahlreiche Makroporen (Wurmloecher, Wurzelkanaele) aufwies. Die Beregnungsraten betragen: Saeule 2: $2 \cdot 10^{-4} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$; Saeule 3: $10^{-3} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$; Saeulen 4 und 5: $5 \cdot 10^{-3} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

ERGEBNISSE

Die Profile der Dichten und der Bromidgehalte der Saeulen 1 bis 4 sind in der Abbildung 1 dargestellt. In der Abbildung 2 sind die Br^- -Konzentrationen der konzentrisch entnommenen Proben in Relation zur Konzentration der gesamten Schicht aufgezeichnet. Im wesentlichen wird die Hypothese I bestaetigt:

Die Br^- -Konzentration ist groesser in der Naehe der Makroporen und nimmt mit zunehmender Entfernung von diesen ab (Schichten 2, 4, 6 und 7). Sie ist aber nur in den Schichten 2, 12, 13 und z.T. 4 groesser als jene der gesamten Schicht, was andeutet, dass nicht die wirkungsvollsten Makroporen untersucht wurden.

In Abbildung 3 sind die laufend ueber die Tiefe aufsummierten Br^- -Gehalte aufgetragen. Die Lage des Medians (50%-Wert) bestaetigt die Hypothes II. Der Einfluss der Makroporen wird durch den Unterschied der Kurven 1 und 4 (gleiche Berechnungsraten, mit und ohne Makroporen) besonders deutlich.

DISKUSSION

Ein positiver Einfluss von Makroporen auf die Infiltration kann auf grund der dargestellten Ergebnisse angenommen werden. Offen ist immer noch die Frage, welche Poren zu den Makroporen zu zaehlen sind und wie Makroporensysteme charakterisiert werden koennen. Im allgemeinen wird die Vermutung von GERMANN (1981) bestaetigt, wonach bei intensiven Niederschlaegen ein beachtlicher Teil des Wassers rasch in tiefere Bodenschichten gelangen kann, wo es mit den herkoemlichen Methoden der Bodenhydrologie nicht mehr erfasst werden kann. Allerdings ist nahezu unbekannt, bei welchen Intensitaeten die Makroporen Wasser leiten koennen. TOPP und DAVIS (1981) berichteten fuer Tonboeden von Werten um 1 mm.h^{-1} , wenn die gesamte Niederschlagsmenge zuvor etwa 10 mm erreichte.

VERDANKUNG

Die Autoren danken Cindy Tuckman und Tom King fuer die Analysen der Bodenproben und Sung Ho Lim fuer die Erstellung der Zeichnungen, namentlich jene der Poster-Ausstellung.

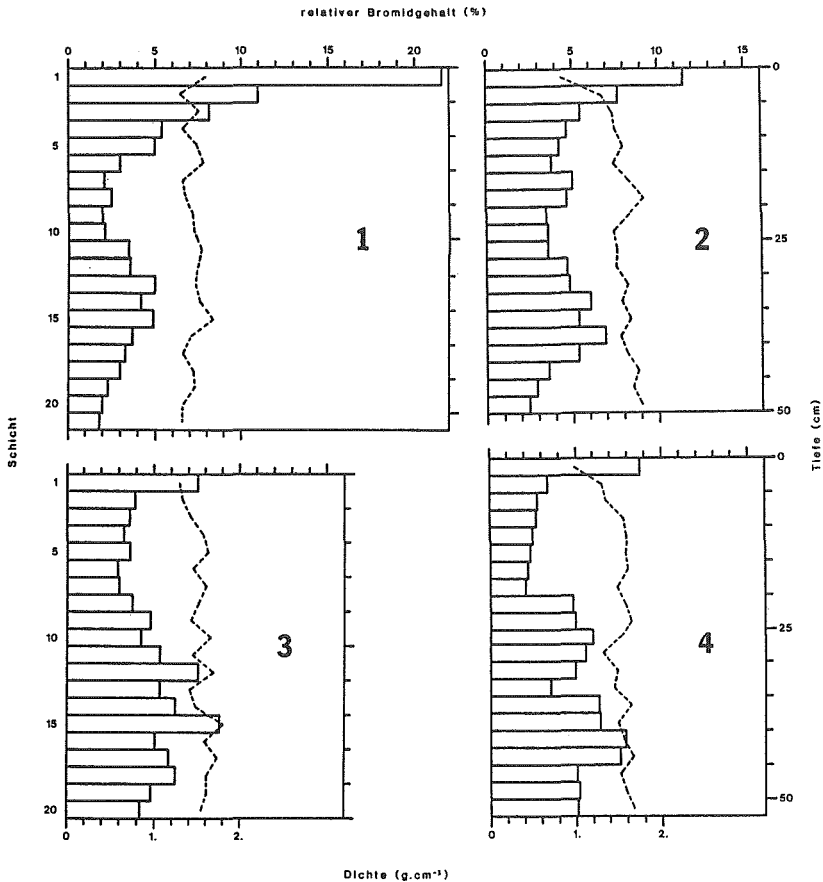


Abbildung 1: Relativer Bromidgehalt (Saeulen) und scheinbare Dichte (Linie) als Tiefenfunktion in den Saeulen 1 bis 4.

Berechnungsraten: Saeulen 1 und 4: $5 \cdot 10^{-3} \text{ cm.s}^{-1}$

Saeule 2 $2 \cdot 10^{-4} \text{ cm.s}^{-1}$

Saeule 3 $10^{-3} \text{ cm.s}^{-1}$

Saeule 1: Boden von gepfluegtem Maisfeld, mit Kruste, ohne Makroporen.

Saeulen 2 bis 4: Boden aus ungepfluegtem Maisfeld mit zahlreichen Makroporen

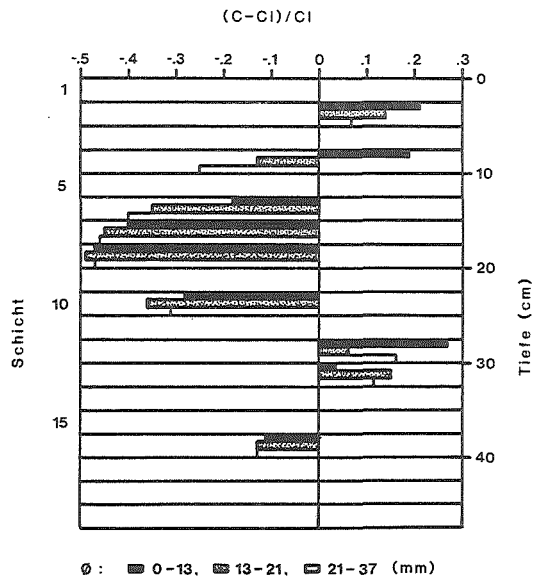


Abbildung 2: Relative Bromidkonzentration in Proben entnommen konzentrisch um Wurmlocher (2 bis 3 Wiederholungen) C : Konzentration in der Probe; C_1 : Konzentration in der gesamten Bodenschicht.

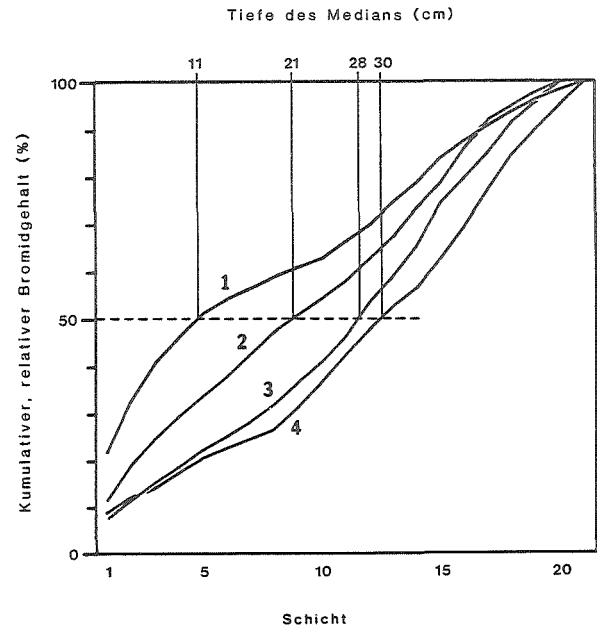


Abbildung 3: Kumulativer, relativer Bromidgehalt, aufsummiert ueber die Tiefe. (Siehe auch Abbildung 1)

ZITIERTE LITERATUR

- BEVEN, K. and GERMANN, P. (1980): The role of macropores in the hydrology of field soils
Report 69, Institute of Hydrology, Wallingford UK, 46p.
- BEVEN, K. and GERMANN, P. (1982): Macropores and water flow in soils
(Review paper submitted to Water Resources Research)
- DARWIN, C.R. (1881): The formation of vegetable mould
John Murray, London, 326 p.
- GERMANN, P. (1981): Untersuchungen ueber den Bodenwasserhaushalt im hydrologischen Einzugsgebiet Rietholzbach
Mitteilung 51 der VAW, ETH Zuerich, 135 p.
- GERMANN, P. (1980): Bedeutung der Makroporen fuer den Wasserhaushalt eines Bodens
Bulletin BGS 4, 13-18
- GISI, U. und OERTLI, J.J. (1981): Oekologische Entwicklung in Brachland verglichen mit Kulturwiese III.
Acta Oecologia, Oecol.Plant. 2(2):165-175
- GRAFF, O. und MAKESCHIN, F. (1979): Der Einfluss der Fauna auf die Stoffverlagerung und die Durchlaessigkeit von Boeden
Z.Pflanzenernaehr.Bodenkd.142:476-491
- HOLE, F.D. (1981): Effects of animals on soils
Geoderma 25:75-112
- TOPP, G.C. and DAVIS, J.L. (1981): Detecting infiltration of water through soil cracks by time-domain reflectometry
Geoderma 26:13-23

ETUDE DU RUISSELLEMENT A L'AIDE D'UN SIMULATEUR DE PLUIE

P. Grandjean et J.F. Jatton

Institut de Génie rural - EPFL

VORWORT

In Hinsicht auf eine Lösung unzähliger Probleme im Rahmen der Bodennutzung ist eine quantitative Erfassung des auf der Oberfläche abfliessenden Regenwassers sowie des Versickerungswassers oft von grösster Bedeutung.

Um diesem Problem etwas näher zu kommen haben wir auf einen einfachen Regensimulator zurückgegriffen. Gleichzeitig führten wir Beobachtungen an Ort und Stelle über das Verhalten des Oberflächenabflusses durch.

Ziele dieser Kurzarbeit (2 Monate) waren die Entwicklung der Versuchsanlage und eine erste Analyse der erhaltenen Resultate.

PROLOGUE

En vue de résoudre de nombreux problèmes concernant l'utilisation du sol, il est souvent nécessaire de déterminer la part des précipitations qui ruisselle et celle qui s'infiltré.

Pour étudier ce problème, nous avons fait appel à la simulation de pluie et à l'observation simultanée du ruissellement "in situ".

Le but de ce travail de courte durée (2 mois) était la mise au point du dispositif expérimental d'une part, l'étude des premiers résultats obtenus d'autre part.

DISPOSITIF EXPERIMENTAL / VERSUCHS-AUFBAU

L'installation est transportable et conçue pour réaliser des mesures sur le terrain.

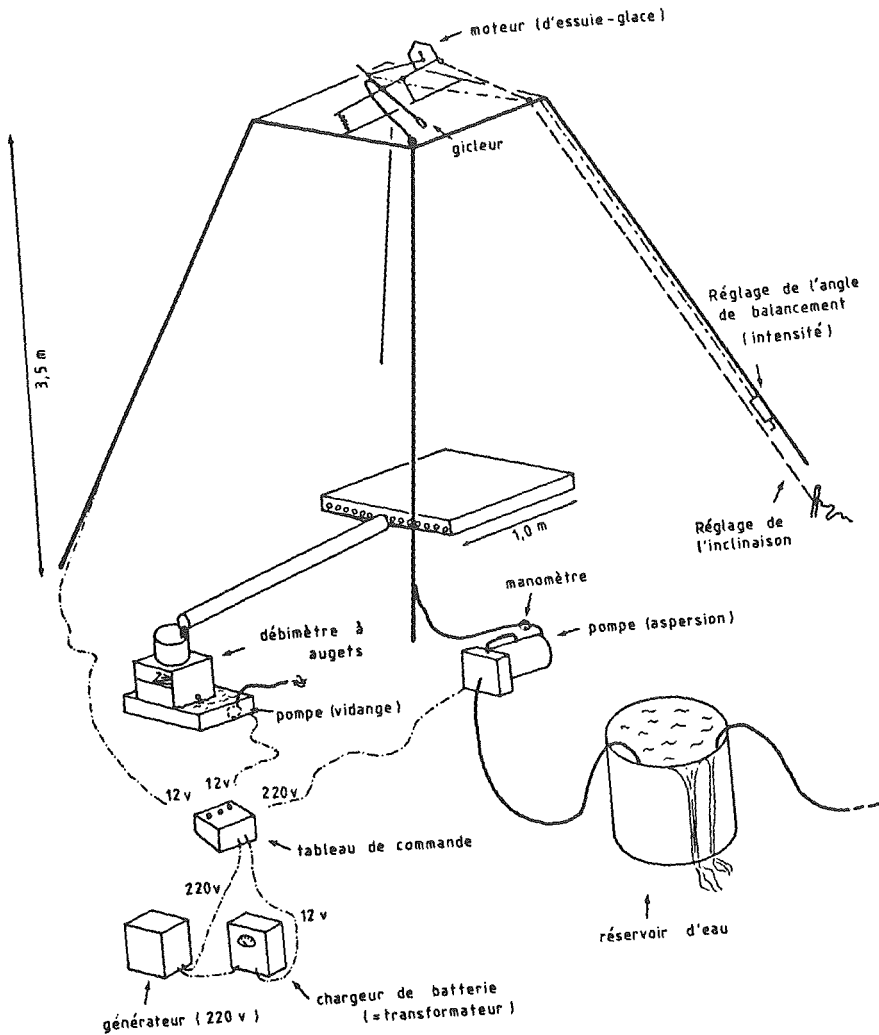


Schéma de l'installation

Simulation des pluies / Regen-Simulation

- Les principales caractéristiques des pluies naturelles sont à respecter, à savoir:
 - grosseur des gouttes de pluie
 - leur direction et vitesse d'impact au sol
 - l'homogénéité spatiale
 - l'intensité des averses.
- Les pluies sont simulées par un gicleur (Veejet 80150) placé à 3 mètres du sol et animé d'un mouvement de balancier.
- L'intensité des averses est réglable à tout moment, et sans interruption, entre 50 mm/h et 150 mm/h.

Mesure du ruissellement / Abfluss-Messung

- Un cadre métallique (enfoncé dans le sol) permet de délimiter une portion de terrain de 1 m² et de recueillir les eaux qui y ruissellent.
- Les débits ruisselés sont mesurés en continu par un débitmètre à augets basculeurs.
- Les faibles dimensions de la surface testée rendent la mesure sensible aux phénomènes d'échelle d'une part, posent le problème de la représentativité de l'échantillon d'autre part.

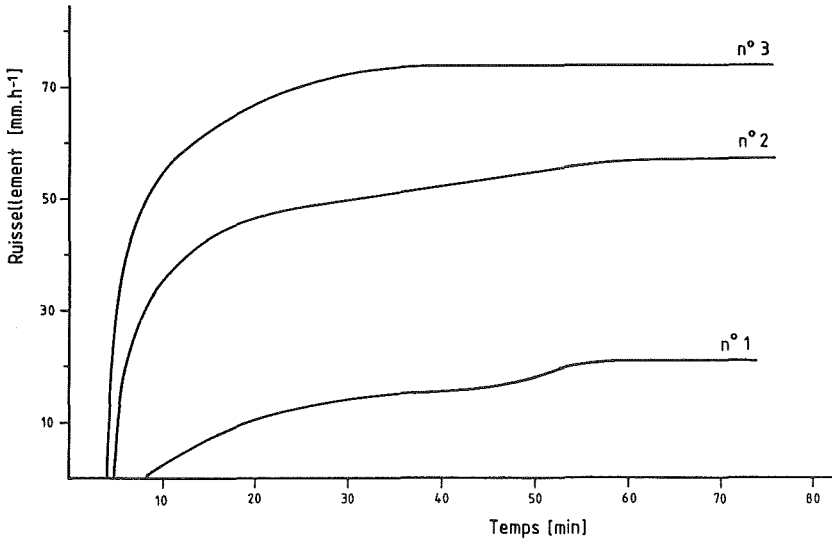
DEROULEMENT DES ESSAIS / VERSUCHS-ABLAUF

Faute de temps, l'installation n'a pas été déplacée; tous les essais se réfèrent à la même parcelle de gazon de pente 18%, sur sable limoneux.

Les paramètres que nous avons fait varier sont l'humidité initiale du sol (temps écoulé depuis l'averse précédente = t_a) et l'intensité des averses.

Remarquons que la forte intensité des averses simulées a provoqué une transformation du sol lors des dix premiers essais qui ont dû être écartés pour l'étude détaillée du ruissellement.

ETUDE DU RUISSELLEMENT / ABFLUSS-UNTERSUCHUNG



Exemples d'hydrogrammes observés

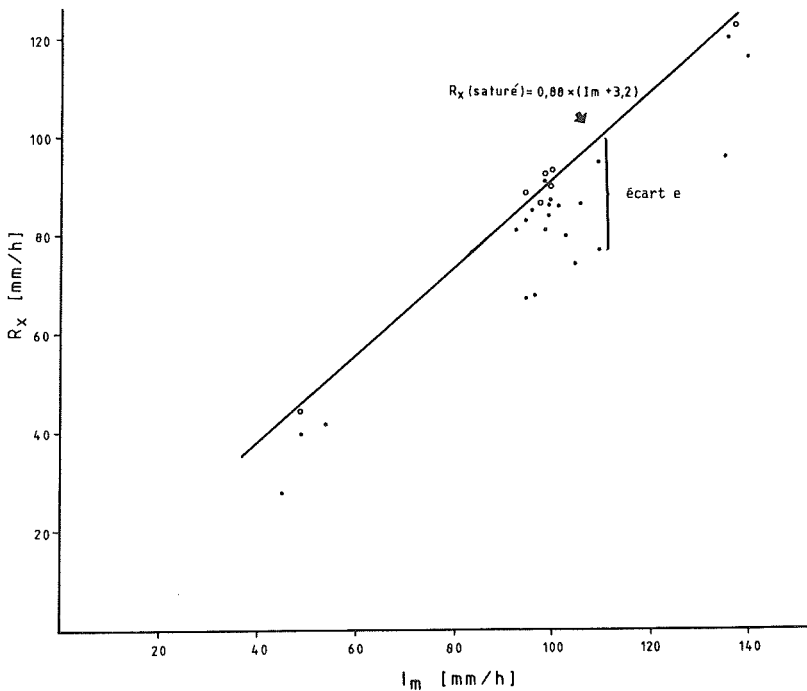
L'examen des résultats a permis de dégager une méthode de prévision des principales caractéristiques du ruissellement en fonction de trois paramètres aisément déterminables :

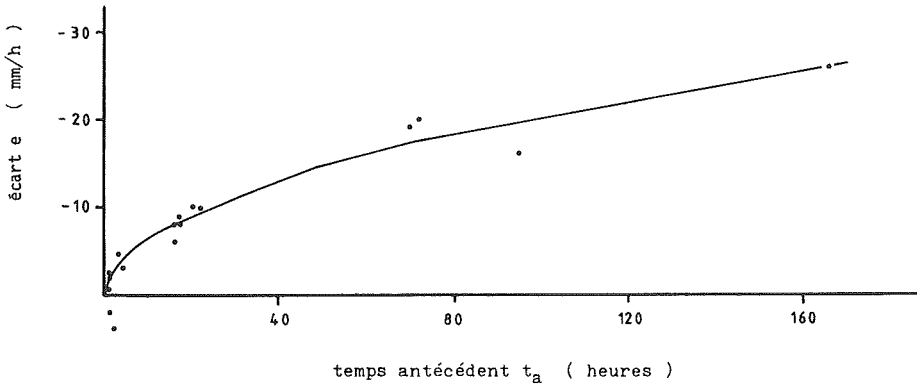
- intensité de la pluie étudiée (I_m)
- hauteur totale de la pluie étudiée (P_0)
- temps séparant cette pluie de l'averse précédente (t_a)

Die Analyse der erworbenen Resultate erlaubte uns eine Methode zur Vorhersage der Abfluss-Haupteigenschaften auszukristallisieren. Diese Methode berücksichtigt folgende 3 leicht bestimmbare Parameter:

- die berücksichtigte Regen-Intensität (I_m)
- die totale Niederschlags-Höhe (P_0)
- das Zeitintervall welches den berücksichtigten Niederschlag vom vorangehenden trennt (t_a).

Des diverses caractéristiques étudiées (hauteur de la pluie d'imbibition, détention superficielle, lame ruissellée...) voici à titre d'exemple les résultats obtenus pour l'intensité maximum de ruissellement (R_x) en fonction de l'intensité de l'averse et de l'humidité du sol, représentée par un indice (t_a).

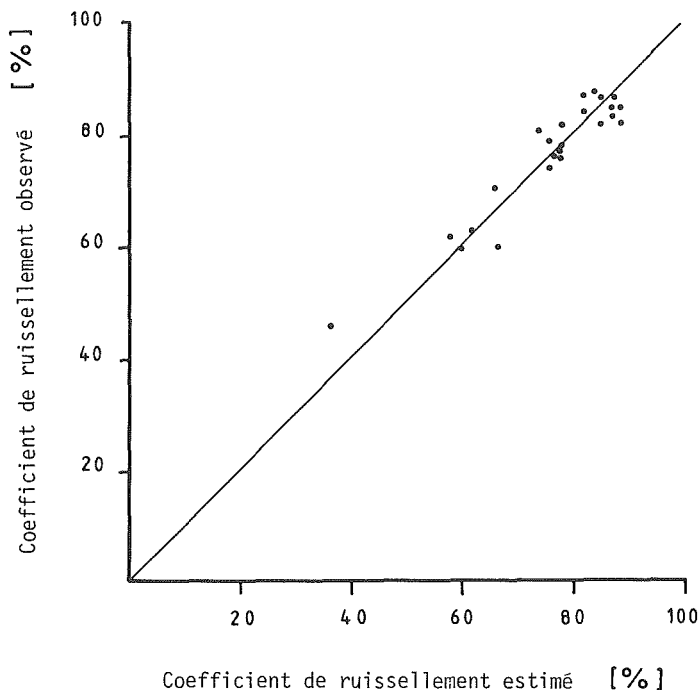




Ce résultat, confirmé par les études d'autres chercheurs en Afrique, est surprenant car il montre l'influence de l'humidité initiale (t_a) sur le régime permanent d'infiltration, ce qui contredit la théorie classique des écoulements; on tient peut-être là une preuve de l'influence des phénomènes encore très mal connus de compression et d'emprisonnement d'air.

Un résumé des résultats obtenus est donné par l'examen du coefficient de ruissellement C_r (= rapport entre la lame ruisselée et hauteur d'eau totale de l'averse) qui est calculé à partir des principales caractéristiques étudiées:

$$C_r = f(I_m, t_a, P_u)$$



Tous ces résultats ont été obtenus pour des conditions "sol humide"; des mesures sur sol sec seront encore nécessaires pour compléter les relations trouvées.

CONCLUSIONS *****

Concernant le ruissellement, cette étude a permis de mettre en évidence l'influence de l'intensité de la pluie et de l'humidité initiale du sol. Les résultats obtenus sont encourageants; ils permettront, s'ils se confirment lors d'essais ultérieurs, de continuer l'étude pour différentes pentes ou types de sol.

Quelques essais réalisés à part sur sol nu ont montré l'intérêt que peut avoir le simulateur de pluie pour l'observation de la dégradation de la surface du sol sous l'impact des gouttes de pluie. Cet appareil devrait pouvoir être appliqué dans différents domaines où la relation eau-sol-plantes occupe une place prépondérante, comme par exemple: Etude moderne de la dynamique des sols, évolution de l'état structural des surfaces cultivées, lessivage de certains produits...

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Diese Studie hat uns erlaubt, den Einfluss der Niederschlags-Intensität und der Bodenfeuchte auf den Oberflächenabfluss hervorzuheben. Die erhaltenen Resultate sind versprechend; falls sie durch weitere Versuche bestätigt würden, könnte eine Ausdehnung des Experimentes auf verschiedene Bodennäigungen und Bodentypen in Betracht gezogen werden.

Verschiedene Vorversuche auf unbebautem Boden haben die Bedeutung der Regensimulation bei der Untersuchung der Oberflächenzerstörung durch Tropfenaufschlag deutlich hervorgehoben.

Die verwendete Versuchsanlage könnte in verschiedensten Bereichen welche sich eingehend mit der Beziehung Wasser-Boden-Pflanze befassen, von Interesse sein, so. z. B. die moderne Bodendynamik, die Bodenoberflächenstruktur-Veränderung bei bebauten Böden, die Ausschwemmung einzelner Produkte, etc.

BIBLIOGRAPHIE

Se trouve dans:

"Etude du ruissellement à l'aide d'un simulateur de pluie", Travail de diplôme 1981, Pierre GRANDJEAN, qui peut être consulté à l'Institut de Génie Rural - EPFL, En Bassenges, 1024 Ecublens (Lausanne-Suisse).

LE DRAINAGE DES SOLS TOURBEUX : PREMIERE APPROCHE EXPERIMENTALE

G. JELMINI, J.-P. DUBOIS et D. DUBOIS

Laboratoire de Pédologie, EPFL, 1024 Ecublens

1. INTRODUCTION

Le présent essai est une contribution à l'étude des problèmes posés par l'assainissement des zones marécageuses et leur mise en culture. Il a pour but de suivre la dynamique de quelques éléments dans une masse tourbeuse soumise à trois régimes de nappes différents, suivant un protocole décrit en détails par JELMINI et al. (1981) et illustré par la fig. 1. La tourbe utilisée pour les essais provient du marais de Porsel (Fr). C'est une tourbe eutrophe (pH = 6,6; C/N = 16; C = 33,7%), pauvre en P et K assimilable et dont la couche supérieure (20cm) a reçu, en début d'essai, une fumure appropriée en N, P, K et Ca.

En raison des conditions climatiques particulières (laboratoire) et de l'absence de répétition de chaque situation, cette recherche doit être considérée comme une étude préliminaire. Les résultats obtenus ont permis de mettre sur pied, avec plus de sûreté, d'autres expériences en halle de végétation.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Activité biologique et minéralisation de la tourbe (fig. 2)

La variation des concentrations de la tourbe en NO_3 et NH_4 (extraction selon BOLLER-ELMER 1977) montre que, dans les zones drainées, la minéralisation de l'azote organique se poursuit jusqu'à la forme nitrique, alors qu'en conditions d'hydromorphie elle s'arrête à la forme ammoniacale. La variation des teneurs en ATP de la tourbe (selon la méthode de MAIRE 1980) présente un comportement analogue à celle des nitrates. Etant donné que :

- l'ATP est un indice d'activité biologique et aussi un métabolite formé en quantité plus importante en aérobiose qu'en anaérobiose
- les nitrates ne sont formés et ne subsistent qu'en conditions aérobies.

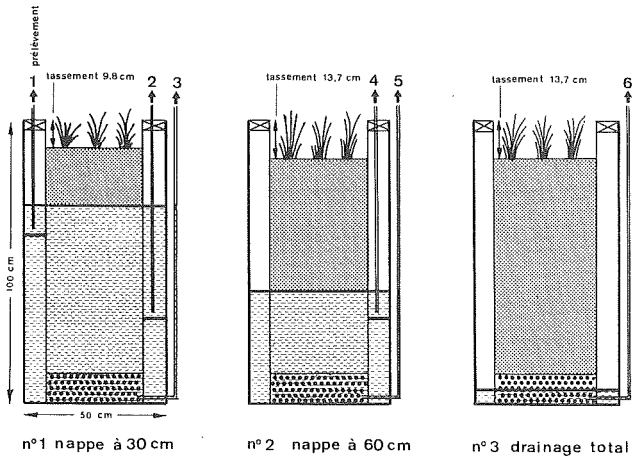
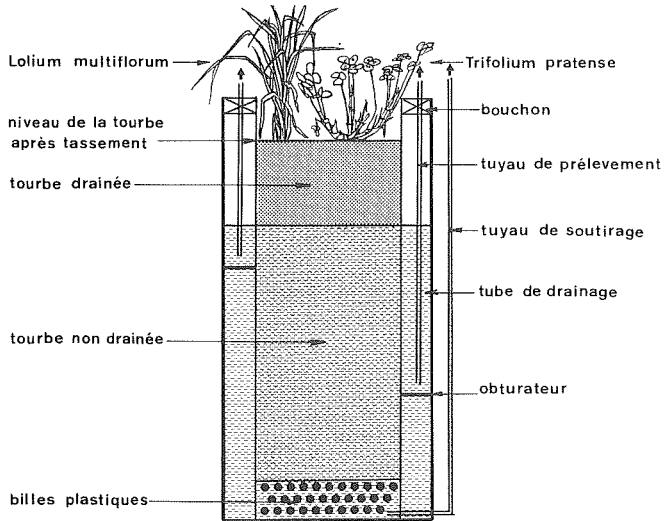


Figure 1. Dispositif expérimental selon JELMINI et al. (1981)

L'évolution analogue de ces deux paramètres pourrait donc signifier (surtout dans le cas du drainage total) que les nitrates ne sont pas seulement entraînés par percolation de la surface vers la profondeur mais aussi produits dans toute la zone drainée.

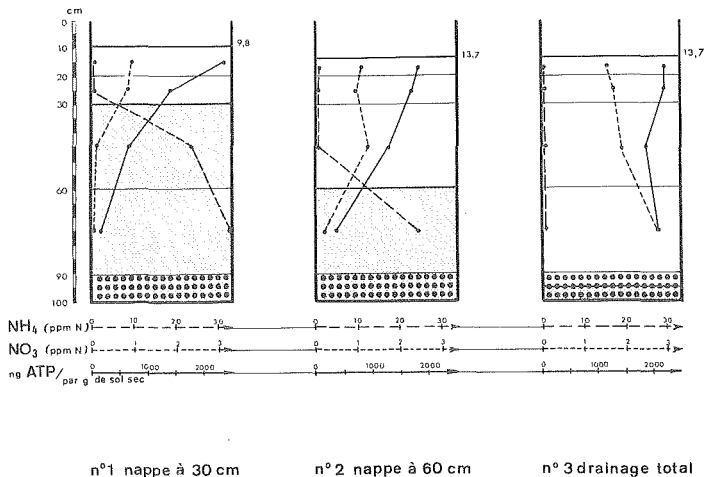


Figure 2. Influence du drainage sur la teneur du sol en ATP et en azote minéralisé.

La minéralisation de la tourbe est également mise en évidence par l'augmentation de l'extractibilité des cations, surtout dans la zone de battement de la nappe. En revanche, les formes échangeables varient peu à l'exception du sodium.

2.2. La plante (fig. 3)

La croissance du trèfle est fortement liée à celle du ray-grass. En début d'expérience, lorsque la température est élevée et l'intensité lumineuse faible (action défavorable sur le tallage du ray-grass), le trèfle se développe bien dans les trois situations de drainage. Cependant, le ray-grass (plante nitrophile) bénéficie de l'important stock d'azote libéré par la minéralisation de la tourbe et concurrence rapidement le trèfle,

d'autant plus que le rythme de coupe élevé est défavorable à ce dernier. Les teneurs importantes en azote dans les plantes, particulièrement pour le ray-grass, prouvent d'ailleurs que le milieu est resté riche en azote assimilable pendant toute la durée de l'essai. Les teneurs en potassium diminuent au cours de la saison en raison de l'appauvrissement de la tourbe en cet élément; cependant, le ray-grass compense ce phénomène par une absorption de sodium.

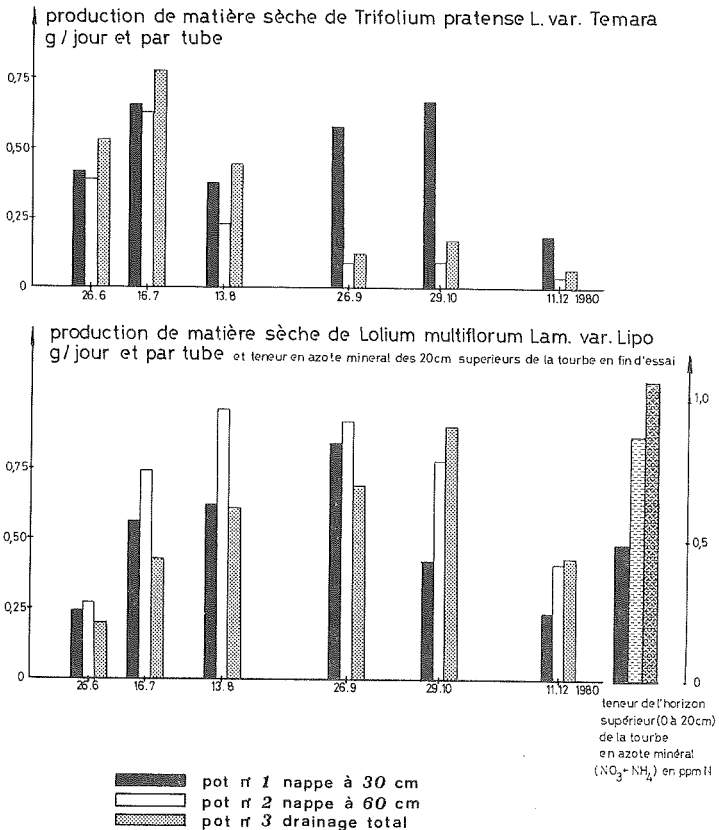


Figure 3. Influence du drainage sur la production de matière sèche.

2.3. Dynamique des éléments dans la nappe

La minéralisation de la tourbe augmente non seulement la consommation de nitrate par les plantes mais encore les pertes par lixiviation. Au cours de nos essais, les concentrations de l'eau du dispositif totalement drainé ont atteint $135\text{mgNO}_3\text{-N/l}$. En termes de bilan, ces pertes par drainage correspondent à l'azote consommé par les plantes. Par ailleurs, l'analyse de l'eau à divers niveaux de la nappe a montré que l'azote apporté sous forme d'engrais n'a pas été lixivié; il a été absorbé par les plantes, immobilisé par les microorganismes ou éventuellement dénitrifié. Les concentrations en Ca, Mg, Na, K et Fe sont plus importantes dans les nappes que dans l'eau du dispositif totalement drainé car la mise en solution des matières organiques en milieu hydromorphe s'accompagne d'une solubilisation des cations.

3. CONCLUSION

Les résultats de cette étude préliminaire, bien que fragmentaires, montrent que :

- la charge nitrique des eaux de drainage n'est pas due à l'effet de la fumure azotée mais plutôt à la minéralisation de l'azote organique
- l'ampleur de cette minéralisation est liée à la profondeur du drainage
- le choix d'une prairie comme couverture végétale d'une tourbe drainée est particulièrement favorable pour la rétention des nitrates
- la partie submergée d'une tourbe est caractérisée par une solubilisation importante de la matière organique et de nombreux cations
- le rendement de chaque espèce dépend des paramètres influençant la croissance du ray-grass en raison de l'effet concurrentiel qu'il exerce vis-à-vis du trèfle.

4. ZUSAMMENFASSUNG

In einem Vorversuch wurde der Einfluss der Entwässerung auf die Torfveränderungen, die Entwicklung und die chemische Zusammensetzung von Raigras und Rotklee, sowie die Nährstoffauswaschung untersucht.

Die wichtigsten Ergebnisse sind folgende :

- Die verwendeten Pflanzen zeigen je nach Wasserstand deutlich unterschiedliches Verhalten.
- Auch die N-Mineralisierung hängt vom Wasserstand ab.
- Eine deutliche Beziehung herrscht zwischen dem Nitrat und ATP-Gehalt des Bodens.
- Die Nitratauswaschung aus dem vollständig drainierten Boden ist bedeutend grösser als aus den schwach drainierten Böden.

5. BIBLIOGRAPHIE

- BOLLER-ELMER, K.Ch., 1977 : Stickstoff-Düngungseinflüsse von Intensiv-Grünland auf Streu- und Moorwiese.
Veröff. Geobot. Inst. ETH Stiftung Rübel 63.
- JELMINI, G., DUBOIS, J.-P. et DUBOIS, D., 1981 : Etude préliminaire de l'influence du drainage sur la migration des éléments dans une tourbe eutrophe.
Laboratoire de Pédologie EPFL PED 7.
- MAIRE, N., 1980 : Mesure de l'adénosine triphosphate (ATP) dans les sols.
Mise au point d'une méthode universelle - estimation théorique et pratique des pertes.
Laboratoire de Pédologie EPFL PED 6.

*IMMISSIONSBEDINGTE FLUORBELASTUNG EINES FOEHRENSTANDORTES
IM UNTEREN PFYNWALD.*

Von P. Ferlin, H. Flühler und J. Polomski
Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, CH-8903 Birmensdorf

EINLEITUNG und FRAGESTELLUNG.

Der Einfluss fluorhaltiger Luftverunreinigungen auf Pflanzen ist in der Literatur gut dokumentiert (Weinstein, 1977). Am meisten Beachtung fanden die Auswirkungen der emittierten Fluorverbindungen auf Pflanzen, Tiere und auf den Menschen. Der quantitative Aspekt dieser Umweltbelastung wurde bisher kaum beachtet. Es ist nicht klar, wo und in welchem Umfang diese Luftverunreinigungen deponiert werden und was – langfristig gesehen – mit ihnen geschieht.

In der vorliegenden Arbeit versuchen wir anhand einer im Immissionsbereich der Aluminiumhütte Chippis gelegenen Waldparzelle im Unteren Pfywald (Sierre, Wallis), den Umsatz des Immissionsstoffes Fluor mengenmässig zu erfassen und die Frage nach dem Verbleib der ausgestossenen Fluormengen zu beantworten. Es werden Anhaltspunkte dafür gegeben, wie hoch der Fluoreintrag heute ist, welche Fluormengen in der Vegetation und welche im Boden eingelagert wurden, was uns schliesslich zu der Frage führt, ob bereits heute ein Fluoraustrag aus dem Wurzelraum dieses Standortes beobachtet werden kann.

Es geht letztlich um die Frage, ob der Ein- und Austrag dieses Schadstoffes heute, nach einer 73jährigen Immissionsgeschichte schon ein Gleichgewicht erreicht hat oder ob die Fluorakkumulation bei fortgesetzter Belastung weiter fortschreitet. Die Antwort auf diese Frage ist entscheidend, wenn man die Belastbarkeit des Waldes in dieser Region beurteilen will.

Obwohl wir lediglich Grössenordnungen angeben können, erachten wir die gefundenen Resultate als Diskussionsgrundlage dennoch sinnvoll; dies um so mehr, als vergleichbare Literaturangaben zu diesem Thema weitgehend fehlen.

FLUOREMISSION aus den ALUMINIUMHÜTTEN

Die Aluminiumhütten in Steg, Chippis und Martigny sind die Hauptemittenten von Fluorverbindungen im Wallis. Die Aluminiumproduktion und dementsprechend auch die Fluoremissionen der drei Hütten sind sehr verschieden (Tabelle 1).

Die Hütten in Martigny und Chippis begannen mit der Aluminiumproduktion 1908, die Hütte in Steg 1962. Die seit Inbetriebnahme der Hütten bis heute produzierte Menge Rohaluminium beläuft sich auf etwa zwei Millionen Tonnen. Rechnen wir mit der 1973 gültigen mittleren Fluoremissionsrate von 5,5 kg Ftotal pro Tonne erzeugtes Aluminium, erhalten wir

für den Zeitraum seit Produktionsbeginn einen Gesamtausstoss an gas- und staubförmigen Fluoriden in die Atmosphäre von rund 11 000 Tonnen. Wir sind uns bewusst, dass Angaben dieser

Tabelle 1. Aluminiumproduktion und Fluoremission der Aluminiumhütten im Wallis.

Hütte	Al-Produktion t Al · Jahr ⁻¹	F-Emission in die Atmosphäre 1976 t F · Jahr ⁻¹	F-Emissionsgrenzwerte ab 1982 t F · Jahr ⁻¹
Martigny	10 000	F _{gas} 3 F _{staub} 43	F _{total} 22
Chippis	28 000	F _{gas} 68 F _{staub} 118	F _{total} 110
Steg	48 000	F _{gas} 11 F _{staub} 176	F _{total} 72
	86 000	419	204

Art nicht unbestritten bleiben werden. Die Schätzungen sind unseres Erachtens jedoch eher konservativ. Tatsächlich dürfte die von 1908 bis heute emittierte Fluormenge einiges grösser sein, da in Martigny und Chippis zu Beginn der Produktion keine Filteranlagen installiert waren.

SCHÄTZUNG des FLUOREINTRAGES in die VERSUCHSFLÄCHE

Das untersuchte Waldgebiet befindet sich 1,75 km NNE der Aluminiumhütte Chippis, angrenzend an das Areal des TCS-Campingplatzes im "Foret de Finges" (Landeskarte 1:25 000, Blatt 1287 "Sierre": 609300/127100). Wegen den häufigen, aus der Richtung des Fluoremittenten talaufwärts wehenden SSW-Winden, ist die Immissionssituation ausgeprägt.

Der Bestand setzt sich mehrheitlich aus etwa 40 bis 60jährigen Föhren (*Pinus silvestris* L.) zusammen. Die Oberhöhe beträgt lediglich 9 bis 10 Meter. Der Kronenraum ist aufgelichtet. Die Kronen sind schirmförmig. Die Nadeln sind kurz. Durchschnittlich finden sich zwei bis drei Nadeljahrgänge am Trieb. Die zwei- und dreijährigen Nadeln weisen vereinzelt Nadelspitzennekrosen auf.

In Abbildung 1 sind schematisch die Ausbreitungswege dargestellt, auf denen ein Teil der Fluorverbindungen aus der Atmosphäre in die Vegetationsdecke und in den Boden gelangen und auf denen sie den Standort wieder verlassen können.

Der Fluoreintrag in den Boden lässt sich auf vier verschiedenen Wegen verfolgen:

- Sedimentation der Staupartikel; Adsorption der Gase an der Bodenoberfläche;
- Niederschlag, der sich an Partikeln bildet oder Partikel und Gase einfängt;
- Adsorption an und Auswaschung aus Pflanzen (Filterwirkung des Waldes);
- zu Boden fallende, fluorkontaminierte Streu;

Im folgenden haben wir versucht, die Grössenordnung des Fluoreintrages abzuschätzen.

Gemäss Tabelle 1 können wir im Wallis die jährliche Fluoremission der drei Aluminiumhütten in die Atmosphäre auf rund 420 Tonnen veranschlagen, wobei sich dieser Wert bei

Einhaltung der ab 1.1.1982 gültigen Emissionsgrenzwerte in naher Zukunft auf etwa die Hälfte verringern dürfte. Die von den Emissionen betroffene Fläche im Rhontal wird von Scherrer et al. (1979) mit 430 km² angegeben. Für die gesamte Talschaft ergibt sich somit ein durchschnitt-

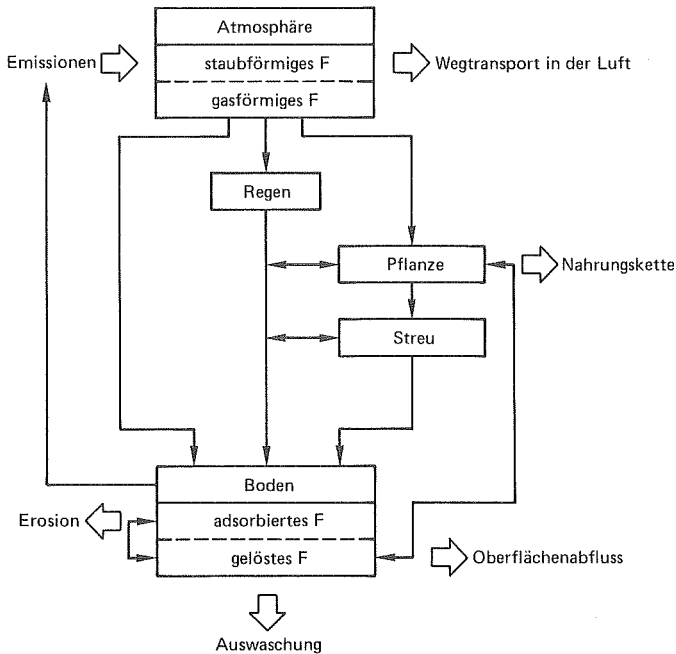


Abbildung 1. Ausbreitungswege des Immissionsstoffes Fluor von der Atmosphäre bis in den Boden (Flühler et al.; 1979).

licher Fluoreintrag von knapp $1000 \text{ mg F}^- \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Jahr}^{-1}$ ($500 \text{ mg F}^- \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Jahr}^{-1}$ ab 1982). Die in der unmittelbaren Umgebung einer Aluminiumhütte sowohl im Boden als auch in den Pflanzen im Vergleich zum übrigen Wallis stark erhöhten Fluorgehalte weisen jedoch darauf hin, dass der Fluoreintrag in der Nähe einer Aluminiumhütte um einiges grösser sein muss als der oben genannte Durchschnittswert.

Polomski et al. (1981) haben am gleichen Standort den Fluoreintrag in Bodensäulen gemessen. Gemäss diesen Messungen betrug der Fluoreintrag während eines Jahres (Nov. 1978-Nov. 1979) $7 (\pm 3,5) \text{ g F}^- \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Jahr}^{-1}$, also das Drei- bis Zehnfache des erwähnten Durchschnittswertes. Dieser Schätzwert kann nur die Grössenordnung des Fluoreintrages zeigen, da er lediglich auf zwei Wiederholungen beruht. Er ist aber plausibel, wenn man die fabriksnahe Lage und die Windsituation (siehe oben) in Rechnung stellt.

FLUORGEHALT der einzelnen KOMPARTIMENTE am Versuchsstandort.

Die grosse Blatt-, beziehungsweise Nadeloberfläche von Waldbäumen bewirkt, dass erhebliche Mengen an gas- und vor allem staubförmigen Luftverunreinigungen aus der Umgebungsluft ausgefiltert werden (Keller, 1971). Diese Stofffracht wird damit nicht eliminiert, sondern in verschiedenen "Standortskompartmenten" eingelagert. Darunter verstehen wir beispielsweise Nadeln, Bodenvegetation, Ober- und Unterboden. Am untersuchten Standort haben wir die Fluorgehalte der wichtigsten Kompartimente ermittelt.

Abbildung 2 zeigt die grosse Bandbreite der vorkommenden Fluorkonzentrationen. Diese liegen zwischen drei und tausend ppm. Lediglich der totale Fluorgehalt des Bodens zeigt

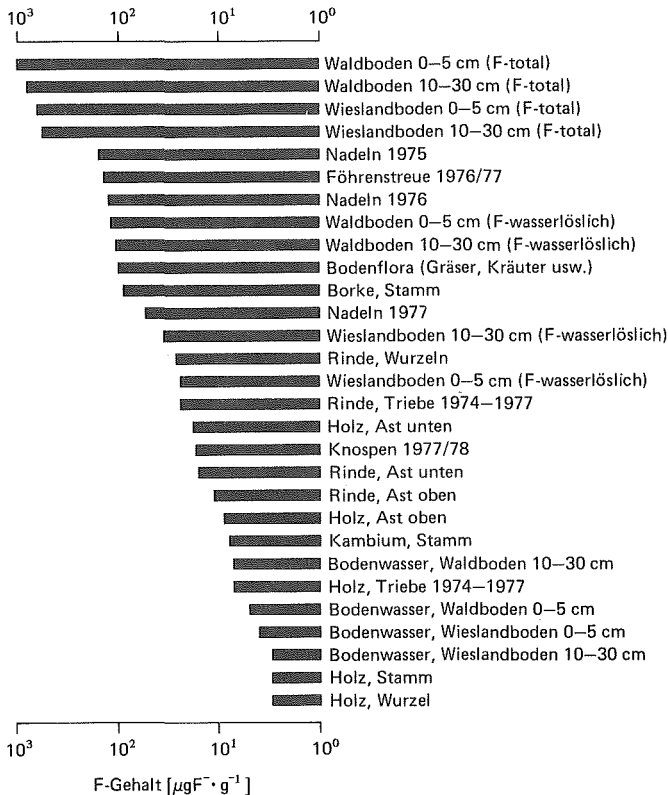


Abbildung 2. Fluorgehalte der einzelnen Kompartimente am Versuchsstandort (Probeentnahmen 1978).

Werte über 500 ppm. In den Föhren bewegen sich die gemessenen Konzentrationen im Bereich

unterhalb 200 ppm.

Um die entsprechenden Fluormengen pro Flächeneinheit zu berechnen, muss man neben den Konzentrationen die Trockengewichte der einzelnen Kompartimente pro Flächeneinheit kennen. Eigene Messungen und Literaturangaben ermöglichten es, die Trockengewichte der einzelnen "Kompartimente" des Baumbestandes in der Versuchsfläche grössenordnungsmässig zu errechnen (Tabelle 2).

Danach sind pro Hektare in den Föhren ein bis zwei Kilogramm Fluor vorübergehend festgelegt. Etwa die Hälfte davon findet sich in den Nadeln, ein Viertel im Holz, ein Fünftel in der Rinde und der Rest (7 %) in den verholzten Teilen der Wurzel.

Tabelle 2. Schätzung der Fluormengen, welche in den Föhren des Versuchsstandortes vorübergehend festgelegt sind.

Föhrenkompartiment		Trocken- gewicht	Fluor- konzentrationen	Fluor- menge	
		t · ha ⁻¹	ppm	kg : ha ⁻¹	%
Nadeln	(2,5 Jahrgänge)	8,5	84	0,7	47
Holz ohne Rinde	Derbholz	22,1	3	0,1	7
	Reisig	26,2	10	0,3	20
	Gesamt	48,3		(0,4)	(27)
Rinde und Borke	Derbholzrinde	3,9	35	0,1	7
	Reisigrinde	8,7	19	0,2	13
	Gesamt	12,6		(0,3)	(20)
Wurzeln	verholzt	12,1	6	0,1	7
Total		81,5		1,5	100

Bodenanalysen in der Umgebung der Aluminiumhütte Chippis zeigen, dass der Fluorgehalt des Bodens mit zunehmender Distanz zur Emissionsquelle abnimmt (Polomski et al., 1981). Mit anderen Worten: Die Emissionen der Aluminiumfabrik erhöhten den natürlichen Fluorgehalt des Bodens.

Im vorliegenden Fall handelt es sich um eine kalkhaltige Rendzina mit einem etwa 10 cm mächtigen Humushorizont. Der Fluorgehalt wurde im humushaltigen Oberboden (0–5 cm) und im mineralischen Untergrund (10–30 cm) bestimmt. Der "totale Fluorgehalt" gibt die gesamte Fluormenge des Bodens an, schliesst also den natürlichen Gehalt mit ein. Der "wasserlösliche Gehalt" umfasst hingegen nur jene Fluorfraction, welche durch Schütteln einer Bodenprobe mit einem Überschuss an Wasser aus dem Boden herausgelöst werden kann. Der Fluorgehalt im Bodenwasser schliesslich gibt die in der Bodenlösung gelöste Fluormenge an.

Die gesamte Fluormenge am Standort, Vegetation und Bodenschicht des Wurzelraumes (0–30 cm) miteinbezogen, beträgt 2,5–3,5 t F⁻ · ha⁻¹. Davon entfallen etwa 10–15 % auf den wasserextrahierbaren Fluoranteil im Boden. Stellt man die Analysenergebnisse des wenig fluorbelasteten Bodens bei Leuk in Rechnung, ergibt sich für den beobachteten Standort eine immissionsbedingte Fluorakkumulation von schätzungsweise 1,5–2,0 t F⁻ · ha⁻¹. Diese immissionsbedingte Menge ist grössenordnungsmässig vergleichbar mit dem Fluoreintrag über eine Zeitperiode

von 30 bis 40 Jahren.

Die Gesamtakkumulation ist weniger entscheidend als die Tatsache, dass sich Fluor, längerfristig betrachtet, einigermassen mobil verhält und somit in einer biologisch zugänglichen, möglicherweise toxischen Form vorliegt (Polomski et al., 1979b).

Tabelle 3. Aktueller Fluorgehalt im Boden der Versuchsfläche.

	Horizont	F _{total} ug · g ⁻¹	F _{wasserlöslich} ug · g ⁻¹	F im Bodenwasser ug · g ⁻¹
Waldboden	0– 5 cm	975	119	5,0
	10–30 cm	795	105	7,4
Wiesland	0– 5 cm	619	24	4,1
	10–30 cm	571	35	3,4

Laborversuche haben ergeben, dass das Fluor aus der Nadelstreu durch Einwirkung von Niederschlägen mobilisiert und in den Boden eingewaschen wird (Polomski et al., 1979a). In der wasserlöslichen Form wird Fluor mit der Zeit in die Tiefe verlagert. Anhand von Bodensäulen konnte nachgewiesen werden, dass der jährliche Fluoraustrag in 30 cm Tiefe etwa 70 % des jährlichen Fluoreintrages an der Oberfläche beträgt (Polomski et al., 1981). Die Adsorptionskapazität der oberen Bodenschicht (0–30 cm) für Fluor scheint also nach 72 Jahren Immissionsdauer trotz des hohen Kalkgehaltes (32,7 % CaCO₃) bald erschöpft zu sein.

Literatur

- Alusuisse 1977*: Analysen der Quellen und des Umfangs der Emissionen von Aluminiumhütten unter besonderer Berücksichtigung der Fluoride, 1–143.
Studie über Abwasser aus einer Aluminiumhütte und spezielle Untersuchung der Aluminiumhütte Steg, 35–37 und 53–55.
Schweizerische Aluminium AG Chippis / Zürich.
- Aussenac, G. 1969*: Production de litière dans divers peuplements forestiers de l'est de la France. *Oecol. Plant.* 4:225–236.
- Flühler, H., Th. Keller, H.U. Scherrer, 1979*: Les degats forestiers en Valais. *Bull. de la Murithienne* 96:3–22.
- Flühler, H., Th. Keller, H. Schwager, 1981*: Die Immissionsbelastung der Walliser Föhrenwälder. *Eidg. Anst. forst. Versuchswes.*, Mitt. 57,4.
- Knabe, W., 1970*: Natürliche Abnahme des aus Immissionen aufgenommenen Fluors in Fichtennadeln. *Staub, Reinhalt. Luft* 30 (9): 384–385.
- Keller, Th. 1971*: Die Bedeutung des Waldes für den Umweltschutz. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 122 (12):607–610.
- Polomski, J., H. Flühler, P. Blaser, 1981*: Accumulation of airborne fluoride in soils. *J. of Environ. Qual.* (Manuskript eingereicht).
- Polomski, J., H. Flühler, P. Blaser, 1979a*: Fluorinduzierte Degradierung des Bodens. *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 29:525–532.
- Polomski, J., H. Flühler, P. Blaser, 1979b*: Verändert Fluor den Boden? , *Bulletin Bodenkundl. Gesellsch. der Schweiz*, 3:51–62.
- Scherrer, H.U., H. Flühler, B. Oester, 1979*: Pine damage rating on medium and large scale infrared aerial photographs. *Color aerial photography in the plant sciences and related fields.* Falls Church, Va., Amer. Soc. of Photogramm., 1979:151–160.
- Weinstein, L.H., 1977*: Fluoride and plant life. *J. of Occupational Medicine* 18:649–678.

SCHWERMETALLGEHALTE EINIGER WENIG BELASTETER TYPISCHER BÖDEN DER SCHWEIZ

H. H ä n i, S. G u p t a und A. S i e g e n t h a l e r

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene
CH-3097 Liebefeld-Bern (Direktor Dr. E. Bovay).

Als Schwermetalle bezeichnet man gemäss Römpps Chemie-Lexikon diejenigen metallischen Elemente des Periodensystems, welche eine Dichte grösser als 4.6 g/cm^3 aufweisen. Unter ihnen befinden sich Metalle, die für den Aufbau der Biosphäre unerlässlich sind, z. B. Eisen (Fe), Kupfer (Cu) oder Zink (Zn) und Metalle, die von Lebewesen nicht benötigt werden, wie Cadmium (Cd), Blei (Pb) oder Quecksilber (Hg).

Sowohl essentielle wie auch nichtessentielle Schwermetalle können schon in leicht erhöhten Konzentrationen Schäden, wie Stoffwechselstörungen und Wachstumshemmungen, bewirken.

Die Böden industrialisierter Länder sind heute zunehmend Schwermetall - Immissionen (Luft, Abfallverwertung in der Landwirtschaft usw.) ausgesetzt, da ein hoher Verbrauch an Schwermetallen zu den typischen Merkmalen einer modernen Industriegesellschaft gehört. Die ständige Anreicherung von Schwermetallen im Boden kann langfristig sowohl die Bodenfruchtbarkeit als auch die Qualität der Ernteprodukte gefährden.

Untersuchungen über Schwermetallgehalte wenig belasteter Böden der Schweiz fehlen bis jetzt weitgehend. Zur besseren Kenntnis der Schwermetallgrundgehalte von Böden wurden in einer ersten Bestandesaufnahme 35 ausgewählte landwirtschaftlich genutzte Oberböden untersucht (Abbildung 2). Gehalte und Verteilungen von Ton, Schluff, pH, Humus, Kalk, KAK, Eisen- und Aluminiumoxiden sind in der Abbildung 3 dargestellt. Es wurden ihre mit 2M HNO_3 und $\text{NH}_4\text{OAc} + \text{EDTA}$ extrahierbaren Gehalte an Nickel, Kupfer, Zink, Blei und Cadmium bestimmt.

Das Lösungsmittel 2M HNO_3 löst von den erwähnten Metallen unter den gewählten Versuchsbedingungen erfahrungsgemäss mehr als 80 % des Totalgehaltes, während $\text{NH}_4\text{OAc} + \text{EDTA}$ wiederum ungefähr 80 % des ersteren löst. Mit $\text{NH}_4\text{OAc} + \text{EDTA}$ dürften vor allem diejenigen Schwermetalle erfasst werden, die im Verlaufe der Bodenentwicklung mobilisiert wurden und als Folge von Fällungsreaktionen (auch Fällung mit Sesquioxiden), sowie Einlagerung in Humusfraktionen, wieder in schwer lösliche Verbindungen übergangen.

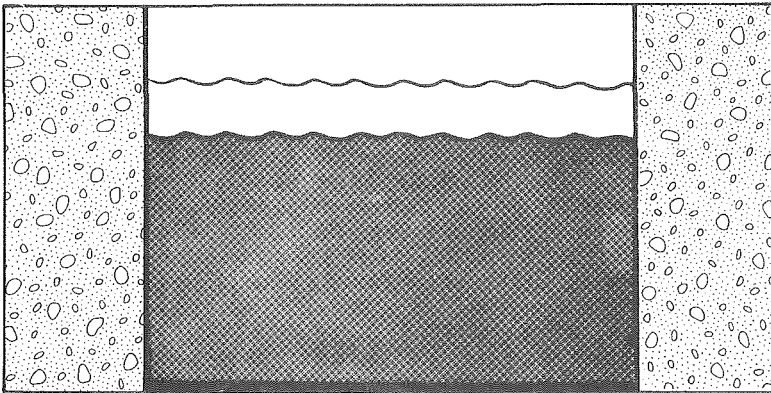
Die mittleren Schwermetallgehalte der Oberböden (mit 2M HNO_3 extrahiert) betragen für Nickel 27.4, Kupfer 18.7, Zink 56.1, Blei 22.9 und Cadmium <0.5

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Löslichkeitsverhältnisse von Schwermetallen (SM) in wenig belasteten Böden

Schematic presentation of solubility behaviour of heavy metals in slightly contaminated soils

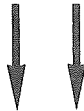
SM-Zufuhr als Immissionen:

- Luft
- Abfall- Hof- und Handelsdüngung
- Pflanzenschutzmittel
- Pflanzenreste
- usw.



SM-Austrag:

- Pflanzenentzug
- Auswaschung
- Erosion
- usw.



Gesamt-SM-Gehalt



**Extrahierbar mit 2M
NH₄-OAc + EDTA**



Extrahierbar mit 2M HNO₃



**Extrahierbar mit Salzlösungen
≈ kurzfristig für die Biosphäre
relevanter SM-Gehalt**

ppm (Abbildung 4). Sie liegen im oder ganz leicht über dem in der Literatur angegebenen Normalbereich. Die Häufigkeitsverteilung für jedes Element ist aus den Abbildungen 4 und 5 ersichtlich. Die Blei- und Nickelwerte in $\text{NH}_4\text{OAc} + \text{EDTA}$ liegen unterhalb der Nachweisgrenze.

Versuche, die Metallgehalte mit verschiedenen Bodenparametern zu korrelieren, schienen am ehesten für Tonminerale und Humus erfolgversprechend (Abbildung 6). Eine eindeutige Zuordnung der bevorzugten Bindung eines Metalls an eine dieser zwei oder anderer Bodenkomponenten ist auf Grund des bis jetzt vorliegenden Datenmaterials nicht möglich.

RESUME:

Häni, H., Gupta, S. und Siegenthaler A: Schwermetallgehalte einiger wenig belasteter typischer Böden der Schweiz (Teneurs en métaux lourds de quelques sols suisses typiques peu pollués).

Au cours d'une première enquête, on a déterminé la teneur en nickel, cuivre, zinc, plomb et cadmium, extractibles au moyen de HNO_3 2M et de $\text{NH}_4\text{OAc} + \text{EDTA}$ dans 35 échantillons de terre prélevés dans la couche superficielle de sols agricoles spécialement choisis. Les teneurs moyennes en métaux lourds des sols de surface comportaient respectivement 27.4 ppm de nickel, 18.7 ppm de cuivre, 56.1 ppm de zinc, 22.9 ppm de plomb et <0.5 ppm de cadmium. Ces teneurs se situent dans le cadre ou légèrement au-dessus des valeurs normales rapportées dans la littérature. Dans les conditions expérimentales choisies, le solvant HNO_3 2M dissout, selon les connaissances acquises, plus de 80 % des teneurs totales en métaux. La répartition des fréquences pour chaque élément est discutée.

Les tentatives d'établir des relations entre les teneurs en métaux lourds et les différents paramètres du sol paraissent devoir donner des résultats intéressants, en particulier avec l'argile et l'humus. Une corrélation stricte entre la teneur en métaux et l'une ou l'autre de ces composantes du sol ne peut toutefois pas être établie sur la base des données actuelles.

Verdankungen:

Wir danken den Herren Direktor Dr. E. Bovay und Dr. O.J. Furrer für die Unterstützung und die wertvollen Hinweise während der Arbeit. Profiluntersuchungen verdanken wir den Herren Dipl. Ing. Agr.ETH R. Flückiger von der Kant. Landw. Schule Walierhof, Solothurn und H. Pfister vom Institut für Pflanzenbau der ETH Zürich. Die chemischen Untersuchungen wurden von Frä. R. Hort und S.Geering, Frau R. Schärer, sowie den Herren E. Hänni und F. Schär mit Mitarbeitern ausgeführt. Dafür danken wir bestens. Herrn Dr. P. Lischer danken wir für die statistische Bearbeitung des Datenmaterials. Allen nichtgenannten Mitarbeitern möchten wir ebenfalls bestens danken.

Literatur:

- AICHBERGER,K.: Schwermetallgehalte einiger Bodenprofile Oberösterreichs. Die Bodenkultur, 31 , 212-228, 1980.
- ANDERSSON,A. : Relative Efficiency of Nine Different Soil Extractants. Swedish J. agric. Res. 5 , 125-135,1975.
- ANDERSSON,A. : Heavy Metals in Swedish Soils: On their Retention, Distribution and Amounts. Swedish J. agric. Res. 7 , 7-20,1977.
- ANDERSSON,A. : The Distribution of Heavy metals in Soil, Soil Material as Influenced by the Ionic Radius. Swedish J.agric. Res. 7 79-83, 1980.
- KLOKE,A. : Richtwerte 80: Orientierungsdaten für tolerierbare Grenzgehalte einiger Elemente in Kulturböden. Mitt.VDLUFA, Heft 1-3 , 9-11, 1980.
- LAKANEN,E. ERVIRO,R.: A Comparison of Eight Extractants for the Determination of Plant Available Micronutrients in Soils. Acta Agr. Fenn. 123 , 222-232, 1971.
- NEUMÜLLER, O.A.: Römpps Chemie-Lexikon, 5 ,3144-45, 1975.
- SCHLICHTING, E. ELGALA, A.M.: Schwermetallverteilung und Tongehalte in Böden. Z.Pflanzenernähr. Bodenk.Heft 6 : 563571, 1975.

Abbildung 2: Entnahmestellen der Bodenproben

Location of the soil samples

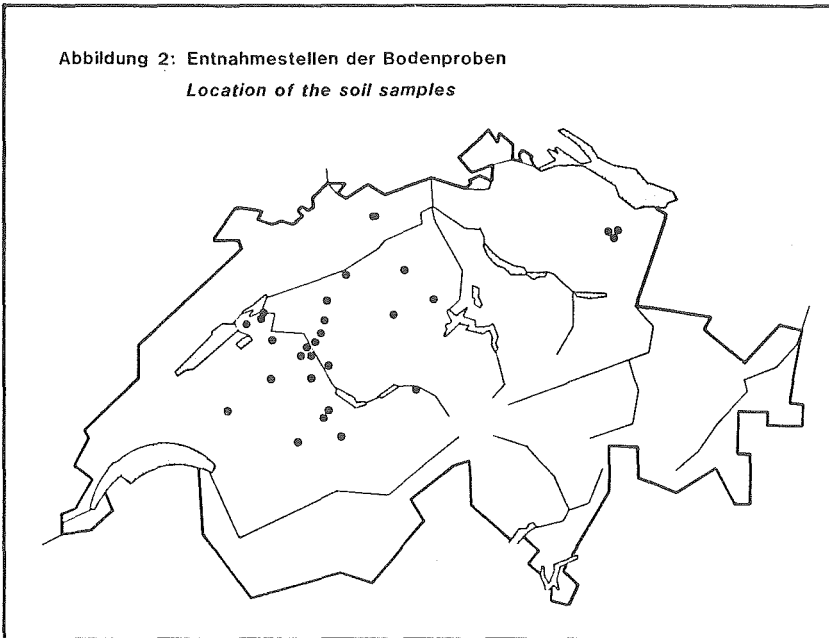


Abbildung 3: Physikalische und chemische Eigenschaften der untersuchten Oberböden (N=35)

Physical and chemical properties of the studied soil samples (N= 35)

		MITTELWERT	MINIMUM	MAXIMUM
TON %		25,8	5,4	55,0
SCHLUFF %		36,6	15,8	53,4
pH		6,5	4,0	7,7
HUMUS %		* 4,84	1,0	13,5
Ca CO ₃ %		* 4,5	0	43,0
KATIONENAUSTAUSCHKAPAZITÄT (KAK) m mol.z. 100 g Boden		* 25,9	7,4	52,1
Fe ₂ O ₃ %		0,71	0,12	1,82
Al ₂ O ₃ %		0,29	0,04	0,72

* 2fach verkleinert

Abbildung 4: Schwermetallgehalte (mg/kg) einiger typischer wenig belasteter Böden der Schweiz
Heavy metal content (mg/kg) in some slightly contaminated soils of Switzerland

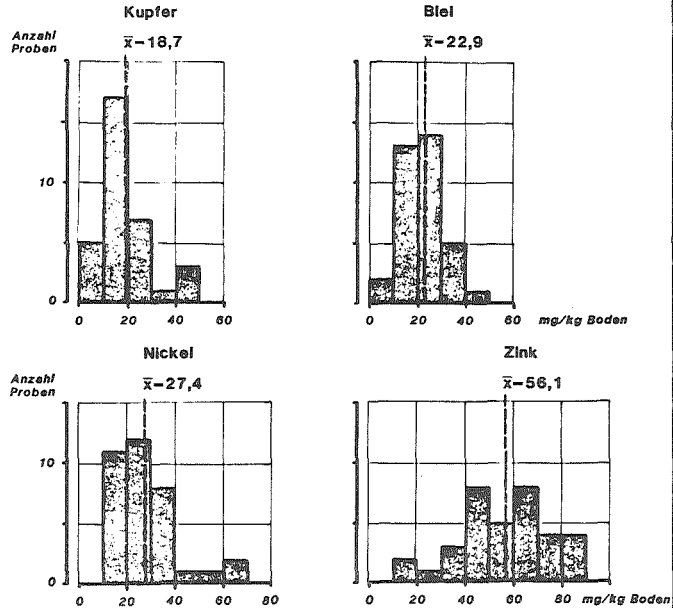


Abbildung 6: Zink- und Bleigehalt als Funktion des Tons im Oberboden
Relationship of zinc and lead content with the clay content of surface soil samples

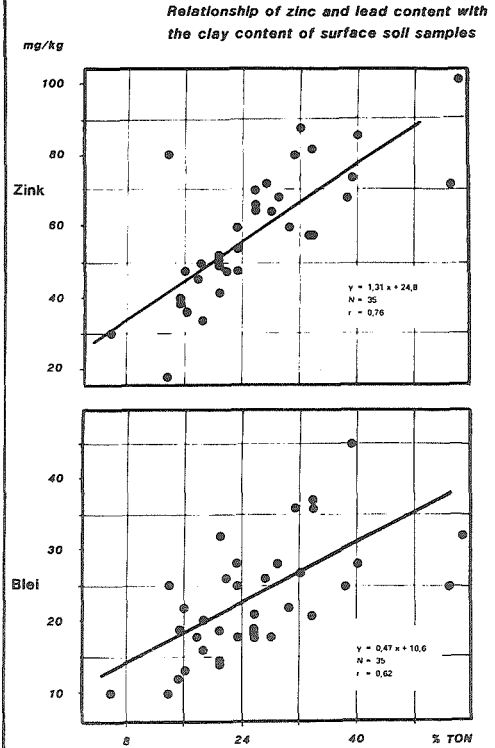
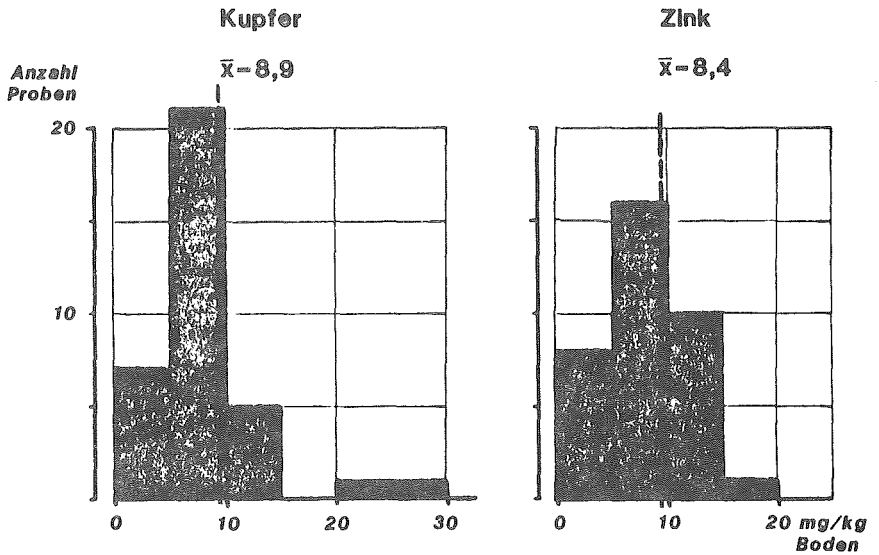


Abbildung 5: Schwermetallgehalte ($\text{NH}_4\text{-OAc} + \text{EDTA}$ -löslich, mg/kg)
einiger wenig belasteter typischer Böden der Schweiz

*Heavy metal content ($\text{NH}_4\text{-OAc} + \text{EDTA}$ -soluble, mg/kg)
in some slightly contaminated soils of Switzerland*



MOUVEMENTS DE L'EAU ET DOSAGE DES NITRATES DANS UN SOL AGRICOLE.

par F. CALAME et J.A. NEYROUD, Station fédérale de recherches agronomiques de Changins, CH-1260 Nyon.

INTRODUCTION

De nombreuses études (VACHAUD, 1978; HILLEL, 1972) ont montré qu'il était possible, avec des mesures in-situ, d'établir des bilans de l'eau et de suivre les mouvements de celle-ci au travers des diverses couches de sol. Pour cette raison, il nous a semblé intéressant d'équiper une parcelle d'un essai de fumure azotée afin de suivre d'une façon générale le bilan de l'eau et celui des nitrates.

MATERIEL ET METHODES

Des essais préliminaires en 1980, durant la période de végétation, nous ont montré qu'il était possible, avec des mesures tensiométriques, des mesures d'humidimétrie neutronique, des bougies d'extraction d'eau du sol, ainsi que des mesures météorologiques, de parvenir à nos fins. Ces mêmes essais ont mis en évidence des comportements très différents entre un sol recouvert de végétation, un sol nu (non cultivé) et un sol recouvert de mulch de paille.

Forts de cette expérience, en mars 1981, nous avons installé, sur une parcelle de blé et sur une parcelle non cultivée (deux fois trois répétitions) des tensiomètres et tubes de sonde à neutron, ainsi qu'une série de bougies poreuses d'extraction de solution du sol "Type" Soil Moisture. Les tensiomètres ont été placés à -50, -65, -80, -95 et -110 cm de profondeur, les bougies poreuses à -50, -80 et -110 cm.

Il fut décidé de faire des mesures une fois par semaine et parfois plus fréquemment, ainsi que de suivre ces instruments durant deux saisons entières, hiver compris.

Les instruments de mesure ont été installés sur un sol de type brun calcaïque sur dépôt morainique calcaire. L'horizon de surface contient 22% d'argile et 2.1% de matière organique. Son pH est de 7.2 et il possède une structure polyédrique fine de cohésion moyenne. La capacité de rétention en eau est bonne. Le sol est pierreux (5%), mais sa profondeur physiologique atteint néanmoins 80 cm.

Mesures hydrologiques

Notre première intention était de calculer les flux d'eau à travers des couches de sol à l'aide du coefficient de conductibilité hydraulique K_H et des gradients de tensions. Pour déterminer K_H , nous avons choisi la méthode des flux nuls préconisée par VACHAUD (1978). Mais dans notre sol, fort argileux, il ne fut pas encore possible d'étalonner notre sonde à neutrons et d'obtenir des valeurs correctes lorsque le sol était relativement sec. De plus, de grosses fentes viennent perturber tous les types de mesures lorsque le sol est sec.

Aussi, nous avons gardé les résultats des mesures tensiométriques pour suivre l'état de l'humidité du sol ainsi que la valeur des gradients d'une couche à l'autre du sol. Pour le calcul du bilan de l'eau, nous avons opté pour la méthode météorologique (P-ET ou P-E) qui nous a paru la moins fautive !

RESULTATS

1. Humidité du sol

Les relevés tensiométriques montrent les faibles variations d'humidité du sol nu vis-à-vis du sol cultivé. A 50 cm de profondeur dans ce dernier, les tensiomètres ont mesuré, durant plus de 12 semaines, des tensions oscillant entre -450 et -800 cm d'eau de succion, alors qu'à la même profondeur, dans le sol nu, les variations sont restées faibles, et les valeurs extrêmes n'ont guère dépassé -200 cm d'eau de succion durant 2 semaines.

Au cours de la période de végétation, les tensiomètres à 110 cm de profondeur dans le sol cultivé ont atteint des valeurs de -700 cm d'eau durant 1 semaine. Alors que, sous le sol nu, à la même profondeur, les variations des tensiomètres se sont situées à 0 cm d'eau plus ou moins 10 cm d'eau de succion ou de pression.

2. Gradients de tension

Les gradients de tension (quotient des différences de tension entre deux niveaux par la différence de niveau) montrent dans quel sens l'eau va circuler entre deux niveaux, allant d'une zone humide vers une zone plus sèche.

Dans notre expérience, entre 65 et 50 cm, les gradients ont varié de +15 à -12 dans le sol cultivé, et de +7 à -1 dans le sol nu. Entre 110 et 95 cm, ces gradients ont varié de +18 à 0 pour le sol cultivé et de +2 à -1 pour le sol nu.

Le rythme de nos relevés en été nous a montré que dans le sol nu, après de bonnes précipitations, il y avait tout de suite un drainage suivi d'un mouvement ascendant de l'eau dans tout le profil. Par contre, dans le sol cultivé, il y avait de juillet à septembre, un mouvement descendant de l'eau dans la couche supérieure et un mouvement ascendant dans la couche profonde du sol.

3. Calcul du bilan de l'eau

Ces mesures tensiométriques nous ont permis de sélectionner des périodes pour lesquelles nous avons calculé des bilans d'eau avec des paramètres météorologiques (Précipitations et Evaporation). Il ne nous a pas semblé nécessaire de pousser la précision avec des coefficients définissant l'évapotranspiration, qui d'ailleurs varient beaucoup. Aussi, pour l'évapotranspiration de la culture, nous avons pris les valeurs brutes de l'évaporation de la balance de Wild et pour l'évaporation du sol nu, nous avons pris le 50% des valeurs de l'évaporation Wild. Les valeurs des bilans hydriques figurant dans le tableau ont été calculées pour

chaque intervalle de temps entre deux relevés tensiométriques. Lorsque le déficit cumulé atteignait 0, nous avons considéré que les réserves du sol étaient reconstituées et que le sol était susceptible de drainer si le bilan suivant était excédentaire.

4. Mesure des pertes en azote

Les quantités d'eau extraites par succion au travers d'une bougie poreuse sont en relation avec la consommation d'eau par les plantes. Cette méthode de prélèvement ne permet cependant pas de calculer la quantité d'eau extraite, car le volume drainé par la bougie n'est pas connu, et la force de succion d'eau dans le tube diminue avec le temps (remplissage par l'eau, entrées d'air,...). Malgré ces imperfections techniques, on a constaté que la quantité cumulée d'eau extraite à trois profondeurs (17 prélèvements hebdomadaires) entre avril et juillet était beaucoup plus importante en sol nu qu'en sol cultivé, et que cette quantité était d'autant plus faible que la fertilisation azotée, c'est-à-dire la croissance du blé, était plus forte.

La teneur des eaux en azote nitrique a varié durant la période examinée. Sous le sol nu, elle était d'environ 50 ppm N en mai, puis est régulièrement descendue à environ 15 ppm N en février 1982. Les eaux prélevées en profondeur étaient plus pauvres en nitrates que les eaux de surface. Sous le sol cultivé, l'abondance d'azote minéral après la fertilisation est très rapidement suivie d'une période au cours de laquelle les eaux de drainage sont pratiquement exemptes d'azote. Après la récolte et la réalimentation du sol en eau, la teneur des eaux en nitrates rejoint progressivement celle du sol nu.

Connaissant la quantité d'eau drainée (déterminée par le bilan hydrique) et la richesse des eaux en nitrates, il est dès lors possible de calculer les pertes du système. On constate sur le tableau que le sol cultivé et fertilisé n'a pratiquement pas perdu d'azote entre avril et juillet, comparé à une quantité de 57.3 kg/ha sous le sol nu. Après la récolte, la situation du champ cultivé s'apparente à celle du sol nu

quant aux quantités d'eau drainée et de nitrates lessivés; le sol cultivé a perdu 79.2 kg N entre avril 1981 et février 1982, et le sol nu a perdu 177.1 kg N durant la même période. Les deux sols présentent également d'importantes différences dans les quantités d'eau drainée : 460 mm sous le blé, 636 mm en sol nu.

CONCLUSIONS

La combinaison de quelques instruments appropriés permet de calculer des bilans hydriques et d'estimer le lessivage en éléments fertilisants avec une assez bonne certitude. Par rapport à une installation lysimétrique, le système est plus facile à mettre en oeuvre, et les mesures se font sur le sol en place, non remanié.

On a constaté que les pertes en nitrates d'un sol sont fortement liées au bilan hydrique et à l'évapotranspiration. Celles-ci se produisent principalement en l'absence de cultures capables de prélever l'azote disponible, ainsi que lors d'apports excessifs ou inopportuns de fertilisants.

Sur le plan plus général de l'agriculture, les cultures sarclées laissent souvent le sol nu durant plusieurs mois avant leur mise en place ; ceci a pour conséquence une perte substantielle en nitrates dans un écosystème complètement déséquilibré. Si la pratique généralisée de semis de dérobée (engrais vert) se heurte à de nombreux obstacles techniques (travail du sol humide, manque de temps,...), elle présente probablement un certain intérêt pour la diminution des pertes du sol en éléments fertilisants.

BIBLIOGRAPHIE

- HILLEL, D.; KRENTOS, V.D. 1972. Procedure and test at an interval drainage method for measuring soil hydraulic characteristics in situ. Soil Science 114 (5) 395-400.
- VACHAUD, G. et al. 1978. Méthode de caractérisation hydrodynamique in situ d'un sol non saturé. Application à deux types de sol du Sénégal en vue de la détermination des termes du bilan hydrique. Ann. Agron. 29 (1)1-36.

Tableau 1 : Mouvement d'eau et de nitrates

BLE					SOL NU	
AZOTE PERDU (kg/ha)	DRAINAGE	DEFICIT CUMULE	DATE	DEFICIT CUMULE	DRAINAGE	AZOTE PERDU (kg/ha)
	-	-47.9	23.4	-23.7	-	
	-	-62.7	1.5	-27.8	-	
	-	-51.5	8.5	-11.4	-	
	-	-59.0	15.5	-10.8	-	
	-	-64.1	21.5	-8.0	-	
	-	-4.0	2.6	0.	63.4	36.1
0.1	7.6	0.	11.6	0.	25.5	12.5
	-	-21.0	16.6	-10.5	-	
	-	-31.6	19.6	-15.8	-	
	-	-52.1	24.6	-25.9	-	
	-	-52.0	2.7	-16.7	-	
	-	-37.4	7.7	0.	4.5	1.8
	-	-47.2	10.7	4.2	-	
	-	-63.4	16.7	-11.4	-	
	-	-54.1	30.7	0.	17.3	6.9
Récolte →	-	-75.0	5.8	-9.7	-	
	-	-76.5	15.8	-11.2	-	
	-	-81.5	20.8	-16.2	-	
	-	-94.2	26.8	-28.9	-	
	-	-98.8	3.9	-33.5	-	
	-	-85.1	11.9	-19.8	-	
	-	-83.5	16.9	-18.2	-	
	-	-12.4	30.9	0.	52.9	21.7
2.2	9.7	0.	6.10	0.	22.1	9.1
12.6	54.7	0.	13.10	0.	54.7	19.7
7.5	41.5	0.	23.10	0.	41.5	12.5
3.3	10.9	0.	29.10	0.	10.9	3.3
6.8	21.9	0.	18.11	0.	21.9	6.8
	-	-3.4	25.11	-3.4	-	
6.1	18.4	0.	2.12	0.	18.4	6.1
28.0	140.1	0.	16.12	0.	140.1	28.0
10.8	153.8	0.	13.1	0.	153.8	10.8
	-	-.6	18.1	-.6	-	
1.8	9.0	0.	3.2	0.	9.0	1.8
<u>79.2</u>	<u>467.6</u>				<u>636.0</u>	<u>177.1</u>

NITRATAUSWASCHUNG AUS LANDWIRTSCHAFTLICH GENUTZTEN GEBIETEN

W. STAUFFER und O.J. FURRER

Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene,
3097 Liebefeld-Bern (Dir. Dr. E. Bovay)

1. EINLEITUNG

Untersuchungen über die Nährstoffauswaschung mit klassischen Lysimetern haben den Nachteil, dass sie nicht voll auf Feldbedingungen übertragbar sind und eine sehr beschränkte Fläche umfassen. Untersuchungen im Feld ergänzen die Lysimeterversuche und geben praxisnahe Ergebnisse. Verschiedene definierte Einzugsgebiete mit Maulwurfsdränage und intensiver ackerbaulicher Nutzung wurden in Schwanden, Grossaffoltern und Wierezwil gefunden. Einzugsgebiete von kleinen Bächen befinden sich in Wasen i.E. (Rappengraben und Spärbelgraben, in Zusammenarbeit mit der Landeshydrologie). In Zusammenarbeit mit anderen Instituten führen wir Untersuchungen in Riedholzbach (VAW, ETHZ), Alptal und Schwarzsee (EAFV, ETHZ), Müswangen (Gewässerschutzamt d.Kt. Luzern), Aschbach (EAWAG), Lüscherzmoos (WEA d.Kt. Bern), Witzwil, Dottikon durch. Die Untersuchungen umfassen Abflussmengen, regelmässige Entnahme von Wasserproben, Analyse auf Nährstoffe und Erhebungen im Einzugsgebiet über Bewirtschaftung, Kulturen, Düngung mit Hof- und Handelsdüngern.

2. EINZUGSGEBIETE

Tabelle 1: Beschreibung der untersuchten Einzugsgebiete

Ort (Fläche ha)	Bodenart	Bewirtschaftung
1) Schwanden (7,2 ha)	schwach humoser Lehm	Kulturen: Getreide (50 %), Körnermais (10 %), Zuckerrüben/Raps (40 %) Schweinehaltung, rindviehlos
2) Grossaffoltern (6,0 ha)	schwach humoser sandiger Lehm	Kulturen: Silomais (50 %) und Getreide (50 %) Rindviehmast

Ort (Fläche ha)	Bodenart	Bewirtschaftung
3) Wierezwil (10,0 ha)	schwach humoser sandiger Lehm	<u>Kulturen</u> : Getreide (30 %), Hackfrüchte (30 %), Mais (10 %), Kunstwiese (30 %) Herkömmliche Viehwirtschaftsbetriebe
Wasen i.E.		
4) Spärbelgraben (56,0 ha)	schwach sandiger Lehm, wenig tiefgründig	100% Wald
5) Rappengraben (59,4 ha)		40 % Wald, 60 % Alpweide
6) Witzwil (12,9 ha)		100 % Naturwiese

3. METHODEN

3.1. Abflussmessung

In den Einzugsgebieten 1, 4 und 5 wird die Wasserabflusshöhe mittels Limniograph aufgezeichnet, was erlaubt, die effektiv abgeflossene Wassermenge zu berechnen. In den andern Gebieten wird die Abflussmenge anfangs und mitte jeden Monats mit Eimer und Stoppuhr bestimmt.

3.2. Probenahme

In Wierezwil und Grossaffoltern punktuell bei der Wassermessung. In Schwanden, Rappengraben und Spärbelgraben sind automatische Entnahmegерäte für Flüssigkeitproben installiert, die wie folgt arbeiten:

Funktionsprinzip: Eine Probekammer (3 Liter) wird in die zu untersuchende Flüssigkeit eingetaucht. Durch den Wasserdruck wird Luft verdrängt und durch Flüssigkeit ersetzt. Durch die kontinuierliche Probenahme erhält man für die ganze Zeitspanne eine repräsentative Durchschnittsprobe.

3.3. Nitratbestimmung

Der Nitratgehalt im Wasser wird mittels ionensensitiver Elektrode bestimmt.

3.4. Erhebungen über Bewirtschaftung

Ein vom Bewirtschafter ausgefüllter Fragebogen gibt Auskunft über angebaute Kulturen, Bodenbearbeitung, Düngung, Saat und Ernteerträge.

4. ERGEBNISSE

4.1. Nitrat im Boden

In Perioden starker N-Aufnahme durch die Kulturen ist ein Rückgang an Nitrat im Boden deutlich ersichtlich (Abb. 1). Im Frühjahr 1981 weisen die Daten daraufhin, dass hohe Auswaschungen stattfanden (Abb. 1 und 2).

- ▲ = gemessene Nitratgehalte in der Bodenschicht 0-90 cm in kg/ha
- = gemessene Nitratgehalte in der Bodenschicht 0-30 cm in kg/ha
- = geschätzte N-Aufnahme durch die Kulturen (Entzug)

Je näher sich die beiden Linien (▲ 0-90 und ● 0-30 cm) kommen, desto kleiner ist der prozentuale Anteil an Nitrat im Untergrund.

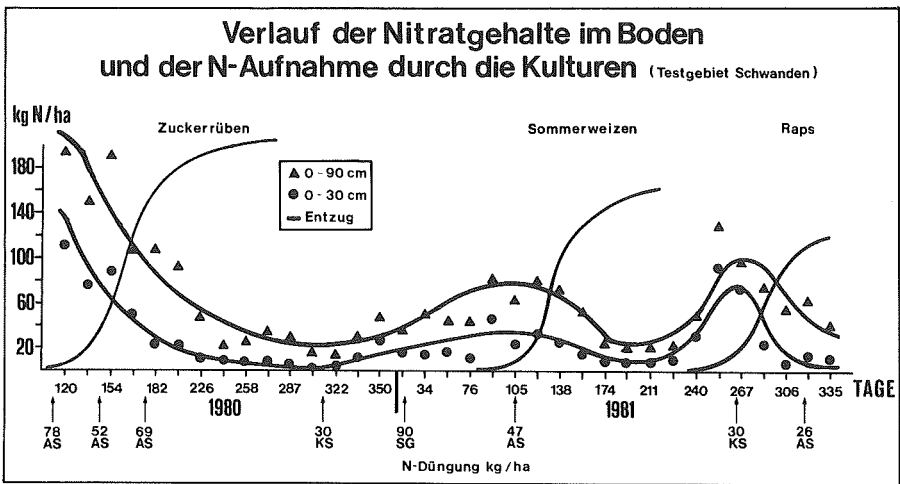


Abbildung 1: Verlauf der Nitratgehalte im Boden und der N-Aufnahme durch die Kulturen am Beispiel vom Testgebiet Schwanden.

Düngung: AS = Ammonsalpeter

KS = Klärschlamm

SG = Schweinegülle

} kurzfristig wirksamer Stickstoff

4.2. Nitrat im Sickerwasser

Abbildung 2 zeigt Sickerwassermengen, Nitratfrachten und $\text{NO}_3\text{-N}$ Gehalte in den Einzugsgebieten. Der jahreszeitliche Rythmus mit hohen Werten im Winterhalbjahr ist klar ersichtlich. Allen Einzugsgebieten ist jedoch der hohe Anteil offener Ackerfläche (Tab. 1) gemeinsam. In Abbildung 3 und Tabelle 2 ist ersichtlich, dass jede Brachperiode zu hohen Nitratgehalten im Sickerwasser und damit zu hohen Stickstoffverlusten führt. Diese Ergebnisse bestätigen auch die Resultate der Lysimeterversuche (FURRER, STADELMANN, STAUFFER 1981).

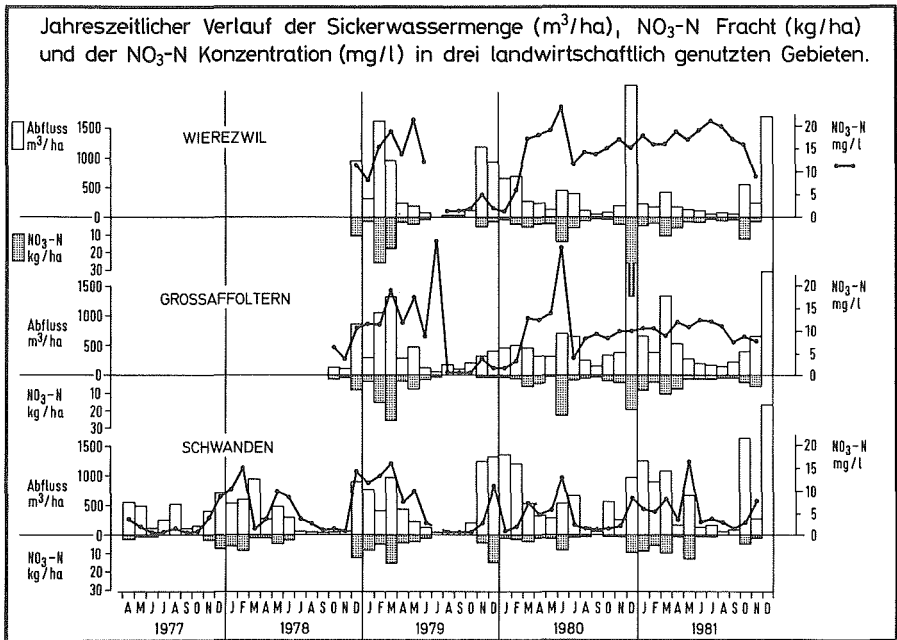


Abbildung 2: Monatliche Abflussmengen (m^3/ha), Nitratfrachten ($\text{kg N}/\text{ha}$) und Nitratkonzentrationen ($\text{NO}_3\text{-N mg}/\text{l}$) aus drei intensiv ackerbau-lich genutzten Gebieten.

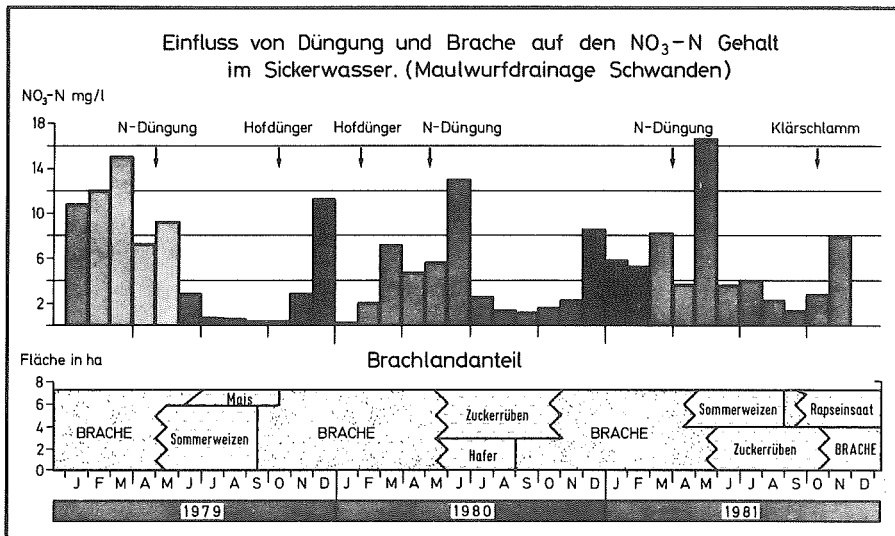


Abbildung 3: Einfluss von Düngung und Bepflanzung auf die Nitratauswaschung aus einem Gebiet mit ausschliesslicher Ackernutzung und langen Brachperioden.

Tabelle 2: Nitratkonzentrationen aus verschiedenen bewirtschafteten Einzugsgebieten (Jahresdurchschnitt NO₃-N mg/l)

	1980	1981
Durchschnitt der 3 ackerbaulich genutzten Gebiete	9,69 (1,0-20,0)	10,77 (2,5-22,0)
Naturwiese Einzugsgebiet Witzwil	1,32 (0,5- 2,0)	1,92 (0,5- 2,5)
Wasen i.E. Spärbelgraben (100 % Wald)	1,00 (0,5- 4,0)	0,90 (0,7- 2,5)
Rappengraben (40 % Wald, 60 % Weide)	0,9 (0,2- 1,5)	1,69 (1,0- 4,0)

5. ZUSAMMENFASSUNG

In verschiedenen definierten Einzugsgebieten mit Maulwurfsdranage wurden unter praxisnahen Bedingungen Messungen über Nitratauswaschung durchgeführt. Die Resultate zeigen deutlich, dass:

- der Hauptabfluss im Winter gross ist, die Evapotranspiration klein,
- jede Brachperiode zu hohen Nitratverlusten führt,
- ber die Höhe der Stickstoffverluste in erster Linie die Bewirtschaftung entscheidend ist,
- der N-Gehalt im abfliessenden Wasser von der Abflussmenge in keiner eindeutigen Richtung beeinflusst wird.

6. RESUME

Dans différents bassins-versants définis avec des drainages dus à la courti-lire, on a effectué des mesures sur le lessivage des nitrates en conditions proches de la pratique agricole. Les principaux résultats sont les suivants:

- la proportion de la quantité des précipitations qui s'écoulent par les drainages est fortement dépendante de la saison,
- chaque période de jachère a des pertes élevées de nitrates,
- le grandeur des pertes d'azote est en premier lieu déterminée par la système d'exploitation et après les conditions climatiques,
- la teneur en azote de l'eau d'écoulement n'est pas influencée de façon évidente par la quantité de cette eau.

7. LITERATUR

FURRER O.J., 1981: Verhinderung der Nitratauswaschung in der Landwirtschaft durch kulturtechnische Massnahmen. Der Gemsebau 44(9), 13-15.

FURRER O.J., STADELMANN F.X. und STAUFFER W., 1982: Stickstoff in der Landwirtschaft. 7. VSA-Fortbildungskurs, 13.-15.1.82, Engelberg.

STADELMANN F.X., FURRER O.J. und STAUFFER W., 1981: Der Einfluss von Stickstoffmobilisierung, Nitrifikation und Düngung auf die Nitratauswaschung ins Grundwasser. gdi-Informationstagung 23.11.81, Rüschlikon.

STICKSTOFFUMSATZ UND STICKSTOFF-FIXIERUNG BEI DER KOMPOSTIERUNG VON RINDERMIST

M. HUEMBELIN, M. MEYER und H. STICHER

Labor für Bodenkunde, ILW, ETH Zentrum, 8092 Zürich

I. EINLEITUNG

Ziel der Kompostierung ist eine biologische Stabilisierung der organischen Stoffe. Während der ersten Zeit nach dem Aufsetzen dient ein Teil des Substrates als Baustoff für die Organismen, ein anderer wird veratmet. Die Energie, die beim oxydativen Abbau von den Lebewesen nicht verwendet werden kann, wird als Wärme an das umgebende Medium abgegeben. Die zunehmende Verknappung der Reserven an leicht abbaubaren Stoffen führt zu einer allmählichen Abkühlung des Substrats. Die Bildung höhermolekularer Verbindungen aus schwer abbaubaren Stoffen ist charakteristisch für die Reifephase der Kompostierung, die sich an die Abkühlungsphase anschliesst.

Die Eignung von Stallmist für die Kompostierung ist vor allem von der Menge an eingestreutem Stroh abhängig. Es dient den Organismen als Kohlenstoffquelle und ermöglicht eine lockere Struktur. Ein zu geringer Strohannteil hat folgende Nachteile:

- zu enges C/N-Verhältnis → hohe Ammoniakverluste
- zu hoher Wassergehalt → anaerobe Verhältnisse.

Der rasche Verbrauch leicht abbaubarer Stoffe während der ersten Phase der Kompostierung hat u.a. einen Mangel an niedermolekularen Kohlenstoffverbindungen zur Folge, der die Menge des biologisch verwertbaren Stickstoffs begrenzt. Die Nachlieferung solcher Verbindungen durch den Abbau des Strohs nimmt längere Zeit in Anspruch. Von den Mikroorganismen kann daher um so weniger Stickstoff in körpereigenes Eiweiss umgewandelt werden, je kleiner der Strohannteil des Mistes (bzw. je enger das C/N-Verhältnis) ist. Der Stickstoffüberschuss geht während der Hochtemperaturphase, grösstenteils als Ammoniak, verloren (HUEMBELIN et al., 1980). Je nach Anfangsprodukt und Kompostierungsbedingungen wird dieser Verlust in der Literatur mit 10 - 40 % angegeben.

Um diesen Verlusten, die wegen der heutigen Energiekrise besonders schwer ins Gewicht fallen, erfolgreich begegnen zu können, schien es uns angebracht, die Stickstoffdynamik während des Kompostierungsvorganges genauer als bisher abzuklären. Dazu wurden Kompostierungsversuche unter exakt kontrollierbaren Bedingungen mit möglichst wenigen Variablen angesetzt. Ziel der Arbeit war es, Bedingungen zu finden und in die Praxis umzusetzen, mit welchen sich die Stickstoffverluste ganz oder mindestens weitgehend verhindern lassen.

Der generelle Versuchsplan ist in der Tabelle 1 dargestellt. Ueber einen Teil der Versuche wurde in dieser Zeitschrift bereits einmal berichtet (MEYER, 1979). Unter günstigen Bedingungen hatte sich bei einer Versuchsreihe ein signifikanter Gewinn an Gesamtstickstoff eingestellt, der auf die Aktivität stickstoff-fixierender Mikroorganismen zurückgeführt worden war. Zur Abklärung dieser Hypothese wurden die im folgenden beschriebenen Versuche angelegt.

Die Freilandversuche sind bei MEYER (1982) sowie bei ROSER-HOSCH et al. (1982) im Detail beschrieben.

Tab. 1: Genereller Versuchsplan

	"Fässer"	"Körbe"	"Freiland"
Variablen	Luftmenge C/N-Verhältnis (Strohanteil)	Kohlenstoffquelle (Strohform)	C/N-Verhältnis (Strohanteil)
Ziel	N-Bilanz (qualitativ und quantitativ) Temperaturverlauf	N-Bilanz Temperaturverlauf	Praxisnahe Bedingungen Erfassung der Kompostfauna

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1 Ausgangsmaterial

Bei den Korb- und Freilandversuchen sowie bei den ersten Fassversuchen wurde stroharmer Rindermist mit gehäckseltem Weizenstroh auf das gewünschte C/N-Verhältnis eingestellt. Bei den in dieser Arbeit beschriebenen Versuchen wurde frischer Rinderkot mit den berechneten Mengen Raps- und Weizenstroh vermischt (vgl. Tab. 2).

2.2 Versuchsanlage

Um eine Bilanzierung des Stickstoffumsatzes zu erstellen, wurden Kompostierungsversuche in einer geschlossenen Pilotanlage angesetzt. Die Anlage bestand aus einer Serie von wärmeisolierten Plastikfässern mit 60 l Inhalt, in welche auf einem Lochblech die zur Kompostierung vorgesehene Mischung eingefüllt wurde. Die Fässer wurden von unten her künstlich belüftet. Im Zentrum der Fässer war je ein Thermoelement zur kontinuierlichen Erfassung des Temperaturverlaufes angebracht (vgl. dazu: MEYER, 1979, Abb. 1). In der Abluft, welche zwecks Verminderung des Feuchtigkeitsverlustes im Kompost über Rückflusskühler weggeführt wurde, fand eine regelmässige Kontrolle des Gehaltes an Ammoniak und nitrosen Gasen statt. Vor und nach der Kompostierung wurde der Fassinhalt auf Trockensubstanz, Kjeldahl-, Ammonium- und teils auch Nitratstickstoff analysiert.

2.3 Versuchsbedingungen der Reihen A und R

Um die Tätigkeit stickstoff-fixierender Mikroorganismen nachzuweisen, wurde in zwei von drei Fässern mit identischen Mischungen alle 2 - 4 Tage eine statische, 10 %ige Acetylenatmosphäre geschaffen (BURRIS, 1974). Nach Entnahme einer Gasprobe zur Aethylenanalyse wurden die Fässer mit frischer Luft gespült und anschliessend normal weiter belüftet. Der Inhalt des dritten Fasses diente als Kontrolle. In beiden Versuchsreihen wurden die Fässer während 67 Tagen mit 8 l Luft/Stunde versorgt. Mit der Versuchsreihe R sollte der Einfluss von Reifkompost auf den Kompostierungsvorgang und die Stickstoffbilanz untersucht werden.

Tab. 2: Anfangsbedingungen der Versuchsreihen A und R
(Belüftungsrate: 8 Liter/Stunde = 0,7 Liter/Stunde und kg)

Versuch	Ausgangsmischung	% Org. N	% H ₂ O
A	10 kg Rinderkot 1,25 kg Rapsstroh 0,25 kg Weizenstroh	0,35	76
R	wie A, 0,5 kg Reifkompost	0,31	77

3. RESULTATE UND DISKUSSION

Wie aus der Tabelle 3 hervorgeht, wurde bei der Versuchsreihe A im Schnitt ein geringer absoluter Stickstoffgewinn verzeichnet. Dieser Gewinn ist zwar nicht signifikant, doch konnte unter den gewählten Bedingungen immerhin ein N-Verlust vermieden werden. Auffallend ist dagegen der deutlich höhere Gewinn im mit Reifkompost geimpften Substrat.

Tab. 3: Stickstoffbilanzen der Versuchsreihen A und R

Versuchsreihe	Fass	Stickstoff in g/Fass		Veränderung in %
		zu Beginn	nach 67 Tagen	
A	A 1	41,2	42,0	+ 2
	A 2	41,3	42,7	+ 3
	A 3 (Kontrolle)	41,3	39,7	- 4
R	R 1	38,7	44,1	+ 14
	R 2	38,7	42,9	+ 11
	R 3 (Kontrolle)	38,5	42,3	+ 10

Die Abbildung 1 zeigt, dass das Maximum der Stickstoff-Fixierung während der Abkühlung zwischen 38 und 32 °C eintritt. Wegen des hohen Bedarfs an leicht verfügbarem Kohlenstoff kommen die stickstoff-fixierenden Mikroorganismen erst zur Entwicklung, wenn der Abbau hochmolekularer Verbindungen eingesetzt hat. Diese Bedingung ist neben den Temperatur-, Feuchtigkeits- und Strukturansprüchen der Organismen für den Zeitpunkt der höchsten Aktivität massgebend. Was die erhebliche Aktivitätssteigerung durch den Reifkompost anbelangt, so bleibt es vorläufig offen, ob dessen Organismen die Stickstoff-Fixierung direkt oder indirekt (etwa durch die Bildung von leicht verfügbaren Kohlenstoffverbindungen) fördern.

Um die an der Stickstoff-Fixierung beteiligten Organismen zu erfassen, wurden einige Vorversuche durchgeführt¹⁾. Zur Beschaffung des Ausgangsmaterials diente ein Ansatz analog der Versuchsreihe R, der zum Zeitpunkt der höchsten N-Fixierungsrate abgebrochen wurde.

1) Für die Mithilfe und Anleitung bei den mikrobiologischen Versuchen danken wir PD Dr. H. Schüepp, Wädenswil, bestens.

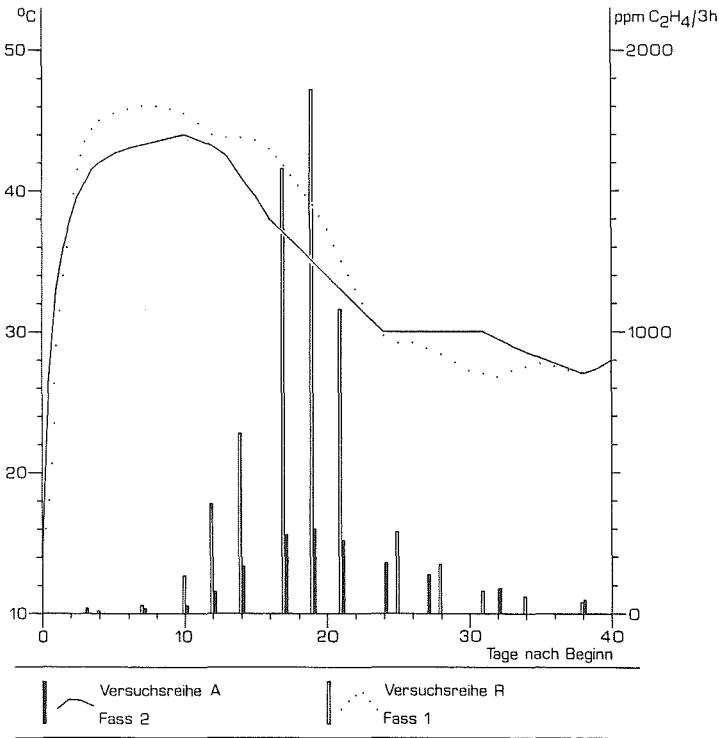


Abb. 1 : Versuchsreihen A und R. Temperaturverlauf und Aethylenproduktion von A 2 und R 1 (vgl. Tab. 3)

Aus dem Substrat wurden sodann nach der Methode von SKINNER (1975) zur Isolation von N-fixierenden Bakterien vier Reinkulturen stäbchenförmiger Bakterien isoliert. Die in physiologischer Kochsalzlösung angesetzten Verdünnungsreihen wurden während 30 Minuten bei 75 °C gehalten und auf N-freies Medium ausplattiert. Einer von diesen vier Stämmen zeigte in drei Wiederholungen eine ausgeglichene, beachtliche N-Fixierung, während die anderen drei bei der vorliegenden Versuchsanordnung keine Aktivität zeigten.

Der aktive Stamm wurde von einem Speziallabor als *Bacillus polymixa* bestimmt. *B. polymixa* ist fakultativ anaerob und kommt daher für die Fixierung unter den Bedingungen der Kompostierung durchaus in Frage. Obwohl die Kompostierung an sich ein aerober Prozess ist, sind anaerobe Zonen innerhalb von Kotklümpchen vorhanden. Weniger wahrscheinlich ist dagegen die Fixierung durch obligat anaerobe Clostridien,

obwohl es gelang, auf sterilisiertem Substrat unter Zusatz von 5 % Saccharose mit *Clostridium pasteurianum* (Stamm ATCC 60 13) eine erhebliche Aktivität nachzuweisen.

ZUSAMMENFASSUNG

Sofern bei der Kompostierung von Rindermist die Temperatur nicht über 55 °C ansteigt und das C/N-Verhältnis im Anfangsprodukt ausreichend hoch ist (hoher Strohannteil), bleibt der Stickstoffverlust minimal. Im reifen Kompost liegt fast der gesamte Stickstoff in organischer Form vor. Während der Abkühlungsphase findet ausserdem eine beträchtliche Stickstoff-Fixierung statt, was mit Hilfe der Acetylenreduktionsmethode nachgewiesen werden konnte. Die höchste Aktivität erfolgte im Temperaturbereich zwischen 38 und 32 °C. Die Aktivität war besonders hoch, wenn dem Ausgangsprodukt reifer Kompost zugemischt worden war. In diesem Fall betrug der Gewinn an Gesamtstickstoff um 12 %.

Aus dem aktiven Kompost wurden 4 Reinkulturen stäbchenförmiger Bakterien isoliert, von denen eine eine beachtliche N-Fixierungsaktivität aufwies. Dieser Stamm wurde als *Bacillus polymixa* bestimmt.

RESUME

Pour autant que la température ne dépasse pas 55 °C lors du compostage de fumier de bovins et que le produit brut présente un rapport C/N suffisamment élevé (forte proportion de paille), la perte d'azote reste minime. Dans le compost fermenté presque la totalité de l'azote se présente sous forme organique. Durant la période de refroidissement, il se produit de plus une fixation d'azote assez importante, comme il a été prouvé par la méthode de réduction de l'acétylène. La plus forte activité se situe entre 38 et 32 °C. Elle est particulièrement élevée lorsque le produit brut est mélangé avec du compost fermenté. Dans ce cas, l'augmentation de la teneur en azote total est de 12 % environ.

4 cultures pures de bactéries ont été isolées d'un compost actif, dont une identifiée comme *Bacillus polymixa*, montrait une activité de fixation remarquable.

LITERATUR

BURRIS, R.H., 1974. In: Quispel, A., *The Biology of Nitrogen Fixation*. North Holland Publ. Comp., 22 - 30.

HUEMBELIN, M., MEYER, M., und STICHER, H., 1980: Stickstoff-Fixierung bei der Kompostierung von Rindermist. *Schweiz. landw. Forsch.* 19, 85 - 90.

MEYER, M., 1982: Der Stickstoffumsatz bei der Kompostierung von Rindermist. Dissertation ETH Zürich (in Vorbereitung).

MEYER, M., 1979: Der Stickstoffumsatz bei der Kompostierung von Stallmist. *Bulletin BGS* 3, 63 - 72.

ROSER-HOSCH, S., STREIT, B., MEYER, M., und STICHER, H., 1982: Besiedlungsdichten von Mikroarthropoden im Verlaufe der Kompostierung von Rindermist. *Schweiz. landw. Forsch.* (zur Publikation eingereicht).

SKINNER, F.A., 1975: Anaerobic bacteria and their activities in soil. In: *Soil Microbiology* (N. Walker, ed.) Butterworths London, 1 - 19.

EIN VERGLEICH DER ^{14}C -ALTER VON HUMINSÄURE, ORGANISCHER REST-SUBSTANZ UND HOLZ AUS FOSSILEN BÖDEN

MARTIN GAMPER: Geographisches Institut der Universität Zürich,
Postfach, 8033 Zürich.

1. EINLEITUNG

Die Datierung von fossilen Bodenbildungen aus Moränen, Schutthalden und Solifluktioniszungen wurde schon öfters in klima- und glazialmorphologischen Untersuchungen angewendet (z.B. FURRER, 1977; ROETHLISBERGER et al., 1980; GAMPER, 1981). Ein Vergleich der ^{14}C -Alter von Huminsäure, organischer Restsubstanz und Holz aus fossilen Böden soll eine Ueberprüfung des Aussagewerts solcher Bodenalter bezüglich Bodenbildungsdauer, Zeitpunkt der Ueberschüttung und eventuellen Verunreinigungen der organischen Bodensubstanzen ermöglichen. Für diese Untersuchung wurden Proben von fossilen Böden an vier Lokalitäten in den Alpen genommen (vgl. Tabelle 1). Die morphologische und klimageschichtliche Auswertung dieser Befunde wird in Arbeiten von BLESS (1982, im Druck) und GAMPER (1982, im Druck) erscheinen.

2. AUFBEREITUNG DER PROBEN

Nach Entfernen sämtlicher makroskopisch sichtbarer Pflanzenreste wurden die Proben getrocknet und anschliessend gesiebt. Die Fraktion kleiner 2mm wurde mit 10% HCl versetzt (zuerst kalt, dann warm) bis keine Reaktion mehr festzustellen war. Danach wurden die Proben neutral gewaschen und ca. 100ml 6% NaOH zugegeben. Nach 2-3 Stunden konnten die nun gelösten Fulvo- und Huminsäuren abdekantiert und die Huminsäuren mit HCl aus der Lösung ausgefällt und getrocknet werden. Der Rest der Bodenproben wurde neutral gewaschen und ebenfalls getrocknet. Diese Fraktion, die organische Restsubstanz, enthält somit die säure- und laugenunlöslichen Humine und eventuell noch vorhandene Pflanzen-

Tabelle 1: ¹⁴C-Daten (konventionelle, nicht korrigierte Alter BP)

Organ. Restsub.		Huminsäuren		Holz		Autor
Alter	UZ-Nr.	Alter	UZ-Nr.	Alter	UZ-Nr.	
Glacier d'Argentière (Seitenmoräne, 1615 - 1750 m.ü.M.):						
1'545 ⁺ ₋	65 472	1'645 ⁺ ₋	65 473	1'475 ⁺ ₋	70 421	BLESS/GAMPER
				1'520 ⁺ ₋	80 426	" "
1'705 ⁺ ₋	65 474	1'665 ⁺ ₋	65 475	1'620 ⁺ ₋	70 419	" "
2'170 ⁺ ₋	70 470	2'110 ⁺ ₋	70 471			" "
2'200 ⁺ ₋	70 446	2'205 ⁺ ₋	70 447	2'185 ⁺ ₋	70 423	" "
2'485 ⁺ ₋	90 468	2'395 ⁺ ₋	75 469	2'485 ⁺ ₋	75 424	" "
3'280 ⁺ ₋	75 429	3'490 ⁺ ₋	75 432			" "
3'365 ⁺ ₋	75 427	3'375 ⁺ ₋	100 430	3'155 ⁺ ₋	75 420	" "
3'565 ⁺ ₋	50 428	3'670 ⁺ ₋	75 431	3'665 ⁺ ₋	80 422	" "
La Peule, Val Ferret (Erdströme, 2120 m.ü.M.):						
12'605 ⁺ ₋	115 476	2'400 ⁺ ₋	75 477			BLESS/GAMPER
5'835 ⁺ ₋	100 478	1'510 ⁺ ₋	70 479			" "
7'790 ⁺ ₋	100 480	1'405 ⁺ ₋	65 481			" "
7'580 ⁺ ₋	115 482	1'980 ⁺ ₋	70 483			" "
6'970 ⁺ ₋	100 484	1'760 ⁺ ₋	70 485			" "
7'865 ⁺ ₋	100 486	1'725 ⁺ ₋	65 487			" "
Albulapass (Erdströme, 2320 m.ü.M.):						
1'720 ⁺ ₋	70 454	1'615 ⁺ ₋	70 455			GAMPER
2'715 ⁺ ₋	75 456	2'940 ⁺ ₋	75 457			"
2'400 ⁺ ₋	75 460	2'410 ⁺ ₋	55 461			"
2'035 ⁺ ₋	70 462	1'710 ⁺ ₋	80 463			"
3'510 ⁺ ₋	90 466	3'090 ⁺ ₋	70 467			"
1'375 ⁺ ₋	65 464	1'185 ⁺ ₋	65 465			"
885 ⁺ ₋	65 450	1'080 ⁺ ₋	65 451			"
1'405 ⁺ ₋	65 448	1'310 ⁺ ₋	65 449			"
1'785 ⁺ ₋	70 452	1'655 ⁺ ₋	70 453			"
1'475 ⁺ ₋	85 443	2'010 ⁺ ₋	75 444			"
1'980 ⁺ ₋	65 441	1'885 ⁺ ₋	65 442			"
2'100 ⁺ ₋	70 439	2'070 ⁺ ₋	70 440			"
1'830 ⁺ ₋	70 437	1'995 ⁺ ₋	70 438			"
2'520 ⁺ ₋	100 433	3'035 ⁺ ₋	80 434			"
3'230 ⁺ ₋	75 435	3'320 ⁺ ₋	75 436			"
Schweizerischer Nationalpark (Erdstrom, 2385 m.ü.M.):						
1'485 ⁺ ₋	70 372	1'370 ⁺ ₋	65 373			GAMPER

reste. Die bereits im Feld herausgelesenen Holzstücke wurden auch mit Salzsäure und Natronlauge behandelt, um die Huminsäuren zu entfernen. Die Datierung der Proben erfolgte am ¹⁴C-Labor des Geographischen Instituts der Universität Zürich.

3. STATISTISCHE AUSWERTUNG DER DATEN

3.1 Regressions- und Korrelationsanalysen

Ausgegangen wird von folgender Hypothese: Es sollten sich bei den zu erwartenden kurzen Bodenbildungsphasen (es handelt sich um geringmächtige A-C Böden) keine Altersdifferenzen zwischen Huminsäure und organischer Restsubstanz, bzw. Holz ergeben, also Regressionsgeraden mit Steigung 1 und Y-Achsenabschnitt = 0. Eine Abweichung der Steigung der Geraden von 1 würde darauf hindeuten, dass ältere und jüngere fossile Böden verschieden grosse Altersunterschiede aufweisen; ein positiver oder negativer Y-Achsenabschnitt würde auf eine generelle Altersdifferenz zwischen den entsprechenden Datensätzen hinweisen. Grössere Altersdifferenzen zwischen einzelnen Huminsäuren und organischen Restsubstanzen (Ausreisser) würden auf eine Verunreinigung einer der beiden Huminstofffraktionen dieser Datenpaare deuten, dies gilt besonders auch für den Vergleich der Huminstoffe mit den zuverlässig datierbaren Hölzern. Betrachten wir nun die Beziehung zwischen den Huminsäuren X und organischen Restsubstanzen Y (Abb. 1):

$$\text{Regression: } y = 0.29x + 2766 \quad n = 30$$

$$\text{Korrelation: } r = 0.08$$

Es besteht scheinbar überhaupt kein Zusammenhang zwischen den beiden Huminstofffraktionen ($r=0.08$). Eine Residualanalyse zeigt aber, dass 6 Wertepaare als Ausreisser betrachtet werden müssen (Abb. 2). Die viel zu hohen Alter der organischen Restsubstanzen der 6 Ausreisser (Proben aus Erdströmen im Val Ferret, vgl. Tab. 1) sind vermutlich auf Verunreinigungen durch Graphit oder Anthrazit aus dem dort anstehenden Schieferen der Zone de Ferret zurückzuführen. Diese Hypothese wird zur Zeit noch mit $\Delta^{13}\text{C}$ -Analysen überprüft. Ohne diese Werte ergibt sich folgendes:

$$\text{Regression: } y = 0.92x + 147 \quad n = 24$$

$$\text{Korrelation: } r = 0.96$$

Eine weitere Residualanalyse der verbliebenen 24 Wertepaare ergab, dass vier Residuen über 300 Jahre betragen. Es handelt sich dabei um Wertepaare, bei denen eines der beiden ^{14}C -Alter von einer aufgefüllten Probe stammt, d.h. bei diesen Proben war zu

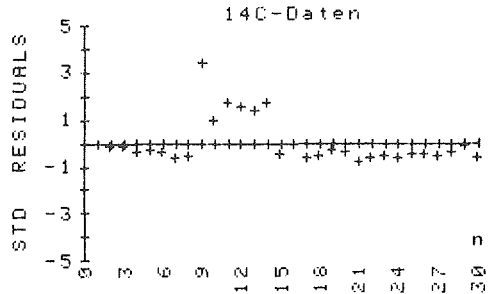
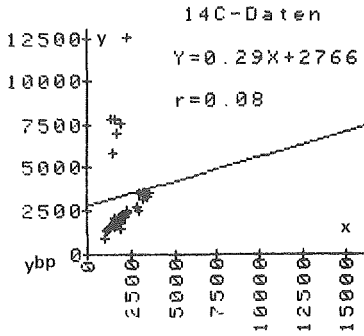


Abbildung 1: Vergleich Huminsäuren (X) und organische Restsubstanzen (Y), alle Daten.

Abbildung 2: Residualanalyse der Regression Abbildung 1 (Standardresiduum = 2716 Jahre).

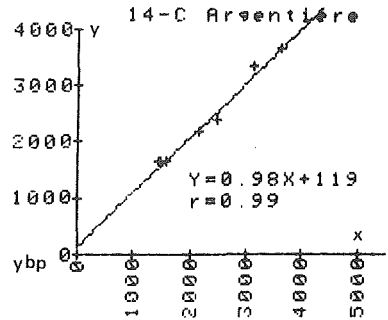
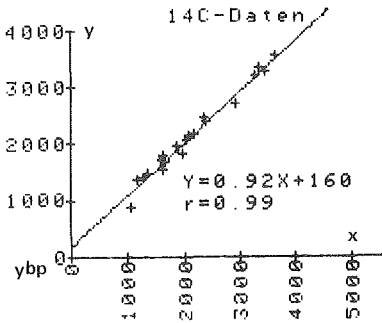


Abbildung 3: Vergleich Huminsäuren (X) und organische Restsubstanzen (Y), ohne Ausreisser.

Abbildung 4: Vergleich Holz (X) und Huminsäuren (Y), alle Daten.

wenig Kohlenstoff für eine normale Datierung vorhanden. Sie wurden deshalb mit ¹⁴C-freiem Kohlenstoff angereichert und das Resultat am Schluss entsprechend korrigiert. Diese Wertepaare wurden deshalb vorläufig ebenfalls als vermutliche Ausreisser ausgeschieden. Die nun erhaltene Regression lautet (Abb. 3):

Regression: $y = 0.92 + 160$ $n = 20$
 Korrelation: $r = 0.99$

Diese nun gut gesicherte Regression zeigt, dass die Alter der organischen Restsubstanzen nicht wesentlich vom Alter der entsprechenden Huminsäuren abweichen. Der geringe Y-Achsenabschnitt

von 160 Jahren und die etwas von 1 abweichende Steigung der Geraden sollten nicht überbewertet werden, da ja die Ausgangsdaten der Regression bereits mit einem Fehler von etwa ± 70 Jahren behaftet sind. Diese Abweichungen würden allenfalls darauf hindeuten, dass bei älteren fossilen Böden (älter als 2000 BP) die organische Restsubstanz eher jünger ist als die Huminsäuren (im Gegensatz zu den jüngeren Böden), also verunreinigt ist durch jüngere Wurzeln.

Bei den Proben aus der Seitenmoräne des Glaciers d'Argentière konnten aus 7 fossilen Böden jeweils auch Holzstücke geborgen werden. Abbildung 4 zeigt die Regressionsgerade der Holzalter verglichen mit den Huminsäurealtern. Es besteht auch hier eine gute Korrelation dieser Datensätze, die Gerade verläuft beinahe durch den Nullpunkt mit Steigung 1. Es sind also einerseits keine wesentlichen Verunreinigungen der Huminsäuren anzunehmen und andererseits spricht dieser Zusammenhang ebenfalls für eine nur kurze Bodenbildungsdauer.

3.2 Prüfung der Mittelwerte der Paardifferenzen der ^{14}C -Alter von Huminsäure, organischer Restsubstanz und Holz auf Null (t-Test)

Weil die Regressionen zwischen organischer Restsubstanz und Huminsäuren sowie Holz und Huminsäuren auf eine Altersgleichheit der entsprechenden Fraktionen schliessen lassen, wurden die Mittelwerte der Paardifferenzen der einzelnen Fraktionen mit einem t-Test (nach SHEPPARD et al., 1979) auf dem 5%-Niveau geprüft.

Tabelle 2: Ergebnisse der t-Tests

Datenpaare	Freiheitsgrade	t	$t_{0.05}$
Humins./o. Rests. (alle Werte)	29	2.51	2.045
Humins./o. Rests. (ohne La Peule)	23	-0.43	2.069
Humins./o. Rests. (ohne aufgefüllte)	19	-0.29	2.093
Humins./Holz (alle Werte)	6	-1.75	2.447

Huminsäuren und organische Restsubstanz, beziehungsweise Huminsäuren und Holz sind altersgleich ($t_{0,05}$), selbst wenn die aufgefüllten Proben nicht eliminiert werden. Die vermutlich durch Graphit verunreinigten Proben von La Peule (Val Ferret) müssen aber ausgeschlossen werden.

4. FOLGERUNGEN

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass ^{14}C -Alter von fossilen Böden aus Seitenmoränen und Solifluktuationsdecken als genaue Zeitmarken für die Rekonstruktion der Klimageschichte verwendet werden dürfen, d.h. das Bodentalter liegt nahe beim Zeitpunkt der Ueberschüttung; falls durch eine getrennte Datierung von Huminsäuren und organischer Restsubstanz bzw. Holz nachgewiesen werden kann, dass die entsprechende Bodenbildungsphase kurz war und keine Verunreinigungen durch zu alten oder zu jungen, fremden Kohlenstoff vorhanden sind.

LITERATUR

- BLESS, R., 1982: Postglaziale Schwankungen des Glacier d'Argentièrè. Physische Geographie 1 (im Druck).
- FURRER, G., 1977: Klimaschwankungen im Postglazial im Spiegel fossiler Böden: Ein Versuch im Schweizerischen Nationalpark. Erdwissenschaftliche Forschung 13, 267-270.
- GAMPER, M., 1981: Heutige Solifluktuationsbeträge von Erdströmen und klimamorphologische Interpretation fossiler Böden. Ergebn. d. wiss. Unters. im Schw. Nationalpark 79, 355-443.
- GAMPER, M., 1982: Postglaziale Solifluktuationsphasen am Albulapass. Physische Geographie 1 (im Druck).
- ROETHLISBERGER, F. et al., 1980: Holocene climatic fluctuations-Radiocarbon dating of fossil soils (fAh) and woods from moraines and glaciers in the Alps. Geographica Helvetica 35,5, 21-52.
- SHEPPARD, J.C., ALI, S.Y. and MEHRINGER, P.J., 1979: Radiocarbon dating of organic components of sediments and peats. In: BERGER, R. and SUESS, H.E.: Radiocarbon dating. University of California Press, 284-305.

BOSSHARD, ELISABETH, GUI SUN CHENG, und H. SCHÜEPP

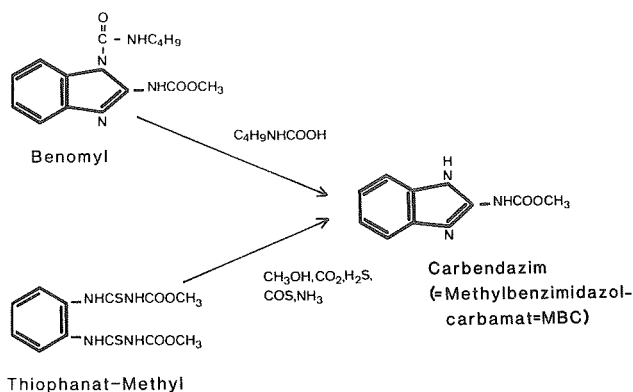
Eidgenössische Forschungsanstalt, 8820 Wädenswil

EINLEITUNG

Die Benzimidazol-Fungizide (Methylbenzimidazolcarbamat = MBC) wurden vor einigen Jahren als systemische Präparate mit ausgezeichneter Wirksamkeit und grosser Wirkungsbreite vorgestellt. Sie wurden zur Bekämpfung fast aller zu den Ascomyceten und einiger zu den Basidiomyceten gehörenden Krankheitserreger empfohlen. Inzwischen haben sich bei vielen phytopathogenen Pilzen resistente Stämme gebildet, so dass die genannten Präparate gegen zahlreiche Krankheiten nicht mehr eingesetzt werden können.

Abb. 1

UMWANDLUNG VON BENZIMIDAZOL-FUNGIZIDEN IM BODEN



Ueber den Wirkungsmechanismus der MBC-Fungizide bestehen viele Untersuchungen. Die Wirkstoffe sind Mitose hemmende, spindelwirksame Stoffe, das heisst sie werden im mikrotubulären Protein eingebaut und verhindern dadurch die Bildung funktionstüchtiger Spindelfasern aus den mikrotubulären Untereinheiten.

Systemische Fungizide sind Stoffe, die von der Pflanze durch Wurzeln, Blätter oder andere Teile aufgenommen und im pflanzlichen System transportiert und gespeichert werden. Diese Wirkstoffe oder deren Umwandlungsprodukte (Abb. 1) sind in der Pflanze persistent und können im abgestorbenen Pflanzenmaterial auch noch nach Monaten nachgewiesen werden. Aus Apfelanlagen, die vom April bis August 10 mal mit Enovit-M behandelt worden waren, wurden im darauffolgenden Frühling Proben von altem Mulch und jungem Gras entnommen. Die Rückstandsanalysen ergaben für Mulch Werte von 1-3 ppm MBC und für das neugewachsene Gras 0.1-0.5 ppm (nicht publizierte Resultate).

Vom Warmblütler werden die aufgenommenen MBC-Fungizide innert 24 bis 48 h wieder ausgeschieden (NOGUCHI et al., 1970); die Beurteilung in humantoxikologischer Hinsicht ist daher sehr günstig. MBC wird bei der Passage durch Mensch und Tier nicht abgebaut. Dies zeigen die (nicht publizierten) Resultate eigener Versuche, in denen Kaninchen mit Sonnenblumen gefüttert wurden, die in MBC-haltigem Boden gewachsen waren. Der Mist dieser Tiere enthielt beträchtliche MBC-Rückstände. Wurden Sonnenblumen in eine Mischung von Boden und MBC-haltigem Mist im Verhältnis 1:1 gepflanzt, so nahmen diese den Wirkstoff erneut auf.

In manchen Böden weisen die MBC-Wirkstoffe eine hohe Persistenz auf. Die Halbwertszeiten betragen nach eigenen Untersuchungen sowie nach zahlreichen Literaturangaben einige Wochen bis mehrere Monate. Die Persistenz im Boden gibt zu einigen Fragen Anlass, so z.B. bezüglich der Populationsverschiebungen bei Bodenpilzen und des damit in Zusammenhang stehenden Aufkommens von bisher unterdrückten, MBC-resistenten Krankheitserregern wie *Alternaria*- oder *Phytophthora*-Arten. Auf Regenwürmer wirken MBC-Rückstände in Blättern, Mulch und Boden abstossend, in hohen Konzentrationen sogar toxisch. Der Abbau der Pflanzenreste und der darauf lebenden pilzlichen

Krankheitserreger wird verzögert, da die Regenwürmer die anfallende Streu nicht mehr in den Boden hineinziehen.

Einige der aufgeworfenen Fragen wurden in einem Langzeitversuch untersucht. Der dabei festgestellte beschleunigte Abbau von MBC im Boden veranlasste uns zur Durchführung der Laborexperimente, die im folgenden kurz vorgestellt werden sollen.

METHODEN

Der Langzeitversuch wurde in einer Jonathananlage (sandiger Lehm, C-Gehalt ca. 2%, pH 7.4-7.8) durchgeführt. Vom April bis August wurde durchschnittlich 10 mal mit dem Benzimidazol-Fungizid Enovit-M und 2 Vergleichspräparaten gegen Schorf und Mehltau behandelt.

Berechnung der ausgebrachten MBC-Konzentration pro Fläche und Jahr:

70% Aktivsubstanz (Thiophanat-Methyl) im Handelspräparat (Enovit-M)

0.06% Anwendungskonzentration

= 0.6 g Enovit-M pro Liter Spritzbrühe

= 0.42 g Thiophanat-Methyl pro Liter Spritzbrühe

entspricht 0.23 g MBC nach der Umwandlung (Molekulargewicht Thiophanat-Methyl : MBC = 342 : 191)

2000 l Brühemenge pro ha

ergibt 0.46 kg MBC pro ha

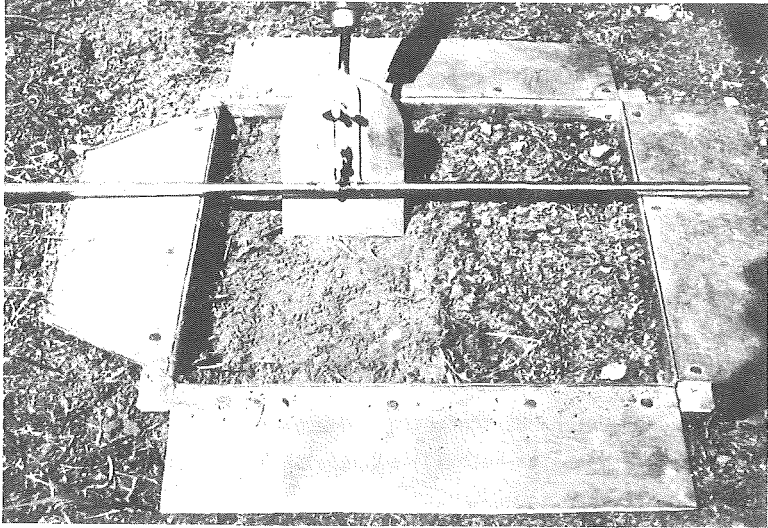
ergibt 46 mg MBC pro m², adsorbiert in der obersten Bodenschicht von 1 cm

ergibt 4.6 mg MBC pro Liter Boden = 4.6 ppm MBC

ergibt 46 ppm MBC in der obersten Bodenschicht von 1 cm bei 10 Behandlungen.

Nachdem in Laborversuchen festgestellt worden war, dass die Benzimidazol-Fungizide in der obersten Bodenschicht adsorbiert werden (Diplomarbeit J. Eberle, 1972), erfolgte die Entnahme von Bodenproben für die Rückstandsbestimmungen schichtweise. Abbildung 2 zeigt die mit einem Gestänge versehene Schaufel und den mit Hilfe von 4 Metallstiften im Boden verankerten Rahmen aus Aluminiumblech zur schichtweisen Probeentnahme. Eine innerhalb des quadratischen Rahmens von 31,5 cm Seitenlänge entnommene Bodenschicht ergibt je cm Tiefe eine Bodenprobe von einem Liter.

Abb. 2 GERAET ZUR SCHICHTWEISEN ENTNAHME VON BODENPROBEN



Die MBC-Rückstände wurden nach der Methode von CAYLEY and LORD (1960) mit Chloroform extrahiert; die MBC-Konzentration der Extrakte wurde spektrofotometrisch oder mit Hilfe einer modifizierten Bioautografie-Methode nach HOMANS and FUCHS (1970) bestimmt. Für die Bioautografie wurden die Extrakte auf Dünnschichtplatten aufgetragen und mit einem Gemisch von Essigsäure-äthylester-Chloroform-Essigsäure (50:50:2) eluiert. Als Indikator für MBC wurde ein sehr empfindlicher Stamm von *Penicillium oxalicum* verwendet. Der in einer dünnen Schicht auf eine Glasplatte aufgetragene sporenhaltige Malzagar wurde während 24 Stunden auf die Dünnschichtplatte mit den getrennten Extrakten gelegt. Das aus der Dünnschichtplatte in die Agarschicht diffundierte MBC verursacht, je nach Konzentration, verschiedene Hemmhöfe.

RESULTATE

Im Langzeitversuch wurden zu verschiedenen Zeitpunkten Bodenproben entnommen und auf MBC-Rückstände untersucht. Im März 1973, 6 Monate nach der letzten Behandlung des Vorjahres, wurden Rückstandswerte von 3-12 ppm gefunden. Mit zunehmender Versuchsdauer zeigte sich bei gleichbleibender

Fungizidbehandlung eine Beschleunigung des Abbauvorganges (Tab. 1). Um die Ursache der verminderten Persistenz von MBC im Boden festzustellen, wurden Abbauprobversuche mit bekannter Anfangskonzentration unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt. In Bodenproben aus Enovit-M-Parzellen wurde MBC rascher abgebaut als in Proben aus Mancokar-Parzellen. Ein wesentlich beschleunigter Abbau von 30 ppm MBC konnte in Bodenproben unmittelbar nach erfolgtem Abbau einer ersten, gleich hohen MBC-Gabe nachgewiesen werden (Abb. 3). In mehreren Versuchen zeigte sich eine deutliche Temperaturabhängigkeit des Abbaues. Die abgefallenen Blätter blieben unter den MBC-behandelten Bäumen bis im Frühling des darauffolgenden Jahres liegen, was auf eine Unterdrückung der Regenwurmaktivität hinwies. Die Regenwurmpopulationen in den Enovit-M- und Mancokar-Parzellen wurden deshalb in Zusammenarbeit mit M. Bieri vom Institut für Phytomedizin ETHZ untersucht. Signifikante Unterschiede bezüglich Anzahl und Gewicht der Tiere ergaben sich nur bei *Lumbricus terrestris*. Diese Art, die hauptsächlich für das Hineinziehen der toten Blätter verantwortlich ist, war in den Enovit-M-

Tab. 1 Einfluss der mehrjährigen Applikation auf die Abbaurate

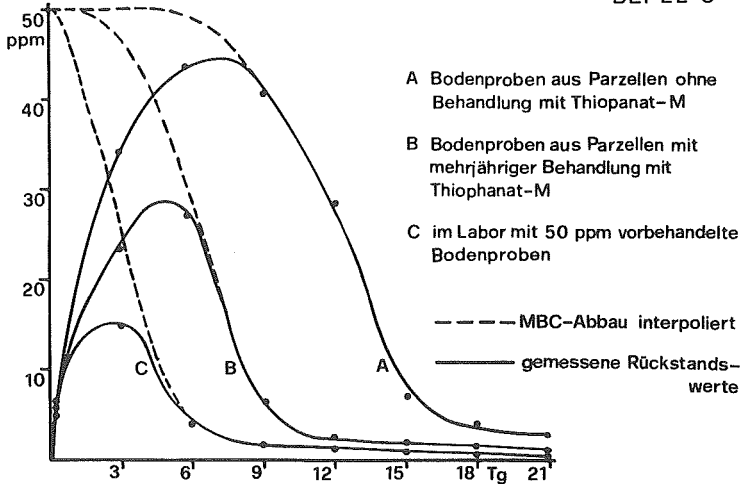
	ppm MBC [*]
Ausgebrachte Wirkstoffmenge pro Jahr	46
Nachgewiesene Rückstände	
Herbst 1972	7 - 30
Frühling 1973	3 - 12
Herbst 1976	2 - 2.5
Frühling 1979	0.1 - 0.3
Herbst 1979	0.2 - 0.5
Frühling 1980	nicht nachweisbar

* Die Rückstandswerte beziehen sich auf die oberste Bodenschicht (1 cm). Sie wurden in verschiedenen Parzellen mit Hilfe der Bioautografie bestimmt und zeigen die Größenordnung des beschleunigten Abbaues.

Parzellen deutlich weniger vertreten und beeinflusste dadurch auch das Totalgewicht der erfassten Würmer (Tab. 2).

Abb. 3

ABBAU VON MBC UNTER KONTROLLIERTEN BEDINGUNGEN
BEI 22°C



Tab. 2 Einfluss von MBC auf die Regenwurmpopulation

	M-Thiophanat	Mancozeb + Dinocap
	Parzelle	
Gewicht der Würmer total	157 g	345 g
Anzahl der Würmer		
total	180	207
Lumbricus terrestris	48	83
Lumbricus rubellus	22	22
Allolobophora rosea	8	7
Dendrobaena attemsi	12	14
Eophila sp.	90	81

DISKUSSION

Nachdem die Persistenz des Benzimidazol-Fungizides MBC im Boden zu Beginn der Anwendung zu einigen Bedenken Anlass gegeben hatte, konnte im Langzeitversuch nach einigen Jahren gleichbleibender Anwendung ein stark beschleunigter Abbau beobachtet werden. Wie weit das rasche Verschwinden von MBC auf die starke Vermehrung von MBC metabolisierenden Mikroorganismen oder auf abiotische Faktoren zurückzuführen ist, wird zur Zeit abgeklärt.

Negative Einflüsse von MBC auf die Bodenmikroorganismen fallen in Anbetracht des raschen Abbaues weniger ins Gewicht. Da die Rückstände im Pflanzenmaterial jedoch immer noch relativ persistent sind und die Regenwürmer schon von kleinsten Rückständen abgestossen werden, wird die Streu unter den behandelten Bäumen je nach Witterung nicht oder nur teilweise abgebaut.

ZUSAMMENFASSUNG

In einem Langzeitversuch in einer Apfelanlage wurde beobachtet, dass das persistente Benzimidazol-Fungizid MBC nach einigen Jahren Anwendung im Boden beschleunigt abgebaut wurde. Laborversuche mit Bodenproben aus dieser Anlage zeigten, dass der beschleunigte Abbau auch durch eine MBC-Applikation von 50 ppm induziert werden konnte.

LITERATUR

- CAYLEY, G.R., and K.A. LORD, 1980: The extraction and assay of thiabendazole in strongly adsorbing soils. *Pestic. Sci.* 11, 9-14.
- HOMANS, A.L., and A. FUCHS, 1970: Direct bioautography on thinlayer chromatograms as a method for detecting fungitoxic substances. *J. Chromatogr.* 51, 327.
- NOGUCHI, T., S. KOSAKA, Y. HASHIMOTO, Y. SOEDA, T. MORI, N. OHNUMA, T. NISHIBE, N. TOYAMA, Y. ARIMA, and D. TAKIGUCHI, 1970: Studies on the biotransformation in animals and plants of thiophanate. Nippon Soda Co., Japan.

KLAERSCHLAMM- UND KOMPOSTSUBSTRATE IM BODENOÖKOLOGISCHEN SYSTEM:
EIN LANGFRISTIGER BODENMIKROBIOLOGISCHER FELDVERSUCH.

H. Schüepp, W. Siegfried, J. Sorg und Ch. Wegmann,
Eidg. Forschungsanstalt Wädenswil

Schwer verwertbares organisches Material (Haushaltabfälle, Klärschlamm, Baumrinde und andere Holzabfälle usw.) soll pflanzenbaulich genutzt werden.

Anhand einiger spezifischen Untersuchungen soll auf die Problematik, die mit der Abfallverwertung entsteht, kritisch eingegangen werden (Braun 1978, Breer et al. 1979, Gysi & Ryser 1977, Hess und Lott 1971). Das Spektrum der Möglichkeiten, mit welchen das Problem angegangen werden kann, ist flankiert von der Vielfalt der Methoden, die zur Verfügung stehen. Es müssen Schwerpunkte gesetzt werden. Von besonderem Interesse sind bodenmikrobiologische Aspekte (Schüepp 1967, 1970) als auch Auswirkungen auf die Pflanze und deren Qualität. Es gilt insbesondere neue Methoden zu erarbeiten, deren Resultate eine gezielte Aussage erlauben.

Für den Versuch wurde ein humusarmer Boden ausgewählt, damit sich die Einflüsse der Substratgaben besser beurteilen lassen. Der Versuch ist in 6 Wiederholungen angelegt; resultierend aus 9 Varianten der Düngung ergibt dies insgesamt 54 Parzellen à 0.63 Aren. Die verschiedenen Gemüse sind in je 1,5 m breiten Streifen angeordnet (Beetanbau). Angebaute Gemüse: Karotten, Bohnen, Lauch, Sellerie, Randen und Kopfsalat. Diese Reihenfolge entspricht auch der Kulturfolge.

Varianten:

1. keine Düngung	
2. Mineraldünger	
3. Rindermist, verrottet	1 m ³ /a Jahr
4. Müll-Klärschlammkompost mit Rindenzusatz	0.5 m ³ /a Jahr
5. " " " " " "	2.5 m ³ /a Jahr
6. " " " " " "	0.5 m ³ /a Jahr
7. " " " " " "	2.5 m ³ /a Jahr
8. Klärschlamm mit Heissluft getrocknet	0.5 m ³ /a Jahr
9. " " " " " "	2.5 m ³ /a Jahr

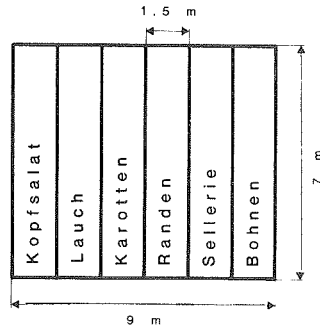
VERSUCHSDISPOSITION

Bodentyp : schwach humoser, sandiger Lehm, schwach sauer
Koernung : Ton 22 %, Schluff 39 %

Nährstoffversorgung vor Versuchsbeginn: Phosphor mässig
Kali mässig

1	7	4	9	6	3
2	8	5	1	7	4
3	9	6	2	8	5
4	1	7	3	9	6
5	2	8	4	1	7
6	3	9	5	2	8
7	4	1	6	3	9
8	5	2	7	4	1
9	6	3	8	5	2

einzelne Wiederholung



Schwerpunkte der bisherigen Arbeit waren:

- Organische Substanz im Boden

Der Gehalt anorganischer Substanz steht in enger Beziehung zur Fruchtbarkeit des Bodens. Es wurde einerseits der jahreszeitliche Verlauf, als auch der Verlauf während der 3 ersten Versuchsjahre erfasst.

- Ertragserhebungen

Das Pflanzenwachstum und der Düngewert hängt stark von der Art und Menge des ausgebrachten Kompostes ab. Zu starkes Wachstum resp. zu hoher Ertrag kann zu einer Verminderung der Qualität führen. Dazu konnten aus Lagerversuchen weitere Informationen gewonnen werden.

- Schwermetalle

Schwerwiegende Probleme betreffend Abfallverwertung entstehen durch die Schwermetalle. Nicht nur die Anreicherung im Boden, sondern auch in der Pflanze bedarf der besonderen Aufmerksamkeit. Grenzwerte für den zuverlässigen Schwermetallgehalt in landwirtschaftlich verwertetem Klärschlamm sind in den Richtlinien der Forschungsanstalt Liebefeld enthalten (Keller 1977).

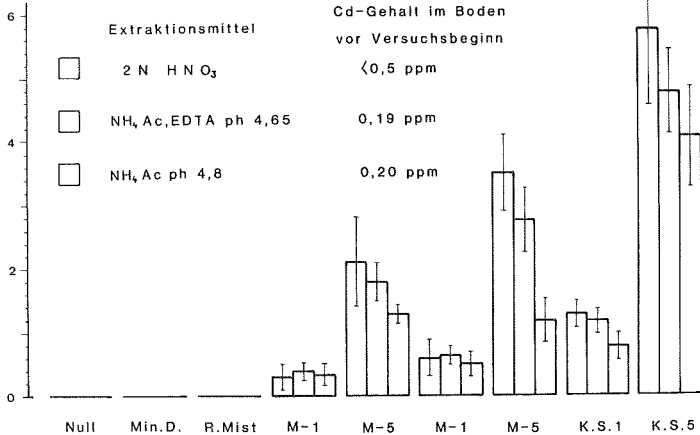
SCHWERMETALLE SUBSTRATE

Die Schwermetall-Analysen wurde in Zusammenarbeit mit der Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene Liebefeld-Bern, Häni, H., Daniel, R., Besson, J. M.

			Müll-Klärschlamm-Kompost mit Rindenzusatz	Müll-Klärschlamm-Kompost	getrockneter Klärschlamm	schweiz. Richtwerte für Klärschlamm
Eisen	Fe	ppm	17400	24400	23000	-
Chrom	Cr	ppm	352	412	506	1000
Nickel	Ni	ppm	214	168	94	200
Zink	Zn	ppm	2020	2360	3500	3000
Blei	Pb	ppm	1050	1200	1450	1000
Kupfer	Cu	ppm	825	1220	450	1000
Cadmium	Cd	ppm	8,5	12,5	47,5	30
Mangan	Mn	ppm	840	800	440	-
Kobalt	Co	ppm	22	26	22	100

SCHWERMETALLE - BODEN Zunahme nach drei Versuchsjahren

Bei allen Varianten wurden Cd-, Cu-, Ni-, Pb- und Zn- Analysen durchgeführt Beispiel: Cadmium

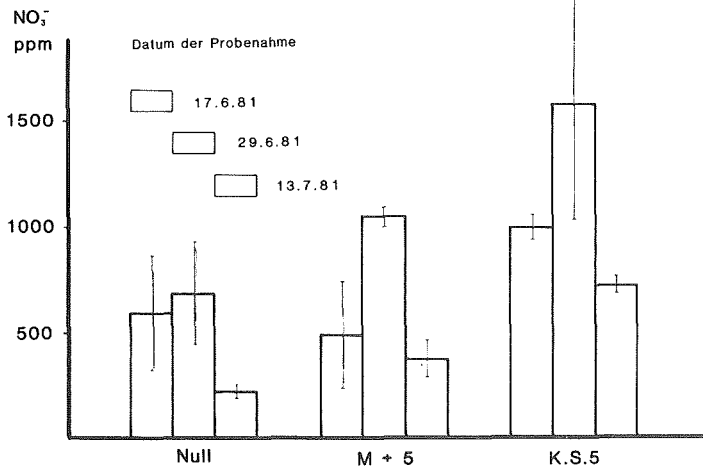


- Nitrat im Gemüse

Der Begriff Qualität bezieht sich auf innere, wie äussere Merkmale des Produkts. Neben der Reife und der äusseren Beschaffenheit sind auch Inhaltsstoffe der Pflanzen, wie Zucker, Protein, Vitamine usw. von Bedeutung. Von Interesse war die Frage der Nitratgehalte in Funktion der Düngung.

NITRATGEHALT IN DER PFLANZE

Beispiel: Kopfsalat 1981



- VA-Mykorrhizen

Unter VA-Mykorrhizen versteht man eine Symbiose zwischen hochspezialisierten Pilzen und Pflanzenwurzeln. Bei den Untersuchungen geht es darum, ob die ausgebrachten Substrate einen Einfluss auf die Mykorrhizabesiedlung der Wurzel haben. Es zeigt sich, dass in schlecht versorgten Böden ein hoher, bei guter Nährstoffversorgung sich ein geringerer Befall einstellt.

- Bodenmikrobiologische Aktivität

Eine Beeinflussung der Bodenmikroorganismen wird durch die Bestimmung der Atmung (CO₂) als das Mass der Aktivität erfasst. Bodenproben werden in Säulen abgefüllt, mit Luft durchströmt und das CO₂ im Gaschromatographen analysiert. Klar erkennbar ist ein Einfluss des organischen Materials auf die Aktivität bzw. CO₂-Produktion.

Bestimmung der Biomasse

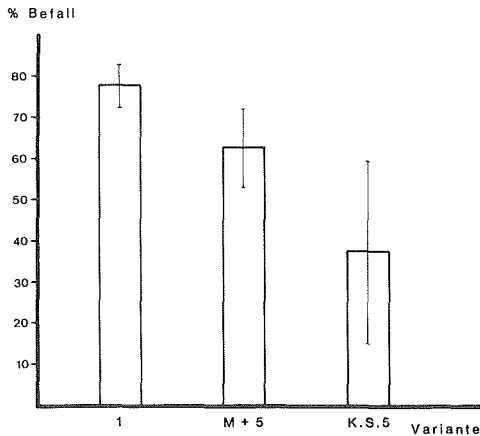
Parallel zur Atmung muss auch die Biomasse bestimmt werden, da sonst die Aktivität keinen Bezug hat.

Zur Aufrechterhaltung der Lebensfunktionen braucht ein Organismus Energie. Diese wird durch Verbrennungsprozesse aufgenommener Nahrung erzeugt und in Form energiereicher Verbindungen (ATP) gespeichert.

Untersuchungen haben gezeigt, dass der ATP Gehalt mit der Menge der lebenden Organismen im Boden korreliert und je nach Düngung variiert.

VA - MYCORRHIZEN

Beispiel: Lauch



Literatur

- BRAUN, R. 1978: Abfallwirtschaft, Recycling und Umweltschutz. ISWA Journal, Nr. 25, 1-5.
- BREER, C., E. HESS und U. KELLER, 1979: Soll Klärschlamm vor oder nach dem Ausfaulen pasteurisiert werden? Gas Wasser Abwasser 59, 323-328.
- GYSI, Ch. und J.P. RYSER, 1977: Düngung und Gemüse. Eidg. Forschungsanstalt Wädenswil. Flugschrift Nr. 91, 1-38.

- HESS, E. und G. LOTT, 1971: Klärschlamm aus der Sicht des Veterinärhygienikers. Gas Wasser Abwasser 51, 42-45.
- KELLER, P. 1977: Zulässige Gehalte des Klärschlammes an Schwermetallen. Dokumentation der Informationstagung Klärschlamm - Verwertung in der Landwirtschaft, 92-108.
- SCHUEPP, H. 1967: Grundsätzliche Betrachtungen zur Oekologie der Mikroorganismen im Boden. Schweiz. Gärtnerzeitung 70, 287-289.
- SCHUEPP, H. 1970: Ueber das Zusammenleben der höheren Pflanzen mit den Mikroorganismen des Bodens unter besonderer Berücksichtigung der Mykorrhizen. Schweiz. Z. Forstwes. 121, 315-326.

METHODE DE MESURE DE L'ADENOSINE TRIPHOSPHATE (ATP) DANS LES SOLS

N. MAIRE, Laboratoire de Pédologie, EPFL, En Vernay, 1024 Ecublens

1) INTRODUCTION

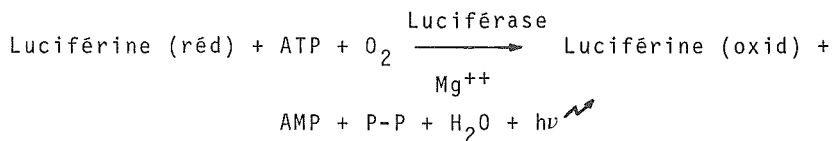
L'adénosine triphosphate (ATP) est un mononucléotide du métabolisme universellement représenté chez tous les organismes vivants. En milieu extracellulaire non protégé, cette molécule est très rapidement détruite (CONKLIN et MCGREGOR, 1972) et, par conséquent, sa mesure se révèle être un indicateur valable de la vie globale (biomasse pondérée par l'activité) présente dans un milieu naturel.

La présente publication expose une méthode efficace de mesure de l'ATP dans les sols. Celle-ci permet, en particulier, de maîtriser puis d'estimer les pertes inévitables liées au processus d'extraction.

2) DESCRIPTION DE LA METHODE

La mesure quantitative de l'ATP se réalise en milieu liquide par photométrie en utilisant la réaction enzymatique de bioluminescence naturellement observée chez les vers lumineux (Lampyridae).

L'équation chimique simplifiée est la suivante :



Lorsque tous les réactifs sont en excès, la lumière émise est directement proportionnelle à la quantité d'ATP.

En milieux naturels solides, le problème résulte donc dans l'extraction et la mise en solution de l'ATP.

Notre méthode est basée sur la technique développée par

LEE et al., 1971.

2.1) Réactifs

Solution enzymatique. L'extrait est préparé en broyant 100 mg d'abdomens de lucioles (SIGMA FFT) en présence de sable de silice et de 0,5 ml de tampon arséniate 0,10 M pH 7,4. L'extrait est ensuite amené à 10 ml avec le tampon arséniate et est centrifugé 15 min. à 15'000 G. On ajoute au surnageant 8 ml d'eau distillée, 1 ml de $MgSO_4$ 7,5% et 1 ml de NaN_3 0,2%. On laisse reposer l'extrait d'enzyme une nuit à 4°C pour diminuer l'activité endogène.

Solution d'extraction : 0,97g/l de Tris (hydroxyméthyl)-aminométhane et 6,61g/l de Tris (hydroxyméthyl)-aminométhane hydrochloride sont dissous dans une solution d' H_2SO_4 0,6N.

Tampon Tris : il s'agit d'un mélange de Tris (hydroxyméthyl)-aminométhane (0,97g/l), de Tris (hydroxyméthyl)-aminométhane hydrochloride (6,61g/l) d'EDTA- Na_2 (0,235g/l) et de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (0,86g/l).

La solution d'extraction et le tampon sont stérilisés (30 min. à 120°C, en autoclave) pour éliminer toute trace d'ATP en solution.

2.2) Processus d'extraction

Le processus d'extraction est résumé par la figure 1.

Toutes les extractions sont réalisées à température ambiante. Il n'est pas possible, dans le cadre de cet article, de justifier chaque étape de la manipulation. Nous renvoyons le lecteur intéressé au rapport complet de base (MAIRE, 1980).

2.3) Gamme étalon

Les standards d'ATP sont préparés en dissolvant de l'ATP purifié (SIGMA No A-5394) dans un blanc identique à celui des extraits afin d'assurer un "quenching" de base identique à celui des échantillons. La gamme s'étend entre les concentrations de $8 \cdot 10^{-9} M$ à $2 \cdot 10^{-7} M$. L'intensité de

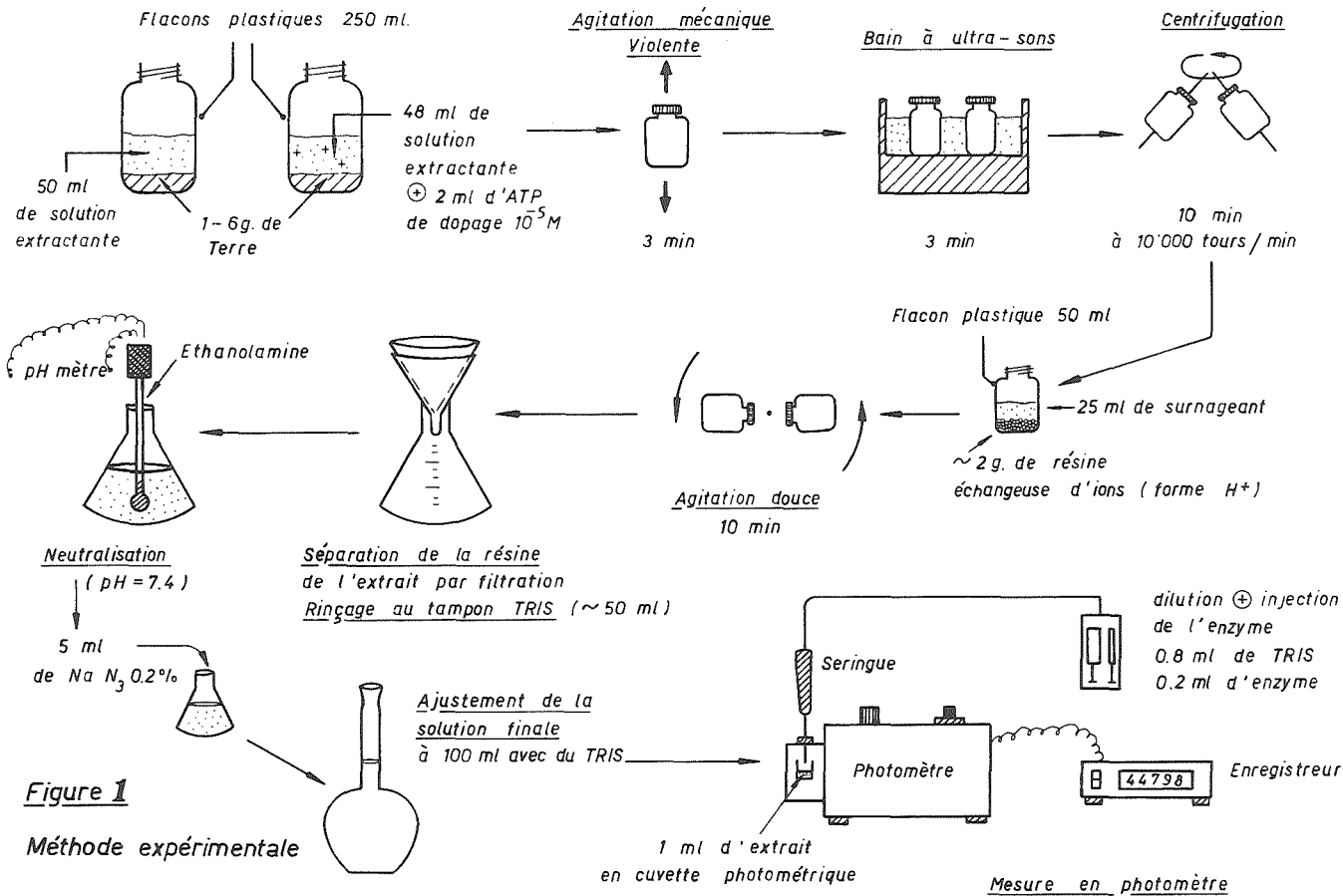


Figure 1

Méthode expérimentale

l'émission lumineuse et la concentration en ATP sont reliées par une fonction affine ($y=ax+b$) où a et b sont déterminés par l'activité de l'enzyme utilisée. La mesure est réalisée dans un photomètre SKAN bioluminescence analyser XP-2000 en intégrant la lumière émise pendant 20 secondes.

3) EXPRESSION DES RESULTATS - RETABLISSEMENT DES PERTES

Pour estimer les pertes, chaque mesure nécessite deux extractions réalisées sur des prises d'échantillon de masses connues mais non obligatoirement identiques. La masse la plus élevée est dopée de 2 ml d'ATP $10^{-5}M$ (cf figure 1)

Si : x et y sont les teneurs mesurées en ATP des deux échantillons (non-dopés; dopés)
(ng ATP·ml⁻¹ de solution finale)

d est la valeur réelle du dopage = 55,12 (ng ATP·ml⁻¹ de solution finale)

et T_a et T_b sont les masses des échantillons sur lesquelles s'effectuent les extractions (g): $T_a \leq T_b$.

alors, la teneur réelle en ATP (A) de l'échantillon de masse T_a peut s'exprimer :

$$A = \frac{x}{1 - \alpha\sqrt[3]{T_a}} = \frac{T_a}{T_b} \cdot \frac{y - d(1 - \alpha\sqrt[3]{T_b})}{1 - \alpha\sqrt[3]{T_b}} \quad [\text{ng ATP}\cdot\text{ml}^{-1}]$$

où α = coefficient d'adsorption de l'ATP par le sol. Connaissant x , y , d , T_a et T_b , il est possible de calculer A et α . Connaissant A , la teneur réelle en ATP du sol (Vr/g) s'obtient par la relation :

$$\text{Vr/g} = \frac{A \cdot 200}{T_a} \quad [\text{ng ATP}\cdot\text{g}^{-1}]$$

La justification et le développement mathématique de ces formules sont présentés en détail par MAIRE (1980).

4) DISCUSSION

Mis à part les pertes par adsorption sur le sol dont le calcul de rétablissement est décrit ci-dessus, la méthode proposée permet de réduire dans une forte mesure les autres types de pertes qui sont susceptibles d'apparaître lors du processus d'extraction (MAIRE, 1980).

Pertes par hydrolyse. La molécule d'ATP est relativement stable dans l'acide sulfurique. Des essais nous ont montré que moins de 10% de l'ATP est hydrolysé pendant les 60 minutes que dure le processus d'extraction. Après neutralisation de l'extrait, les pertes par hydrolyse sont nulles.

Pertes par inhibition lumineuse. Celles-ci n'ont jamais pu être mise en évidence dans le cadre de nos expériences : ni la quantité de terre sur laquelle s'effectue l'extraction, ni la quantité d'ATP présente dans l'extrait ne semblent influencer le "quenching" qui est toujours négligeable. Le tableau 1 nous donne quelques exemples réalisés, par la technique des ajouts, dans des extraits stérilisés de sol.

Tableau 1 : Pertes par inhibition lumineuse (quenching)
3 répétitions par masse de terre. C.V.% = coefficient de variation = $\frac{\text{écart-type}}{\text{moyenne}} \cdot 100$

Type de sol (Horizon)	Terre d'extraction (g)	ATP d'ajout (ngATP·ml ⁻¹)	ATP mesuré ± C.V.% (ngATP·ml ⁻¹)
Tourbe calcique dégradée (Ap)	3,0	55,12	53,63± 0,5%
	4,0	110,24	110,40± 0,4%
Sol brun acide (A ₁)	3,0	55,12	54,89± 0,4%
	4,0	110,24	110,66± 1,0%
Sol brun calcique (A ₁)	3,0	110,24	107,46± 0,3%
	4,0	55,12	54,97± 0,5%

Pertes par activités biotiques. Dans la solution d'extraction, les activités biologiques et enzymatiques sont inhibées en majeure partie par l'acidité du milieu (LEE et al., 1971). Après neutralisation de l'extrait, un ajout de NaN_3 permet d'éviter le développement des microorganismes. L'ATP de la solution finale est ainsi stable pendant plus de 48 h. à température ambiante (cf tableau 2).

Tableau 2. Influence de l'azide de sodium sur la stabilité de l'ATP dans les solutions finales

0h. = valeur de départ 48h. = valeur après 48 h. de stockage à température ambiante

Type de sol (Horizon)	ATP mesuré ($\text{ng ATP}\cdot\text{ml}^{-1}$)		
	0h.	48h.	+ NaN_3
Tourbe calcique dégradée (Ap)	32,18	13,10	31,50
	35,12	24,61	33,99
Sol brun acide (A_1)	56,77	0,46	57,51
Sol brun calcique (A_1)	42,38	8,97	42,30

Pertes sur la résine échangeuse d'ions. Contrairement à LEE et al. (1971) et EILAND (1979), nous n'avons enregistré aucune perte notable en ATP sur la résine (DOWEX 50Wx8, forme H^+) dans le cadre de nos expériences (MAIRE, 1980).

5) CONCLUSIONS

La méthode décrite s'est avérée efficace et reproductible sur tous les échantillons que nous avons testés, indépendamment de leur nature, de leur état d'humidité et de leur masse (dans la fourchette prévue de 1 - 6 g frais). Le tableau 3 donne quelques exemples de résultats obtenus sur des échantillons congelés et lyophilisés. En effet, ces deux traitements sont les seuls à garantir une bonne

conservation de l'ATP dans les sols. De plus, il est possible de tamiser les échantillons (2mm) ce qui présente un avantage certain d'homogénéisation.

Tableau 3. Teneur en ATP de quelques sols et reproductibilité globale de la méthode.

4 répétitions totalement indépendantes par type de sol
C.V. % = coefficient de variation

Type de sol (Horizon)	Coefficient d'adsorption		Teneur en ATP (Vr/g)	
	α	\pm C.V. %	(ng·g ⁻¹)	\pm C.V. %
Tourbe calcique dégradée (Ap)	0,464	\pm 1,3%	3687	\pm 1,5%
Sol brun acide (A ₁)	0,325	\pm 7,2%	5817	\pm 8,8%
Sol brun calcique (A ₁)	0,409	\pm 3,5%	4531	\pm 4,8%

6) BIBLIOGRAPHIE

- CONKLIN, A.R. and MACGREGOR, A.N., 1972 : Soil adenosine triphosphate : extraction, recovery and half-life. Bull. Environm. Contam. Toxicol. 7, 296-300.
- EILAND, F., 1979 : An improved method for determination of adenosine triphosphate (ATP) in soil. Soil Biol. Biochem. 11, 31-35.
- LEE, C.C., HARRIS, R.F., WILLIAMS, D.E., AMSTRONG, D.E. and SYERS, J.K., 1971 : Adenosine triphosphate in lake sediments : 1. Determination. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 35, 82-91.
- MAIRE, N., 1980 : Mesure de l'adénosine triphosphate (ATP) dans les sols - mise au point d'une méthode universelle, estimation théorique et pratique des pertes. EPFL, Lab. de Pédologie. PED. 6.

REDUKTION PEDOGENER Fe(III)-OXIDE ALS EIN BIOCHEMISCHER PROZESS

J.C. MUNCH und J.C.G. OTTOW, Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim, Emil Wolff Str. 27, D-7000 Stuttgart-70

1. EINFÜHRUNG

Jeder Boden mit ausreichendem Gehalt an mineralisierbaren organischen Verbindungen zeigt als Folge einer Wassersättigung schon nach wenigen Tagen charakteristische graue Reduktionsercheinungen. Ursache der Reduktion pedogener Fe(III)-Oxide sind weitverbreitete, aerobe und anaerobe eisenreduzierende Mikroorganismen (OTTOW und GLATHE, 1971).

2. MECHANISMEN DER BAKTERIELLEN EISENREDUKTION

Die Reduktionssequenz $O_2 \rightarrow NO_3^- \rightarrow MnO_2 \rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow SO_4^{2-} \rightarrow CO_2$ in überfluteten Böden ist stets von einer raschen Abnahme des Redoxniveaus (bis $Eh = -450$ mV) begleitet. Dies hat zu der Annahme geführt, daß ein sinkendes Redoxpotential als Ursache der reduktiven Transformationen von Nitrat-, Mn(IV)- und Fe(III)-Verbindungen zu betrachten ist. Dieser Vorstellung nach wäre die Eisenreduktion Folge eines relativ hohen Elektronenpartialdruckes im Milieu und somit chemischer Natur. Die reduktive Wirkung eines niedrigen Eh dürfte bei den relativ elektrochemisch inaktiven Fe(III)-Verbindungen aus kinetischen Gründen (relativ hohe Aktivierungsenergie) sehr gering sein. In Modellversuchen konnte gezeigt werden, daß die Reduktion von Eisen(III)-Oxiden weder durch "reduzierende", organische Metaboliten, noch durch ein stark erniedrigtes Redoxpotential (vergleichbar mit einer Wasserstoffelektrode) erreicht werden konnte (MUNCH und OTTOW, 1977; 1982). Auch Nitrat wurde unter vollständig reduzierten Bedingungen ($rH=0$) nicht

reduziert, wenn der betreffende Organismus (Clostridium butyricum) nicht über die Nitratreduktase (nit^-) verfügt (Abb.1). Andererseits verhindert die Anwesenheit von Nitrat die Mn(IV)- und Fe(III)-Reduktion vollständig, wenn der Testorganismus (Bacillus polymyxa) mit dem Nitratreduktase-Komplex ausgerüstet ist (MUNCH und OTTOW, 1977). Infolgedessen kann sowohl die Nitratreduktase als auch eine Ferri-Reduktase für die Eisenreduktion verantwortlich gemacht werden. Voraussetzung für die bakterielle Reduktion von Fe(III)-Oxiden in Böden ($\text{pH} > 5$) ist ein direkter Kontakt zwischen den Oxidpartikeln und den Bakterienzellen, weil die Fe(III)-Oxide und Hydroxyde unter solchen Bedingungen ein sehr geringes Löslichkeitsprodukt ($\text{PK} = 37-45$ bei $\text{pH} > 3.8$) besitzen. Wie Tab.1 zeigt, hat eine räumliche Trennung von Oxiden und Organismen mittels einer semi-permeablen Membran eine weitgehende Elimination der Fe(II)-Bildung zur Folge, obwohl vollständig reduzierte Bedingungen ($r\text{H}=0$) im Milieu festgestellt wurden. Der chemischen Eisenreduktion ist somit kaum Bedeutung beizumessen (MUNCH und OTTOW, 1982, OTTOW, 1982).

3. REDUKTIONSSSEQUENZ "AMORPHER" UND KRISTALLINER Fe(III)-OXIDE

Pedogene Eisen(III)-Oxide unterscheiden sich nicht nur in Struktur und Partikelform, sondern insbesondere auch in der Reaktionsenthalpie (ΔF^0_r). Vom thermodynamischen Standpunkt aus wäre es für den betreffenden eisenreduzierenden Organismus vorteilhaft, zunächst jene Fe(III)-Verbindungen als Wasserstoffakzeptoren einzusetzen, die aufgrund des Ausmaßes und der Form der Kristallisationsvorgänge vergleichsweise energiereich sind. In Modellversuchen mit Mischungen jeweils zweier verschiedener Oxidformen (eine ^{59}Fe markiert), konnte nachgewiesen werden, daß "amorphe" Fe(III)-Oxide vor den kristallinen Formen als Wasserstoffakzeptoren eingesetzt wurden (MUNCH und OTTOW, 1980). Andererseits erfolgte die Übertragung von Protonen und Elektronen in Mischungen kristalliner Oxide (Goethit mit Hämatit bzw. Lepidokrokit mit Hämatit oder Goethit) stets so, daß jene mit einem höheren Energie-Inhalt vor solchen mit

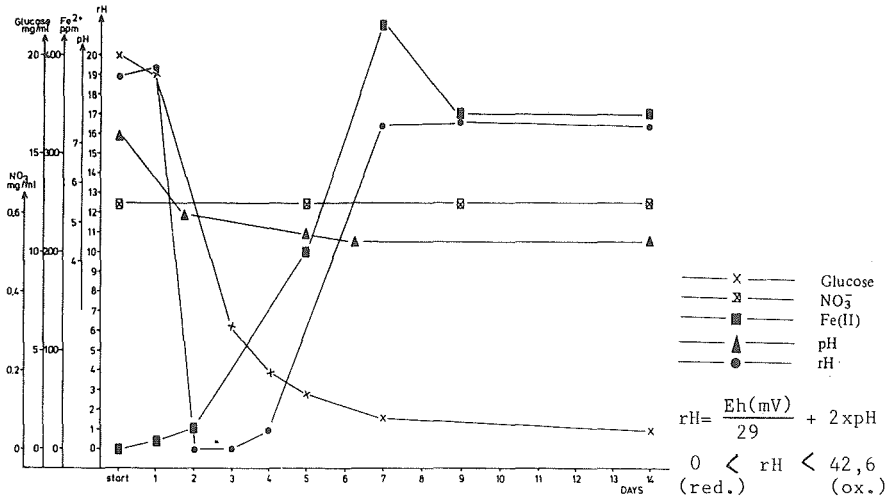


Abbildung 1: Einfluß von Nitrat (KNO_3) auf die Fe(II)-Bildung und die Parameter pH, rH und Glucoseverbrauch durch Clostridium butyricum S22a (nit⁻)

Tabelle 1: Einfluß der räumlichen Trennung von Hämatit-Partikeln und Organismen auf das Ausmaß der Eisenreduktion sowie der Entwicklung von pH und rH

Bebrütung ²⁾	<i>B. polymyxa</i> S55						<i>C. butyricum</i> s22a					
	ohne Trennung		räumlich getrennt ¹⁾				ohne Trennung		räumlich getrennt ¹⁾			
(Tage)	pH	rH	Fe(II) µg/ml		pH	rH	Fe(II) µg/ml		pH	rH	Fe(II) µg/ml	
Versuchsbeginn ³⁾	7,3	19	2,0		7,4	27	2,0		7,3	19	2,0	
2	5,7	0,2	22,8		5,3	0,5	2,0		5,0	0	30,0	
5	6,2	3,5	81,0		5,7	1,2	2,0		4,5	10,8	425,0	
9 ⁴⁾	7,1	8,8	59,8		5,8	1,9	8,0		4,5	16,8	375,0	
12									4,5	16,8	375,0	
									4,2	9,8	5,5	

- 1 Dialyse-Schlauch aus regenerierter Cellulose (Porendurchmesser 15–20 Å)
- 2 unter anaeroben Bedingungen ($\text{N}_2/\text{CO}_2=9/1$; 30 °C)
- 3 Die unbeimpften Kontrollen mit Fe_2O_3 im Dialyse-Schlauch erreichten zum Versuchsende ein pH von 6,6, ein rH-Niveau von 18 und eine durchschnittliche Fe(II)-Konzentration von 2,0 µg/ml
- 4 Versuch abgebrochen nach Auflösung der Dialysemembran (Cellulose) durch zellulolytische Aktivität von *B. polymyxa*

geringerer Enthalpie reduktiv aufgelöst wurden (MUNCH und OTTOW, 1982). In Tab.2 wird am Beispiel der Mischungen von Goethit (Lagerstättenmaterial) und Hämatit (synthetisches Fe_2O_3 bzw. Rötton) gezeigt, daß C. butyricum bevorzugt hämatitisches Eisen reduziert. Wird goethithaltiges Material mit ^{59}Fe -markiertem Hämatit versetzt, so ist das gebildete Fe(II) in der Lösung zu 97 % markiert und somit hämatitischen Ursprungs. Insgesamt wurden 25,9 % des hämatitischen Eisens als Wasserstoffakzeptor eingesetzt, während nur 0,1 % des Fe(III) aus Goethit reduziert wurden. Die gleichen Aussagen wurden mit einem Gemisch aus ^{59}Fe -Goethit und einem hämatithaltigen Boden erhalten. Hier waren 85 % des gelösten Fe(II) nicht markiert, und entstammten somit dem Hämatit.

4. DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG

Mit Hilfe einfacher Modellversuche konnte gezeigt werden, daß die bakterielle Reduktion von Fe(III)-Oxiden nicht die Folge eines erhöhten Elektronendrucks und/oder "reduzierender" Metaboliten ist, sondern das Ergebnis eines direkten Kontaktes zwischen der Oberfläche von Bakterienzellen und den Oxidpartikeln darstellt. Eisenreduzierende Organismen setzen dabei zumindest zwei Enzymsysteme (Nitratreduktase und/oder "Ferri-reduktase") ein, um den Substrat-Wasserstoff auf externe Fe(III)-Akzeptoren abzugeben. Der Einsatz von Fe(III)-Oxiden als Wasserstoffakzeptoren bei O_2 -Mangel bedeutet für die eisenreduzierenden Organismen einen ökologischen Vorteil, da sie dadurch einen zusätzlichen Freiheitsgrad gewinnen, zumal Fe(III)-Verbindungen in Böden und im Gewässerhypolimnion stets reichlich vorhanden sind. Die Spezifität der "Ferri-reduktasen" ist bemerkenswert, weil sie in einer Mischung nicht nur zwischen "amorphen" und kristallinen Oxidformen zu differenzieren wissen, sondern auch zwischen kristallinen Formen mit sehr geringen Energieunterschieden (ΔF^0 für Goethit/Hämatit = +0,2 kcal, OTTOW und MUNCH, 1981).

Tabelle 2: Differenzierung der bakteriellen Fe(II)-Bildung (*C. butyricum* S22) aus Mischungen von Goethit mit ^{59}Fe -markiertem Hämatit sowie von hämatithaltigem Rötton mit ^{59}Fe -markiertem Goethit

Bebrütung ³⁾ (Tage)	470 mg Goethit + 30 mg ^{59}Fe -Hämatit ¹⁾			
	Fe(II) _t	$^{59}\text{Fe(II)}$	Fe(II) _t - $^{59}\text{Fe(II)}$	$^{59}\text{Fe(II)}$ in % von Fe(II) _t
	mg Fe / 0,5 g Material			
Start	0,03	0,01	0,02	48
3	0,21	0,21	0,01	95
8	3,35	3,26	0,09	97
13	5,57	5,42	0,15	97

Bebrütung (Tage)	470 mg Rötton + 30 mg ^{59}Fe -Goethit ²⁾			
	Fe(II) _t	$^{59}\text{Fe(II)}$	Fe(II) _t - $^{59}\text{Fe(II)}$	$^{59}\text{Fe(II)}$ in % von Fe(II) _t
	mg Fe / 0,5 g Material			
Start	0	0	-	-
3	0,42	0,11	0,31	26
8	1,40	0,15	1,25	10
13	2,52	0,38	2,14	15

1) Goethit = 156 mg Fe_d ; Hämatit = 20,9 mg Fe_d

2) Rötton = 10,3 mg Fe_d; Goethit = 9,96 mg Fe_d

3) Die höchste Fe(II)-Konzentration in der Lösung wurde 13 Tage nach Beginn der Bebrütung (30 °C; N₂/CO₂-Atmosphäre = 9/1) gemessen

5. RESUME: LA REDUCTION DES OXYDES FERRIQUES DES SOLS EN TANT QUE REACTION BIOCHIMIQUE

La réduction des oxydes ferriques, causée dans les sols hydro-morphiques par leur microflore, fut étudiée sous conditions définies dans des expériences modèles au laboratoire, grâce à l'activité réductrice de fer de souches bactériennes pures isolées de différents sols (Clostridium butyricum et Bacillus polymyxa). La réduction bactérienne du fer ferrique, postulée soit comme le résultat indirect de la croissance bactérienne (par suite de l'abaissement du potentiel redox ou par le pouvoir réducteur des métabolites bactériens), soit comme une réaction directe du métabolisme bactérien, s'est révélée d'une part comme réaction biochimique spécifique, dépendante de complexes enzymatiques des organismes réducteurs de fer. Elle nécessite du plus un contact direct entre bactéries et particules d'oxydes de fer (insolubles aux pH des sols et des essais) parcequ'une culture en dialyse empêche la formation de fer ferreux. Des réductases, dont une "ferri-réductase" jusqu'à présent indéterminée, serviraient de donneurs d'électrons aux oxydes ferriques, accepteurs extra-cellulaires, dans une réaction qui permet de prolonger ainsi les processus de conversion énergétique. D'autre part, la spécificité des "ferri-réductases" s'étend également sur la nature des oxydes ferriques. Le fer divalent formé à partir de mélanges d'oxydes, oxyhydrates et hydroxydes de fer ferrique (hematite, goethite, lepidocrocite et ferrihydrite), en partie marqués au ⁵⁹Fe, est produit obligatoirement à partir de la liaison la plus énergétique, même si celle-ci ne renferme qu'une partie minime du Fe(III) du mélange (12 ou 16 % dans les essais). Les enzymes bactériens discernent les enthalpies des différents oxydes, et choisissent comme accepteurs d'hydrogène l'oxyde avec l'enthalpie la plus élevée, et ceci en vue d'un gain énergétique (formation d'ATP) maximum.

Diese Untersuchungen wurden mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) Bonn durchgeführt.

6. LITERATURVERZEICHNIS

- MUNCH, J.C. und OTTOW, J.C.G., 1977: Modelluntersuchungen zum Mechanismus der bakteriellen Eisenreduktion in hydro-morphen Böden. Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd. 140, 549-562.
- MUNCH, J.C. and OTTOW, J.C.G., 1980: Preferential reduction of amorphous to crystalline iron oxides by bacterial activity. Soil Sci. 129, 15-21.
- MUNCH, J.C. und OTTOW, J.C.G., 1982: Einfluß von Zellkontakt und Eisen(III)-Oxidform auf die bakterielle Eisenreduktion. Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd. 145, 66-77.
- OTTOW, J.C.G., 1982: Bedeutung des Redoxpotentials für die Reduktion von Nitrat und Fe(III)-Oxiden in Böden. Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd. 145, 91-93.
- OTTOW, J.C.G. and GLATHE, H., 1971: Isolation and identification of iron-reducing bacteria from gley soil. Soil Biol. Biochem. 3, 43-65.
- OTTOW, J.C.G. and MUNCH, J.C., 1981: Role of bacterial enzymes in the reductive dissolution of amorphous and crystalline iron compounds. In: Colloques Internationaux du C.N.R.S. Nr. 303 - Migrations organo-minérales dans les sols tempérés, Editions du C.R.N.S., Paris, p. 189-197.

EFFETS DE L'APPORT DE GLUCOSE ET DU TRAITEMENT PAR LA CHALEUR
SUR L'ACTIVITE VOLATILE MYCOSTATIQUE DU SOL

D. WALTHER et D. GINDRAT

Station fédérale de recherches agronomiques
de Changins, CH-1260 Nyon.

1. INTRODUCTION

La germination des spores fongiques dans le sol est contrôlée par une balance complexe de facteurs endogènes et exogènes (LOCKWOOD, 1977). Ce contrôle garantit la survie de l'espèce en conditions défavorables. Les champignons survivent généralement sous forme de spores dormantes; cette dormance, considérée sous l'aspect de son contrôle exogène, est appelée mycostase.

Plusieurs chercheurs ont mis en évidence des substances volatiles mycostatiques produites dans les sols naturels (HORA et BAKER, 1970; ROTH et GRIFFIN, 1980; SCHUEPP et al., 1979). Leurs expériences se basent sur des tests de germination de spores dans des enceintes contenant un support d'agar séparé d'un échantillon de sol par un espace d'air. Dans un premier temps, des substances volatiles diffusent à l'intérieur de l'enceinte et "activent" l'agar. Celui-ci est alorsensemencé par les spores dont le taux de germination traduit l'activité volatile mycostatique du sol. A notre connaissance, le principe de l'enceinte fermée hermétiquement durant tout le processus expérimental, y compris l'ensemencement de l'agar "activé", n'a pas encore été examiné; les méthodes utilisées jusqu'ici pourraient ainsi ne pas tenir suffisamment compte des substances volatiles produites à un faible taux ou de celles qui ne sont pas absorbées par l'agar.

Nous décrivons ici une nouvelle méthode pour l'étude de l'activité volatile mycostatique du sol. Pour tenter de préciser l'origine des substances volatiles, nous étudions l'activité mycostatique d'un sol enrichi en glucose ou traité à la chaleur.

2. MATERIEL ET METHODES

Les organismes utilisés sont les champignons Verticillium dahliae Kleb. et Pythium debaryanum Hesse.

Le sol est constitué de terre franche, tourbe et sable (4:2:1), son pH est de 7,5 et l'humidité est constamment maintenue à 45 % de sa capacité de rétention hydrique. Le sol amendé contient 5 g de glucose/kg de sol frais. Il est utilisé pour l'expérimentation immédiatement après l'incorporation du glucose. Le sol traité à la chaleur est chauffé (40-100 °C, 30 min) dans des tubes à essais plongés dans un bain-marie. Le traitement à 120 °C est réalisé dans un autoclave.

Le dispositif expérimental (fig.1) consiste en un tube de verre (70 x 13 mm) contenant un tampon de coton au tiers de sa hauteur. Après la stérilisation, un disque d'agar (3 x 6mm) est posé sur le tampon du côté du petit compartiment. L'ouverture du tube au-dessous de l'agar est alors fermée hermétiquement par un bouchon de caoutchouc. Dans l'autre compartiment, on introduit l'échantillon de sol (1,5 g) et l'orifice correspondant est fermé de la même manière. Les tubes sont placés à 24 °C pendant 2-16 jours. Cette incubation (pré-incubation) permet aux substances volatiles produites dans le sol de diffuser à l'intérieur de l'enceinte. Après la pré-incubation, on injecte une goutte de suspension de spores sur le disque d'agar. Le taux de spores germées est déterminé

après 2 h. (P. debaryanum) ou 16 h. (V. dahliae) d'incubation à 24 °C. L'activité volatile mycostatique du sol est exprimée par le pourcentage de spores inhibées (fig.2). Tous les tests sont réalisés avec trois répétitions et faits au moins trois fois.

Une analyse microbiologique globale du sol a été effectuée par la méthode des "soil-platees" et "dilution-plates" (JOHNSON et CURL, 1972) pour révéler respectivement les populations fongiques et bactériennes.

3. RESULTATS

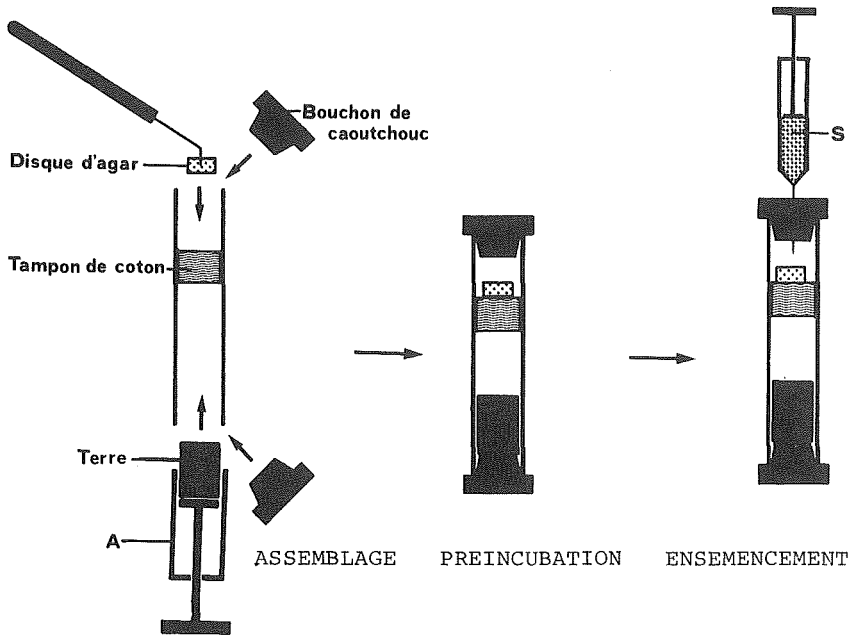
En présence de sol stérile, plus de 90 % de spores germent, indépendamment de la durée de la préincubation; en présence de sol naturel, le taux de germination diminue avec la prolongation de la préincubation (tabl.1). En présence de sol amendé, la germination est déjà fortement inhibée après 2 jours de préincubation; après ce laps de temps, l'inhibition est complète (tabl.1).

Les traitements thermiques du sol conduisent à une inhibition accrue de la germination (fig.2). Dans le sol sans amendement, cette inhibition est maximale après le traitement à 80 °C; dans le sol amendé, l'inhibition est complète après les traitements à 50-100 °C. Cependant le traitement à 120 °C rétablit la germination.

Les densités des populations microbiennes dans le sol sont présentées dans la fig.3. Après le traitement à 80 °C, la population apparente des bactéries est fortement réduite. Les champignons qui résistent à ce traitement sont des levures. Quelques bactéries survivent au traitement à 100 °C.

Tableau 1. Germination des spores en fonction de la durée de préincubation

	Taux de germination (%)									
	SOL STERILE			SOL NATUREL				SOL + GLUCOSE		
	Préincubation			Préincubation				Préincubation		
Champignon	2j	8j	16j	2j	4j	8j	16j	2j	4j	8j
<u>P. debaryanum</u> (Conidies)	91			75				0		
<u>V. dahliae</u> (Conidies)	92	90	93	84	60	68	8	14	0	0



A = Accessoire pour introduire la terre dans l'enceinte

S = Suspension de spores dont une goutte est déposée sur l'agar.

Fig. 1. Dispositif pour l'étude de l'activité volatile mycologique du sol.

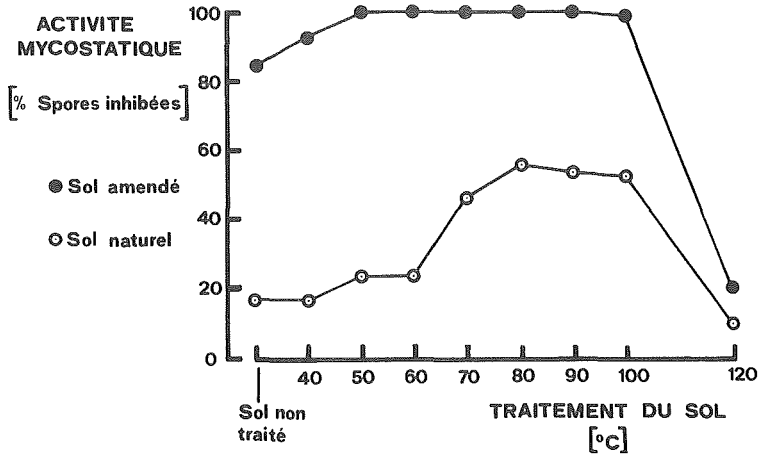


Fig. 2. Activité volatile mycostatique en fonction du traitement thermique préalable du sol.

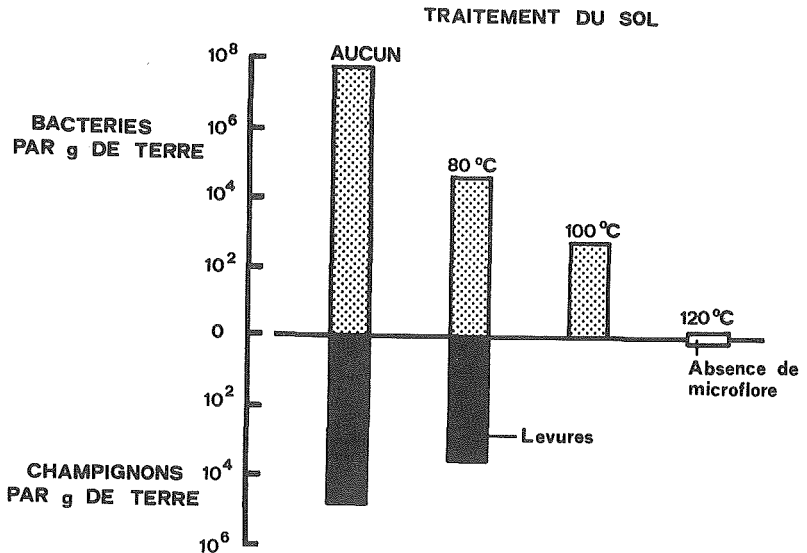


Fig. 3. Populations microbiennes du sol naturel et traité à la chaleur.

Le sol traité à 120 °C est apparemment stérile.

4. CONCLUSIONS

Le sol naturel produit des substances volatiles mycostatiques. Le taux de production de ces substances est faible; cependant leur accumulation exerce un net effet mycostatique (tabl.1). Dans le sol enrichi en glucose, l'activité volatile mycostatique est fortement accrue (tabl.1). L'accroissement de l'activité mycostatique par l'apport de glucose ainsi que son absence dans le sol stérile confirment l'origine microbiologique des substances volatiles mycostatiques.

HORA et BAKER (1972) n'ont pas pu observer une stimulation de l'activité volatile mycostatique dans le sol enrichi en glucose (1 g/kg). Leur méthode (SEA) s'est également avérée peu sensible lors de nos expériences préliminaires. Notre méthode, basée sur le principe de l'enceinte fermée hermétiquement durant tout le processus expérimental peut être particulièrement avantageuse pour l'étude de l'activité volatile du sol. Il reste à vérifier si notre dispositif induit une anaérobiose qui masquerait l'effet des substances volatiles mycostatiques.

L'accroissement de l'activité volatile mycostatique du sol après les traitements thermiques peut s'expliquer par l'élimination de micro-organismes antagonistes des producteurs de substances volatiles mycostatiques.

L'abondance de levures dans le sol traité à 80 °C (fig.3) suggère que ces organismes contribuent à l'élaboration des substances volatiles. Cependant, nous avons pu montrer que les métabolites volatiles de ces levures cultivées in vitro n'inhibent pas la germination des spores de V.dahliae.

Par contre, parmi les bactéries isolées du sol traité à 100 °C et cultivées in vitro se trouvent des producteurs de métabolites volatiles mycostatiques. Ces bactéries pourraient donc être étroitement associées à l'élaboration de substances volatiles mycostatiques dans le sol.

ZUSAMMENFASSUNG

Die flüchtige fungistatische Aktivität des Bodens wird mittels einer neuen Methode untersucht. Unsere Resultate bestätigen die mikrobiologische Herkunft flüchtiger fungistatischer Substanzen. Glukosezugabe und Hitzebehandlung des Bodens stimulieren die Produktion dieser Substanzen. Thermoresistente Bakterien kommen als Produzenten der flüchtigen Inhibitoren in Frage.

BIBLIOGRAPHIE

- HORA, T.S., BAKER, R., 1970: Volatile factor in soil fungistasis. *Nature* 225, 1071 - 1072.
- HORA, T.S., BAKER, R., 1972: Soil fungistasis: microflora producing a volatile inhibitor. *Trans. Br. mycol. Soc.* 59, 491 - 500.
- JOHNSON, L.D., CURL, E.A., 1972: Methods for research on the ecology of soil-borne plant pathogens. Edit. Burgess Publishing Company, pp. 6 - 35.
- LOCKWOOD, J.L., 1977: Fungistasis in soils. *Biol. Rev.* 52, 1 - 43.
- ROTH, D.A., GRIFFIN, G.J., 1980: The response of Cylindrocladium conidia to soil fungistasis. *Soil Biol. Biochem.* 12, 531 - 536.
- SCHUEPP, H., BLATTER, R., BRUNNER, S., 1979: Flüchtige fungistatische Inhibitoren im Boden: ihr Diffusions- und Akkumulationsverhalten. *Phytopath. Z.* 95, 318 - 328.

S A M M E L - U N D E X T R A K T I O N M E T H O D E N
F U E R B O D E N M I K R O A R T H R O P O D E N

M. Bieri & V. Delucchi

Institut für Phytomedizin, ETH-Zentrum, Clausiusstr. 21, Zürich

Quantitative ökologische Studien von Boden-Mikroarthropoden stellen höhere Ansprüche an die Sammel- und Extraktionsmethoden als rein faunistische Erhebungen. Die Methoden müssen eine möglichst vollständige Ausbeute aller Tiere aus einer standardisierten Bodenprobe gewährleisten. Zudem sollte man mit diesen in einer kürzeren Frist die notwendige Anzahl Bodenproben verarbeiten können.

Die hier vorgestellten Extraktions- und Sammelmethode sind Neu- oder Weiterentwicklungen, welche im Zusammenhang von bodenzoologischen Untersuchungen gebaut wurden. Es zeigte sich, dass es für die Extraktion von Bodenarthropoden keine Methode gibt, welche allen Ansprüchen gerecht wird. Deshalb wurden zwei Verfahren technisch verfeinert, welche sich gegenseitig ergänzen.

Die Bodensonde

Die Bodensonde ist eine einfache mechanische Konstruktion. Im wesentlichen ist es ein der Länge nach geteilter Eisenzylinder, welcher vorne mit einer Hartmetall-Schneide versehen ist. Dieser umschließt die PVC-Hülsen, welche die Bodenproben aufnehmen, wenn die Sonde in den Boden getrieben wird. Die PVC-Hülsen lassen sich in die Sonde einsetzen oder herausnehmen, indem die beiden Rohrhälften auseinander geklappt werden. Die Bodenproben werden mit dieser Sonde in der Regel

nur minimal beeinträchtigt und könnendirekt in den PVC-Hülsen transportiert und gelagert werden. Dabei müssen sie nur noch mit den passenden Deckel an beiden Enden verschlossen werden. Die vorliegende Sonde ist für Probeentnahmen bis in eine Tiefe von 20 cm gebaut. Die PVC-Hülsen haben einen Innendurchmesser von 59 mm. Sie können in beliebig gewählte Höhen unterteilt werden. (Abb. 1, Anhang)

Der Macfadyen-Apparat

Das arbeitstechnisch einfachste Verfahren für die Extraktion von Boden-Mikroarthropoden ist das auf der Berlese-Tullgren-Methode aufbauende Macfadyen-Verfahren. Es ist sehr effizient und hat den Vorteil, dass die Tiere in einem sehr guten Zustand gewonnen werden und mit wenig Erdpartikel vermenget sind. Die Tiere lassen sich dadurch zuverlässig bis zur Art bestimmen und sind leichter auszählbar.

Für die Extraktion der Boden-Mikroarthropoden wird die Bodenprobe auf einem Sieb (Maschenweite 1 mm) in einem Zylinder deponiert. Der Zylinder wird danach über die weitere Oeffnung eines Aluminium-Trichters (Oeffnungswinkel 30°) gebracht. Das untere Ende des Trichters mündet in ein Auffangglas. Die Erdprobe wird von oben mit einer Glühbirne bestrahlt, und dadurch die Probenoberfläche erwärmt. Die Temperatur kann dort elektronisch gesteuert werden. Gleichzeitig wird die Unterseite der Erdprobe gekühlt indem Kaltluft mit einem hohen Wassergehalt im Trichterraum umgewälzt wird. Mit der Erwärmung der Oberseite und die Kühlung der Unterseite trocknet die Bodenprobe langsam von oben her nach unten aus. Dies veranlasst die Tier nach unten auszuweichen. Sie durchwandern das Sieb und fallen in den Trichter und durch diesen in das Auffangglas. Je nach beabsichtigter Verwendung der Tiere, können sie lebend gesammelt werden oder man tötet sie in einer Konservierungslösung im Auffangglas ab. Sie können bis zur Auszählung in diesem aufbewahrt bleiben.

Der Macfadyen-Apparat ist so gebaut, dass gleichzeitig 96 Proben verarbeitet werden können. Die Böden, Wände und Deckel bestehen aus Alucopan[®]-Platten, d.h. 4 cm starken Polyurethanschaum-Platten welche beidseitig mit je 1 mm starken Aluminiumblech beschichtet sind. Die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse lassen sich, unabhängig von den Aussenbedingungen, im Apparat steuern. Der Apparat kann praktisch überall installiert werden. Ausser Elektroanschluss braucht es keine zusätzlichen Einrichtungen. Zudem ist er leicht in seine Einzelteile zerlegbar und dadurch einfach zu transportieren. (Abb. 2, Anhang).

Die Auswasch-Apparatur

Im Gegensatz zur Macfadyen-Methode gewinnt man mit der Auswaschmethode auch immobile Stadien von Arthropoden, wie Puppen und Eier. Zudem muss man beim Macfadyen-Verfahren die Bodenproben unmittelbar nach dem Sammeln verarbeiten. Bodenproben, die für die Auswaschung bestimmt sind darf man bei minus 20°C einfrieren und so mehrere Monate lagern, ohne dass die Tiere zersetzt werden. Die Effizienz der Auswaschmethode ist mit der der Macfadyen-Methode für die meisten Arthropoden-Gruppen vergleichbar. Die Auswaschmethode ist dadurch die notwendige Ergänzung zum Macfadyen-Verfahren. Im Auswasch-Apparat werden die Erdproben mittels Vibration und unten einströmender Luft in einer Calgonlösung (Dichte 1.1) aufgelöst. Die Erdprobe wird am Anfang in einen "Korb" gegeben, welcher zuoberst am Siebeinsatz angebracht ist. Der Siebeinsatz steht in einem zylindrischen Gefäss aus Chromstahl. Für den Extraktionsprozess wird das Gefäss zu Beginn bis knapp über den "Korb" des Siebeinsatzes mit Calgonlösung gefüllt. Während des Aufschliessungs- und Dispergierungsvorganges passiert die Erde von oben nach unten zunehmend feinere Siebe. Die aus der Erde ausgewaschenen Tiere steigen infolge ihres geringeren spezifischen Gewichtes an die Oberfläche der Lösung auf. In der Regel ist die Bodenprobe nach 10 min. vollständig dispergiert. Der Vibrator

und die Pressluft werden dann abgestellt, und das Gefäß bis an die obere Kante mit Calgonlösung gefüllt. In diesem Zustand lässt man die Lösung 10 min. stehen, damit sich die feinen Partikel setzen, welche in der Lösung schweben. Darauf werden die Tiere sorgfältig, durch Überlaufen lassen der Calgonlösung über den Gefäßrand in die Auffangmanschette gespült. Von dort werden die Bodenarthropoden in den Trichter geschwemmt. Auf dem Filter (Vliesenpapier, 40 g/m²) werden die Tiere aufgefangen und gesammelt. Sobald alle Tiere auf dem Filterpapier sind, werden diesen alle Salzreste mit destilliertem Wasser abgewaschen. Das Filterpapier wird anschliessend samt den darauf liegenden Tieren in ein Fläschchen, in eine Konservierungslösung gegeben und so bis zum Auszählen aufbewahrt.

Die Auswaschmethode ist arbeitsaufwendiger als die Macfadyen-Methode und die gewonnenen Tiere sind auch nicht in dem tadellosen Zustand. Eine Bestimmung bis zur Art ist aber möglich. Pro Arbeitstag können 30 bis 40 Proben verarbeitet werden. (Abb. 3 bis 8, Anhang)

LITERATUR

- BIERI, M., DELUCCHI, V. & LIENHARD, C. 1978a. *Ein abgeänderter Macfadyen-Apparat für die dynamische Extraktion von Bodenarthropoden*. Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 51: 119 - 132.
- BIERI, M., DELUCCHI, V. & LIENHARD, C. 1978b. *Beschreibung von zwei Sonden zur standardisierten Entnahme von Bodenproben für Untersuchungen an Mikroarthropoden*. Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 51: 327 - 330.
- BIERI, M. & DELUCCHI, V. 1980. *Eine neu konzipierte Auswaschanlage zur Gewinnung von Bodenarthropoden*. Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 53: 327 - 339.

ANHANG:

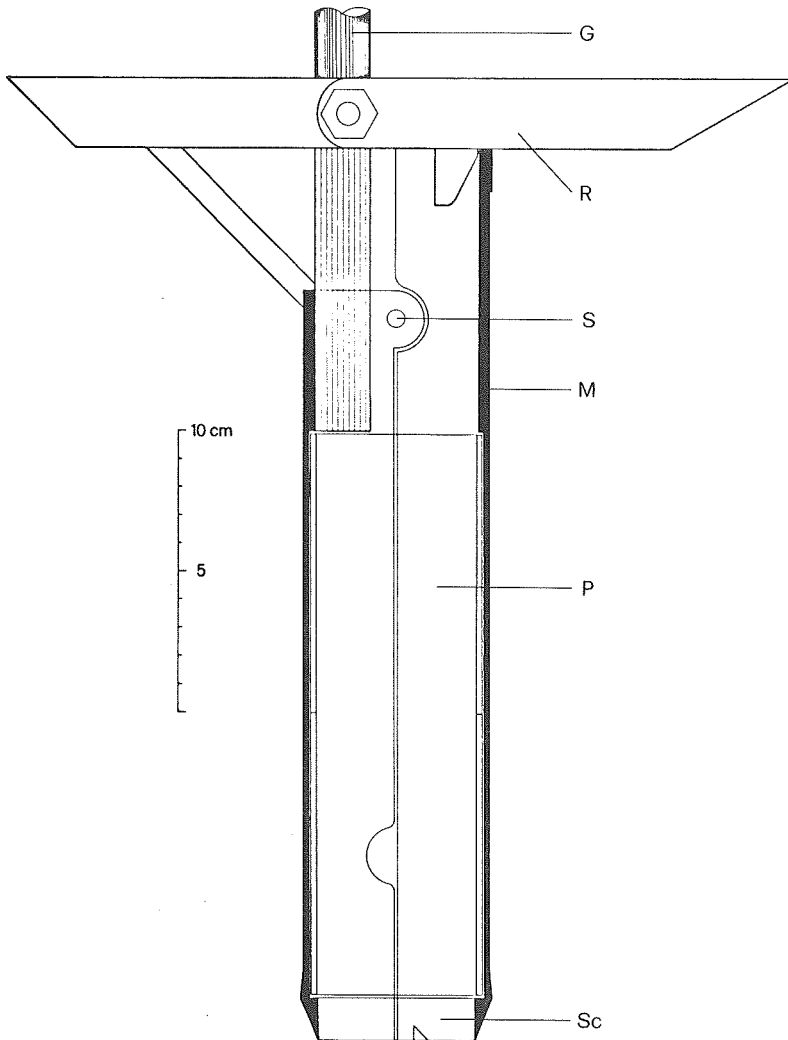


Abb. 1: Querschnitt durch die Bodensonde.

G, Griff; M, Metallrohr; P, PVC-Hülse; R, Riegel; S, Scharnier; Sc, Schneide

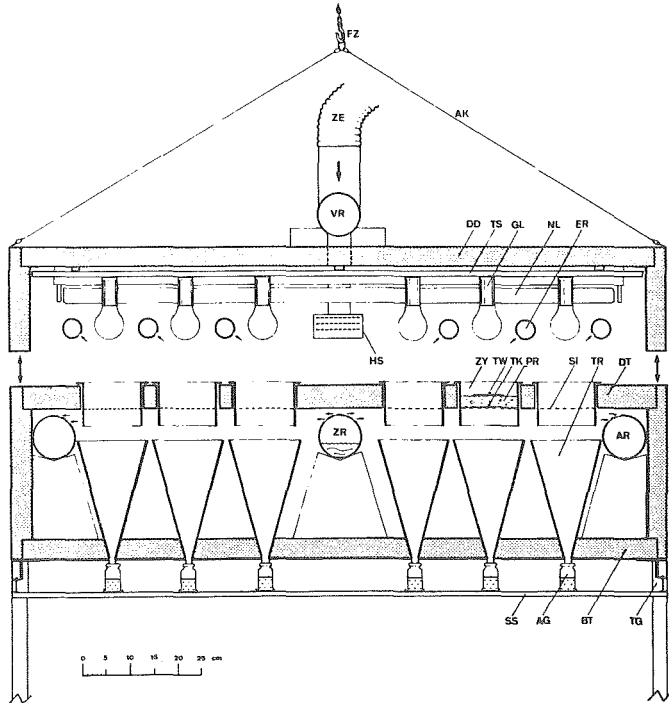


Abb. 2: Querschnitt durch Macfadyen-Apparat

AG, Auffangglas; AK, Aufhängekabel; AR, Absaugrohr; BT, Bodeplatte des Tisches
DD, Deckplatte des Deckels; ER, Entfeuchtungsrohr; FZ, Flaschenzug
GL, Glühlampe; HS, Hygrostat; NL, Neonlampe; PR, Bodenprobe; SI, Sieb
SR, Sammelrohr; SS, Stützschiene; TG, Traggestell; TK, Thermistor für
Kühlregulation; TR, Trichter; TS, Tragschiene; TW, Thermistor für Wärme-
regulation; VR, Verteilrohr; ZY, Zylinder.

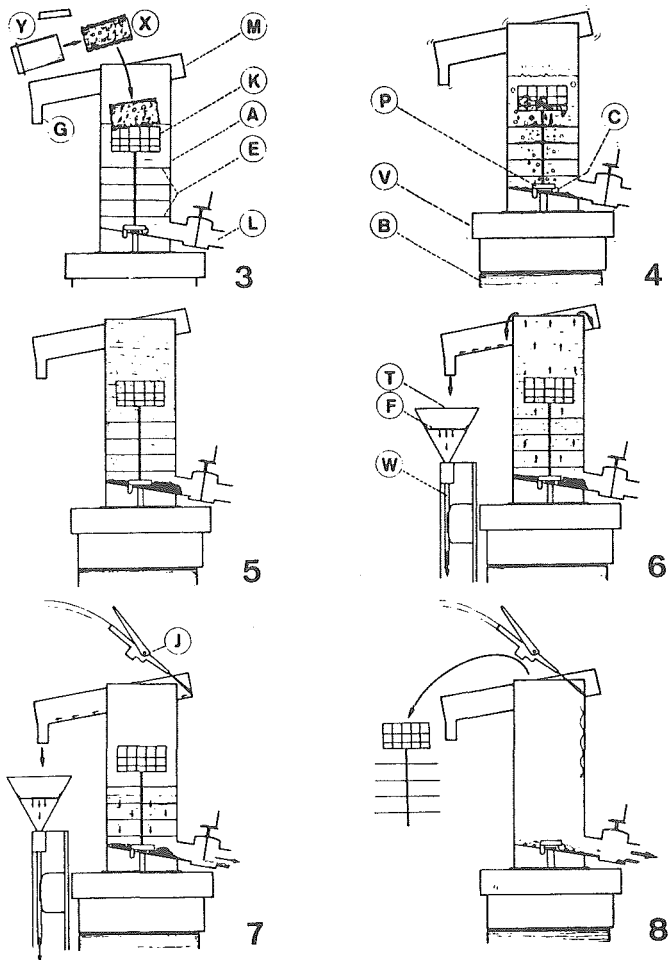


Abb. 3 bis 8: Auswaschvorgang

Vorbereitung (3), Auflösung der Probe (4), Auffüllen mit Calgonlösung (5)
Dekantierung und Filtrierung (6), Abspülen (7), Reinigung des Gefäßes (8).

A, Auswaschgefäß; B, Eisenbahnschwelle; C, Zufuhr von Calgonlösung;
E, Siebeinsatz; F, Filterpapier; G, Ausguss; J, Spülhahn; K, Korb;
L, Ablauf; M, Auffangmanschette; P, Zufuhr Pressluft; T, Trichter;
V, Vibrator; W, Vakuum; X, Bodenprobe; Y, PVC-Zylinder.

EFFETS A LONG TERME DE DIFFERENTES TECHNIQUES DE TRAVAIL DU SOL

A. MAILLARD et A. VEZ,

Station fédérale de recherches agronomiques de Changins, CH-1260 Nyon

1. INTRODUCTION

L'utilité des interventions mécaniques sur le sol en vue de préparer le lit de semences et de lutter contre les mauvaises herbes a été mise en question suite à l'apparition des produits herbicides et au développement de semoirs spéciaux.

Les motivations principales du choix des méthodes de culture sans labour et même sans travail du sol sont généralement liées:

- à la recherche d'une meilleure productivité du travail,
- au désir de se dégager le plus possible des contraintes climatiques et pédologiques
- et à la recherche d'une moindre dépense énergétique.

2. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Dans le cadre d'une rotation blé - maïs - blé - colza, un essai a été mis en place pour étudier les effets à long terme de quatre outils différents de travail du sol. L'essai qui a débuté en 1970 est conduit sur deux types de sol à Changins et comprend les variantes expérimentales suivantes (split plot):

- | | |
|--|-----------------------------|
| • <u>Facteur principal</u> | • <u>Facteur secondaire</u> |
| 1. Labour (20-25 cm) | 1. Fumure azotée normale N |
| 2. Chiseï (25-30 cm) | 2. Fumure azotée N + 30 |
| 3. Travail superficiel (5-10 cm) | |
| 4. Semis direct (0-5 cm) | |
| • <u>Rotation:</u> blé - maïs - blé - colza | |
| • <u>Surface des parcelles:</u> 160 m ² | |

Sur le sol argilo-humifère, l'essai comprend 3 répétitions, celui sur le sol limoneux 4 répétitions.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Evolution de certains paramètres chimiques et physiques du sol

Les analyses des teneurs du sol en P_2O_5 et en K_2O (tableau 1) montrent dans les deux types de sol une accumulation significative de ces éléments nutritifs dans les parcelles travaillées superficiellement et de semis direct par rapport à celles labourées dans la couche supérieure du sol (0-10 cm). Ces observations ont été déjà signalées dans d'autres essais également (VEZ, 1972; KAHNT, 1976; ELLIS and HOWSE, 1980).

En ce qui concerne la stabilité des agrégats du sol (méthode HENIN, 1969), le tableau 2 reproduit les résultats des années 1979 et 1981. Mis à part l'impact des outils de travail du sol, il apparaît que la stabilité des agrégats est meilleure dans le sol argilo-humifère (A) que dans le sol limoneux (B). Les plus fortes teneurs en argile et en matière organique du sol A sont les facteurs principaux de cette différenciation (HARTGE, 1978). Nous observons d'autre part dans les deux essais une diminution de cette stabilité dans les variantes non labourées entre la couche supérieure (0-10 cm) et la couche inférieure du sol (10-20 cm). En ce qui concerne l'impact des différents travaux du sol, nous constatons dans les deux essais une stabilité des agrégats plus faible dans les parcelles labourées par rapport au semis direct et au travail superficiel. Certes, ces différences ne sont pas toujours assurées statistiquement, mais les résultats d'analyse des années 1979 et 1981 font état de gradients semblables en tout cas pour ce qui concerne le labour et le semis direct. Les taux de matière organique plus élevés dans les parcelles de semis direct et de travail superficiel par rapport à celles du labour expliquent en grande partie cette évolution dans le temps (VEZ, 1979b).

3.2 Evolution des rendements de blé d'automne

Compte tenu de notre type d'assolement choisi, nous disposons après 12 années d'essais des rendements de grain de six années de blé, de trois années de maïs et de trois années de colza. Nous nous limitons à commenter l'évo-

tution des rendements de blé pour cette présentation (tableau 3).

En considérant les rendements de blé calculés sur la moyenne des 6 années (\emptyset), les différences relatives que nous observons entre les différents outils de travail du sol se confondent dans la marge d'erreur statistique. Cette observation est valable aussi bien pour le sol argilo-humifère (A) que pour le sol limoneux (B). Toutefois, si nous nous en tenons aux rendements des trois dernières années (1977, 79, 81), il ressort que les parcelles labourées et préparées d'une manière conventionnelle (1) se différencient des trois autres méthodes de travail du sol par des rendements inférieurs. Cette tendance est plus marquée dans le sol argilo-humifère que dans le sol limoneux. Ces résultats mettent bien à jour les réelles difficultés d'avoir un lit de semences bien assis et suffisamment fin dans les terres lourdes, spécialement lorsque la récolte de la culture précédente (maïs) est tardive. Quant aux trois autres préparations du sol (2, 3, 4), leur impact sur le rendement ne se différencie pas statistiquement. Force est de constater toutefois que le semis direct (4) se traduit par les rendements de blé les plus élevés en valeurs absolues depuis 1977.

L'amélioration des propriétés bio-chimico-physiques engendrée par les techniques de non labour a nécessité une phase d'adaptation (les 5-6 premières années d'essai) avant d'avoir des répercussions positives pour le rendement de blé. Par ailleurs, il convient d'ajouter certaines difficultés initiales à maîtriser les plantes adventives ainsi que la technique même du semis direct. De telles observations ont été déjà faites dans d'autres essais de travail du sol à Changins (VEZ, 1979a).

4. CONCLUSION

Grâce aux herbicides et aux machines disponibles aujourd'hui, il est possible de réduire sensiblement les travaux du sol en céréaliculture sans s'attendre à une diminution des rendements.

Les résultats plutôt satisfaisants que nous avons obtenus à Changins dans les procédés où nous n'avons pas recours à la charrue systématiquement, ne doivent pas nous faire oublier que dans la variante extrême, le semis sans labour peut favoriser le développement de certaines maladies, telles la fu-

sariose (CASSINI, 1973) et la septoriose (YARHAM et HIRST, 1975). En outre, cette technique entraîne la multiplication du chiendent (*Agropyron repens*).

Ces diverses observations ne nous permettent pas, pour l'instant, de recommander la pratique systématique du semis direct. En revanche, le recours au chisel et au travail superficiel connaît un intérêt réel chez certains agriculteurs en Suisse.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Die Wirkungen des Pflügens, des Tiefgrubbers, der minimalen Bodenbearbeitung und der Direktsaat werden auf einem humosen Tonboden und auf einem Lehmboden seit 1970 in Changins verglichen.

Unsere eigenen Ergebnisse bestätigen die in der Literatur öfters zitierten Beobachtungen, dass die Direktsaat eine Zunahme der organischen Substanz, der P_2O_5 und K_2O - Gehalte und der Krümelstabilität des Bodens in der oberen Schicht (0-10 cm) zur Folge hat.

Nach einer Anlaufphase waren die Winterweizenerträge nach der Direktsaat-technik seit 1977 signifikant höher als diejenigen der drei anderen Bodenbearbeitungsverfahren.

6. BIBLIOGRAPHIE

CASSINI, R., 1973: Influence des techniques de culture sur le développement des maladies des céréales. La lutte contre les maladies des céréales. Journée d'études, Versailles, 28 février, 17-34.

ELLIS, F.B. and HOWSE, K.R., 1980: Effects of cultivation on the distribution of nutrients in the soil and the uptake of nitrogen and phosphorus by spring barley and winter wheat on three soil types. *Soil & Tillage Res.* 1, 35-46.

HENIN, S., 1969: Le profil cultural. Masson & Cie, Paris.

KAHNT, C., 1976: Ackerbau ohne Pflug. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

VEZ, A., 1972: Possibilités et limites de culture sans labour. Recherche agronomique en Suisse 11, 129-144.

VEZ, A., 1979a: Soil tillage in a long term wheat monoculture. Proc. of the 8th ISTRO Conf., Hohenheim (West-Germany).

VEZ, A., 1979b: Influence à long terme de diverses mesures culturales sur la teneur en matière organique du sol et le rendement des cultures. Revue suisse d'Agriculture 11, 125-128.

YARHAM, D.J. and HIRST, J.M., 1975: Cereal diseases in reduced cultivation and direct drilling system. 3e Conférence sur les monocultures de céréales. OEPP, 17-19 juin, Gembloux (Belgique).

Remerciements

Les analyses chimiques et physiques du sol ont été prises en charge aimablement par les spécialistes en la matière de la Station de Changins MM, Dr J.-A. Neyroud et J.-P. Ryser.

Tableau 1 - Effets de différentes techniques de travail du sol sur le taux de matière organique et sur les teneurs en P₂O₅ et K₂O du sol (0-10; 10-20 cm)

	A = SOL ARGILO-HUMIFERE				B = SOL LIMONEUX			
	1 9 7 5		1 9 8 1		1 9 7 5		1 9 8 1	
· <u>MATIERE ORGANIQUE (%)</u> 0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20 cm	
1. Labour	4,80	4,90	4,65	4,80	2,05	2,10	1,92	1,90
2. Chisel	4,90	4,80	4,90	4,63	2,40	2,15	2,30	2,07
3. Travail superficiel	5,37	5,03	5,56	3,86	2,50	2,25	2,55	2,02
4. Semis direct	5,46	4,87	5,13	4,66	2,50	2,18	2,57	2,10
<i>P.p.d.s. 5%</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,21</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,62</i>	<i>n.s.</i>
· <u>INDICE-P₂O₅ (0,0356 mg/100 g terre)</u>								
1. Labour	6,8	9,8	3,6	3,5	5,1	5,1	3,0	3,0
2. Chisel	7,8	5,2	3,8	3,2	8,3	4,2	5,9	4,3
3. Travail superficiel	14,6	5,2	9,8	3,6	8,2	3,7	8,4	2,6
4. Semis direct	22,3	6,6	10,4	4,4	10,5	3,5	7,0	2,9
<i>P.p.d.s. 5%</i>	<i>7,3</i>	<i>n.s.</i>	<i>3,1</i>	<i>n.s.</i>	<i>5,6</i>	<i>n.s.</i>	<i>5,4</i>	<i>n.s.</i>
· <u>INDICE-K₂O (mg K₂O/100 g terre)</u>								
1. Labour	0,87	0,83	0,53	0,53	1,75	2,02	1,55	1,32
2. Chisel	0,93	0,66	0,53	0,43	2,95	1,92	2,30	1,87
3. Travail superficiel	1,26	0,60	0,76	0,50	2,98	1,78	2,50	1,35
4. Semis direct	1,60	0,66	1,06	0,56	3,53	1,95	2,75	1,85
<i>P.p.d.s. 5%</i>	<i>0,39</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,20</i>	<i>n.s.</i>	<i>1,13</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

Tableau 2 - Effets de différentes techniques de travail du sol sur la stabilité des agrégats du sol (0-10; 10-20 cm; indice S ¹⁾)

	1 9 7 9		1 9 8 1	
	0-10	10-20	0-10	10-20 cm
<u>A = SOL ARGILO-HUMIFERE</u>				
1. Labour	1,06	1,56	0,61	0,84
2. Chisel	-	-	0,56	0,64
3. Travail superficiel	-	-	0,46	0,44
4. Semis direct	0,66	0,63	0,49	0,41
<i>P.p.d.s. 5%</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,18</i>
<u>B = SOL LIMONEUX</u>				
1. Labour	2,88	3,23	2,39	2,32
2. Chisel	-	-	1,91	1,74
3. Travail superficiel	-	-	1,18	1,60
4. Semis direct	1,75	2,26	1,18	1,66
<i>P.p.d.s. 5%</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>1,05</i>	<i>n.s.</i>

1) Plus l'indice est petit, meilleure est la stabilité des agrégats du sol

Tableau 3 - Effets de différentes techniques de travail du sol sur le rendement relatif du blé d'automne (%)

	1971	1973	1975	1977	1979	1981	Ø
<u>A = SOL ARGILO-HUMIFERE</u>							
1. Labour	100	100	100	100	100	100	(100)
2. Chisel	101,3	104,1	91,5	112,9	108,6	117,0	(105,9)
3. Travail superficiel	100,4	106,8	87,1	110,2	112,0	123,5	(106,6)
4. Semis direct	95,6	97,0	86,8	114,7	118,3	127,2	(106,6)
<i>P.p.d.s. 5%</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>8,0</i>	<i>5,8</i>	<i>9,0</i>	<i>14,1</i>	<i>(n.s.)</i>
<u>B. SOL LIMONEUX</u>							
1. Labour	100	100	100	100	100	100	(100)
2. Chisel	95,4	100,9	84,0	102,0	115,1	113,7	(101,8)
3. Travail superficiel	96,1	100,7	87,7	100,2	108,6	111,9	(100,8)
4. Semis direct	89,1	94,1	90,2	107,8	117,8	118,8	(102,9)
<i>P.p.d.s. 5%</i>	<i>4,3</i>	<i>n.s.</i>	<i>4,5</i>	<i>6,9</i>	<i>5,9</i>	<i>6,6</i>	<i>(n.s.)</i>

BODENKUNDLICHE UND SCHWERMINERALOGISCHE UNTERSUCHUNGEN
AN BÖDEN VERSCHIEDENER SCHOTTERFLUREN DER NORDSCHWEIZ

H. CONRADIN

Labor für Bodenkunde, ILW, ETH Zentrum, 8092 Zürich

Die Schotterfluren der Nordschweiz werden, da sie in einem tektonischen Hebungsbereich sedimentiert wurden, als um so älter angesehen, je höher sie liegen. Sofern sie nach der Ablagerung nicht erodiert oder überschüttet worden sind, sollten die Schotter mit zunehmender Höhe auch Böden mit zunehmendem Alter aufweisen.

Da nun aber die Ausdehnung der Gletscher während der Risseiszeit bedeutend grösser war und das Eis höher stand als in den vorausgegangenen Glazialzeiten, muss man doch mit der Möglichkeit der Erosion resp. der Ueberschüttung bereits früher gebildeter Böden rechnen.

Ich untersuche, ob eine Beziehung besteht zwischen dem theoretischen Alter, der Mächtigkeit und dem Verwitterungszustand des Bodens. Probleme entstehen dadurch, dass eine Ueberschüttung oder eine Erosion makromorphologisch wohl meist im frischen Schotter, seltener aber im gut durchgewitterten Boden zu erkennen ist, weil die neu einsetzende Bodenbildung die Merkmale früher entstandener Böden sehr stark überprägen kann.

Der Grad der Verwitterung des Bodens wurde bestimmt durch makromorphologische Kennzeichen, bodenchemische Analysen sowie durch mineraloptische Untersuchungen. Die Körnungsanalyse wurde ebenfalls durchgeführt. Der Gehalt der Schwerminerale ist sowohl quantitativ wie qualitativ in den verschiedenen Schottern und Böden recht unterschiedlich.

Eine Deutung wird versucht.

Im folgenden aufgeführte Literatur:

FUECHTBAUER, H., 1963: Zum Einfluss des Ablagerungsmilieus auf die Farbe von Biotiten und Turmalinen. Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf. 10, 337 - 342.

FUECHTBAUER, H., 1964: Sedimentpetrographische Untersuchungen in der älteren Molasse nördlich der Alpen. Eclogae Geol. Helv. 57, 1, 157 - 204.

HOFMANN, F., 1960: Beitrag zur Kenntnis der Glimmersandsedimentation in der oberen Süsswassermolasse der Nord- und Nordostschweiz. Eclogae Geol. Helv. 53, 1, 1 - 25.

LOESCHER, M. und LÉGER, M., 1974: Probleme der Pleistozänstratigraphie in der nördlichen Iller-Lech-Platte. Heidelberger Geogr. Arb., 40, 69 - 76.

NICKEL, E., 1973: Experimental dissolution of light and heavy minerals in comparison with weathering and intrastatal solution. Contr. Sedimentology 1, 1 - 68.

TROEGER, W.E., 1967: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Teil 2, Textband. E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

In der Nordschweiz liegen die Niedere Terrasse und die Hohe Terrasse sowie der Tiefe und der Hohe Deckenschotter in relativ nahem Raum beisammen, was für gleiche Bodenbildungsbedingungen eine Voraussetzung ist. Darum wurde diese Region als Standort für die Bodenprofile gewählt. Gegraben wurden pro Schotterflur 3 Profile, genauer untersucht wurde je eines. In diesem Kurzbericht wird ein Teil der Untersuchungen über das Profil der Niederterrasse (NT) und jenes des Hohen Deckenschotters (HDS) vorgestellt.

Das Profil, die Körnung und der Zustand des Eisens der NT

Auf dem Schotter der NT hat sich eine Parabraunerde gebildet, wie man sie auf den Schottern des Mittellandes häufig findet. Ein geringmächtiger BC-Horizont in ca. 70 cm Tiefe trennt den versauerten Boden vom recht frischen Schotter. Die Tonverlagerung ist aus der 5μ -Kurve und insbesondere aus der Fe_d -Kurve deutlich zu erkennen. Sie ist auch aus der Profilskizze ersichtlich. Die Kristallingerölle im Boden sind frisch, die wenigen Sandsteine entkarbonatet. Anhand der Menge an Fe_d und aus den Anteilen von Fe^{2+} und Fe^{3+} am Totbleisens wird versucht, einen Hinweis auf das Alter des Bodens zu erhalten.

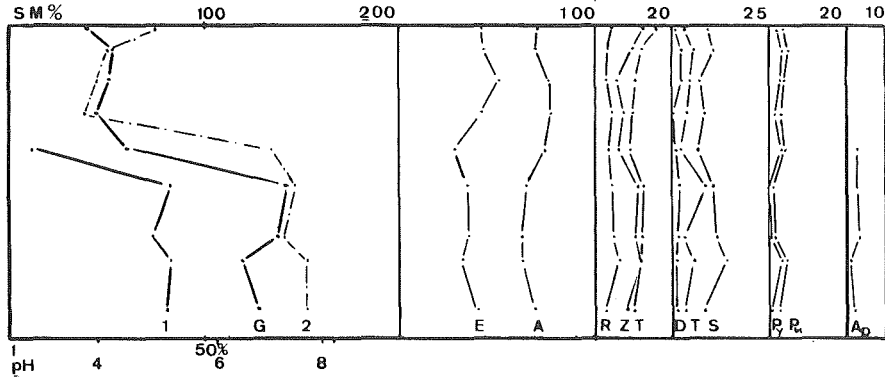
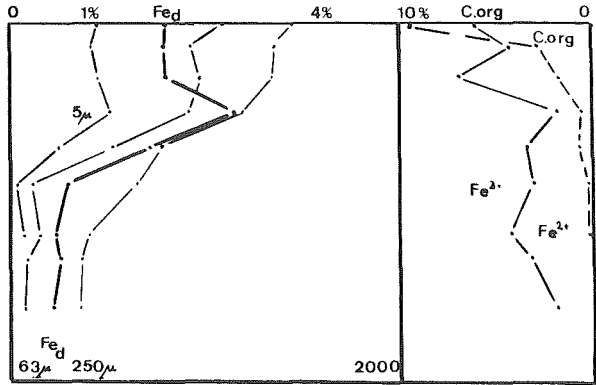
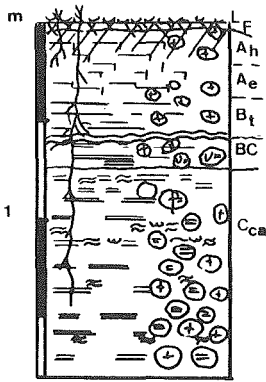
Prozentualer Anteil der Schwerminerale im Profil der NT

Von jeder Probe wurden 100 - 150 durchsichtige Körner ohne Granat ausgezählt und deren Summe = 100 % gesetzt. Der Granat wurde gesondert gezählt. Seine Menge kann 100 % bei weitem übersteigen. Tabelliert sind hier nur die mengenmässig wichtigsten Schwerminerale. Zu beachten ist insbesondere die mit der Entkarbonatungstiefe des Substrates zusammenfallende Reduktion des Granates und die Ausmerzung des Apatites.

Das Staurolith : Granat-Verhältnis

Granat und Staurolith entstehen zum grossen Teil unter ähnlichen Bedingungen bei der Metamorphose (W.E. Träger, 1967). Je nach dem Grad der Metamorphose kann jedoch das Staurolith : Granat-Verhältnis etwas verschieden sein. Ihr gemeinsames Vorkommen in Lockersedimenten ist auf das gleiche Liefergebiet zurückzuführen. In der Molasse der Zentral- und Nordostschweiz beträgt das Staurolith : Granat-Verhältnis 0.06 - 0.08, östlich der Linie St. Gallen - Bodensee steigt es auf über 0.1, im Bereich der Glimmersandrinne (Untersee - Eglisau) ist es, unterhalb der stratigraphisch wichtigen A-Grenze, um 0.04 (Berechnungen aus den Zählungen von H. Füchtbauer, 1964 und F. Hofmann, 1960). Da der Granat unter sauren Bedingungen viel verwitterungsanfälliger ist als der Staurolith (E. Nickel, 1973), steigt das Verhältnis im Profil mit zunehmender Verwitterung. Ebenso steigt mit zunehmender Verwitterung das Epidot : Granat-Verhältnis. Dies kann aber unter Umständen auf eine Aenderung des Einzugsgebietes des Gletschers hinweisen.

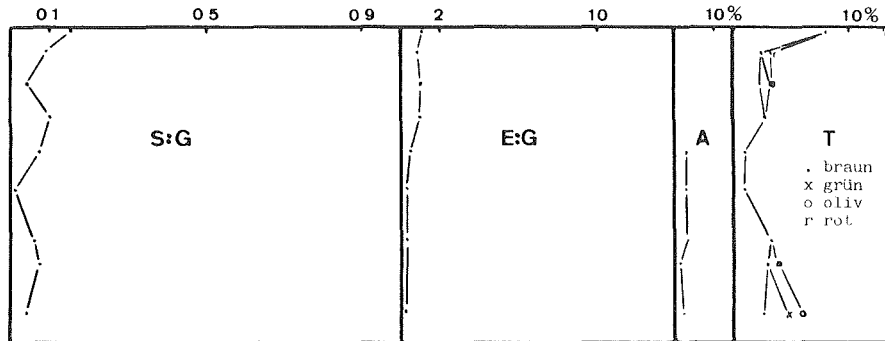
NT



1 % Karbonat
2 pH Wert
G Granat

E Epidot
A Amphibol

R Rutil D Disthen Py Pyroxen
Z Zirkon T Turmalin Pu Pumpellyit
T Titanit S Staurolith A Apatit



T
. braun
x grün
o oliv
r rot

Das Profil, die Körnung und der Zustand des Eisens des HDS

Auf dem HDS hat sich eine sehr tiefgründige, stark marmorierte und in der Tiefe von 1 - 2 m stark verdichtete Parabraunerde gebildet. Der Boden ist bis auf einen stark verkitteten Teil im Untergrund völlig entkarbonatet und stark versauert. Schwach ausgebildete Tontapeten treten bis etwa 4 m auf. Im Bv waren keine vorzufinden. Bei 470 cm befindet sich ein von der Molasse der näheren Umgebung stark beeinflusstes Sandband. Die Tondurchschlammung reichte nicht bis hier. Die Tonverlagerung beeinflusst u.a. die Chemie des Eisens sehr stark. Anhand der Kurvenbilder von Fe_d und der Körnung dürfte man auf zwei verschiedene Schüttungen schließen. Aus der Mächtigkeit des Bodens sowie aus dem Zustand und der Art des Skelettes geht hervor, dass der Boden sehr alt ist. Vergleicht man das Profil mit den morphologischen Beschreibungen der Böden der Iller-Lechplatte, die M. Léger (M. Löscher und M. Léger, 1974) gab, so kommt man zum Schluss, dass das Alter des Bodens vorminderzeitlich ist. Die Menge des Fe_d liegt im ganzen Profil, mit Ausnahme des Auswaschhorizontes und des Sandbandes, um 4 %. Der Anteil an Fe^{2+} am Gesamteisen ist gegenüber der Niederterrasse merklich zurückgegangen. Wie bei der NT ist auch hier eine Korrelation zwischen dem Gehalt an org. C und dem Fe^{2+} -Wert festzustellen.

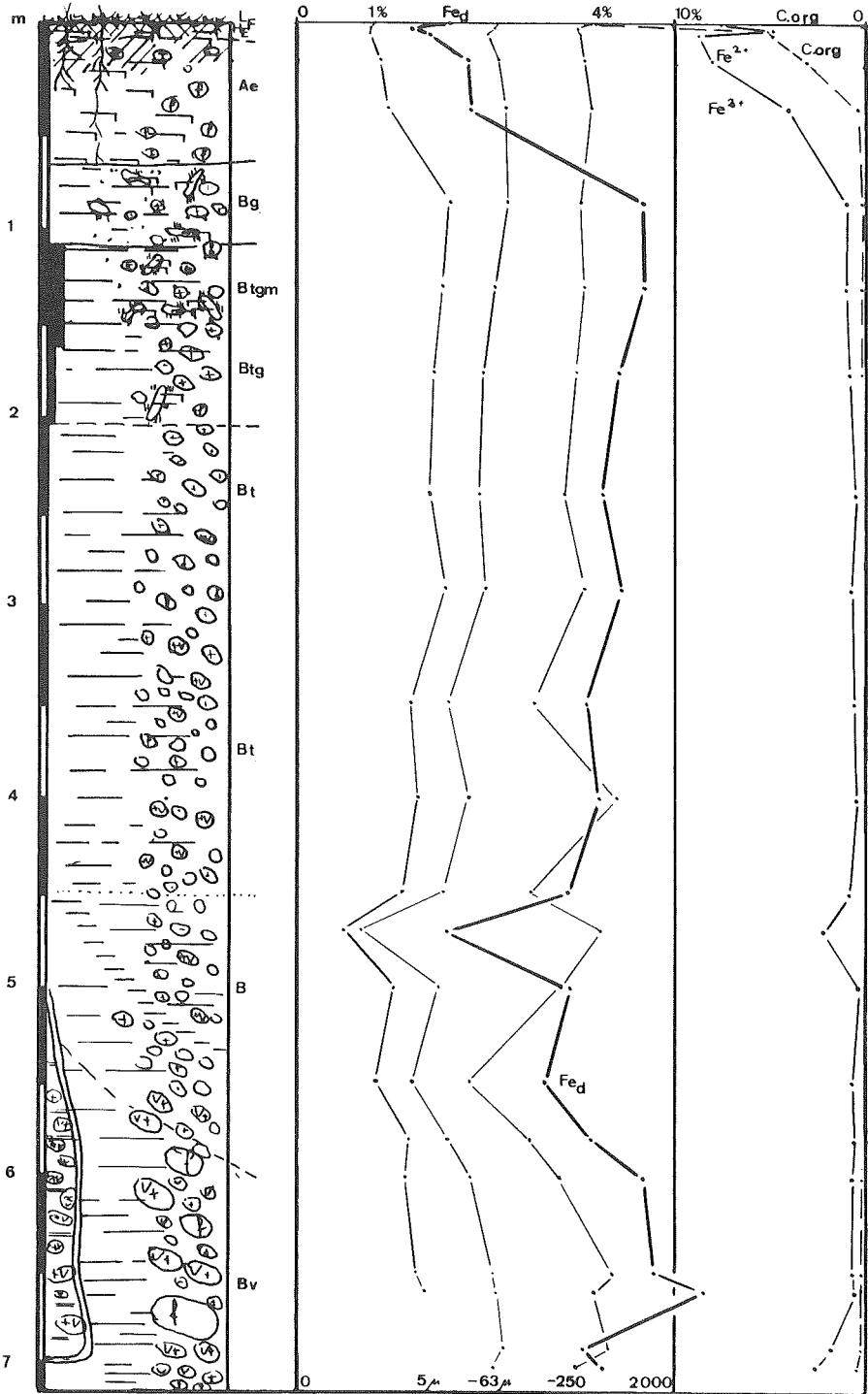
Prozentualer Anteil der Schwerminerale im Profil des HDS

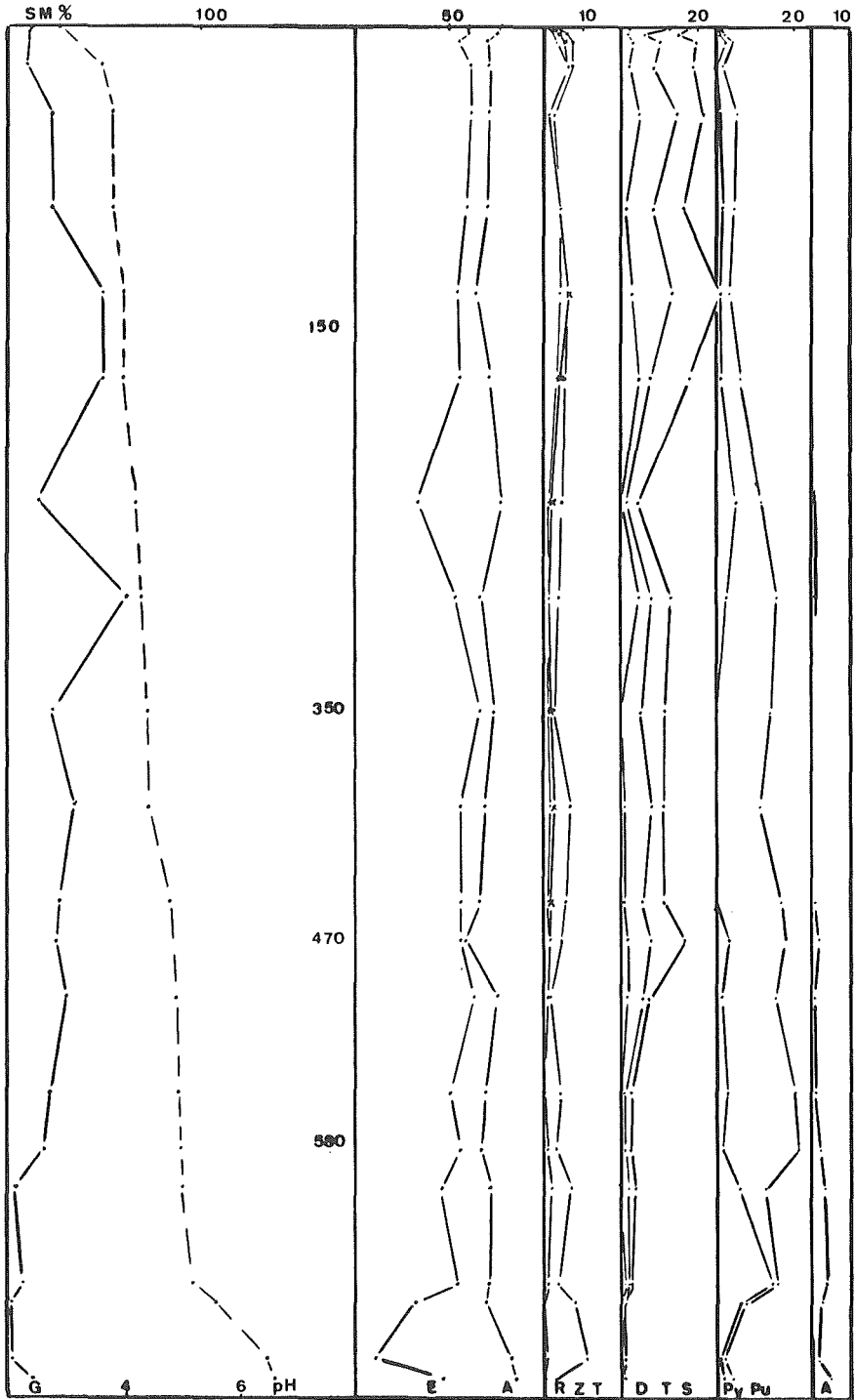
Die Granatmenge nimmt von unten nach oben vorerst zu und nicht ab. Es kann dies also nicht einer Bodenbildung aus einheitlichem Muttergestein entsprechen. Ebenso wie die Granatmenge ist auch die Menge an Staurolith unten verschwindend klein, in einigen Proben fehlt dieses Mineral. Im unteren Teil lässt sich eine Schüttung mit viel Amphibol und relativ viel Titanit bei deutlich geringerem Anteil an Epidot, Granat und Staurolith, Zirkon und Turmalin erkennen. Bei 580 cm setzte eine Zufuhr von sehr viel Pumpellyit ein. Die Menge dieses Minerals bleibt bis ca. 290 cm hoch. Der Anteil an Granat und Staurolith ist hier höher als weiter unten. Apatit kommt mit Ausnahme bei 290 und 240 cm nur unterhalb von 400 cm vor. Bei 290 cm ist er aber sowohl in der groben wie auch in der feinen Fraktion, die hier nicht vorgestellt wird, vorhanden. Ebenso kommt hier auch viel Granat vor. Im weiteren ist das oberhalb von 150 cm vermehrte Auftreten des Turmalins auffällig.

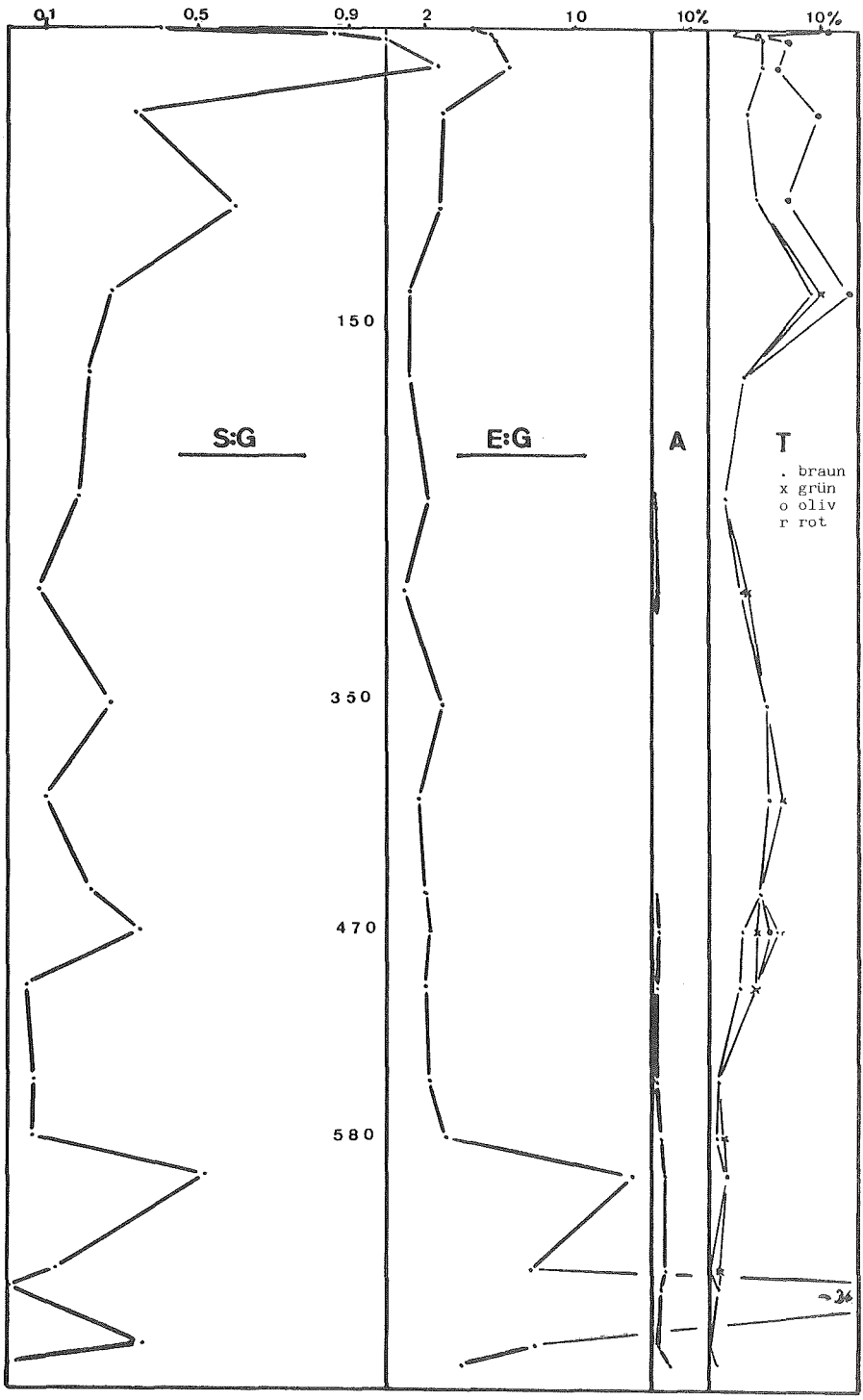
Das Staurolith : Granat-Verhältnis

Die Kurve des Staurolith : Granat-Verhältnisses zeigt im unteren Teil einen etwas merkwürdigen Verlauf, ebenso die Epidot : Granat-Kurve. Unterhalb von 580 cm ist dies bedingt durch das geringe Vorkommen von Granat und Staurolith. Von 550 cm bis 350 cm nimmt das Verhältnis zu. (Bei 470 cm befindet sich ein stark durch die Molasse beeinflusstes Sandband.) Bei 290 cm ist eine starke Reduktion des Staurolith : Granat-Verhältnisses auffällig. Wichtig ist dabei, dass hier ein sehr hoher Granatwert und zugleich Apatit vorkommen. Es ist anzunehmen, dass hier ein alter Boden zum Teil erodiert und mit frischem Material, das nun aber seinerseits stark verwittert ist, überschüttet wurde. Die Staurolith : Granat-Kurve nimmt von hier gegen oben einen zunehmenden Verlauf. Oberhalb von 150 cm ist neben dem vermehrten Auftreten des Turmalins auch dessen andere Farbe sehr auffällig.

Anhand der Darstellungen 2 und 3 schliesse ich auf den Einfluss vier verschiedener Schüttungen, die vermutlich zwei Kaltzeiten zuzuschreiben sind. Die Schüttungen können nur gleich alt oder älter als der Boden sein.







Einige Bemerkungen zur Sedimentation

Die Schotter der Nordschweiz liegen an einem Ort, der unter dem Einfluss verschiedenster Schüttungen stand. Gehen wir zeitlich zurück. Heute liefern der Rhein und die Thur Material aus Graubünden und der Ostschweiz, die Limmat mit der Sihl führt solches aus den Glarner- und den Schwyzeralpen, die Reuss führt zentralschweizerisches Geschiebe und die Aare mit ihren Nebenflüssen führt Geschiebe aus der westlichen Zentral- und aus der Westschweiz. Während der Eiszeiten lieferten die Gletscher der genannten Flussysteme Schotter in die Nordschweiz. In der Risseiszeit vereinigten sich alle Gletscher der Alpennordseite vom Rheingletscher bis zum Rhonegletscher in jenem Gebiet und bildeten eine riesige Eisfläche. Zur Zeit der Molasseablagerung lag diese Region am Nordrand des von den verschiedenen Schuttfächern der Alpenflüsse beeinflussten Gebietes und zeitweise stand es unter dem Einfluss der Sandschüttungen aus Osteuropa. Am Ende der Molassezeit war wohl die Glimmersandrinne wesentlich am Aufbau der Molasseformation beteiligt. Der Einfluss der Napfschüttung und insbesondere der Hörnli- und der Bodenseeschüttung können aber nicht von Anfang an von der Hand gewiesen werden, wechselte doch während der Molassezeit die Fliessrichtung des Sammelgewässers zwischen den Alpen und dem Jura des öfters von Westen nach Osten und von Osten nach Westen. Zwischen der Molassezeit und dem Quartär durchquerten die Uraare in Richtung zur Donau und dann der Sundgaurhein jene Region.

Aus all den erwähnten Gründen ist anzunehmen, dass es im vorliegenden Gebiet sowohl während der Molassezeit wie auch im Quartär stellenweise zu Erosion und Aufschüttung sowie zu Umlagerung und Durchmischung der verschiedenen Ablagerungen kommen konnte und dass man deshalb manchenorts mit sedimentpetrographischen Einflüssen verschiedenster Regionen zu rechnen hat. Wie stark sich die Molasse in den Ablagerungen des Quartärs manifestiert, ist ungewiss. Dass es sich bei den Quartärablagerungen im schweizerischen Mittelland hauptsächlich um die an Ort und Stelle vom Gletscher aufgearbeitete Molasse handelt, kann wohl nicht zutreffen, da in der schweizerischen Molasse die Amphibole mehrheitlich fehlen, in den Quartärablagerungen aber bis zu 60 % dieser Mineralgruppe gefunden werden.

Bei den vorliegenden Böden lässt sich feststellen, dass die Sandfraktion der NT durch die Glimmersandrinne mitgeprägt ist, was sich am hohen Granatgehalt äussert, während die Ablagerung des HDS durch die nähere Molasse kaum beeinflusst ist. Diese macht sich nur im eingelagerten Sandband deutlich bemerkbar, wie aus der Körnung, dem geringen Amphibolgehalt und dem hohen Staurolithgehalt hervorgeht. Der Granatgehalt wurde hier durch die Verwitterung bereits stark reduziert (Molasseprobe des Liegenden: Granat 104 %, Staurolith 18 %). Im obersten Teil des Bodens zeigt sich vermutlich der Einfluss von Brackwasser- oder Meeresmolasse, was aus dem hohen Anteil an olivfarbenen Turmalinen hervorgeht (H. Füchtbauer, 1963). Das feine Skelett weist hier auf einen langen fluviatilen Transport hin. Es scheint verständlich, dass fluviatil weit transportiertes Material mehr mit Molasse durchmischt werden kann als vom Wasser nicht weit transportiertes. Bei Moränen gelten wohl andere Gesetzmässigkeiten.

BODENVERÄNDERUNGEN WAHREND DER SUKZESSION BRACHLIEGENDER MAGERWIESEN IM JURA

ULRICH KIENZLE, Botanisches Institut Uni Basel, Schönbeinstr. 6, BASEL

1. VEGETATIONSKUNDLICHE GRUNDLAGEN ZUR BRACHE-SUKZESSION

Im Rahmen des Nationalfondsprojekts 3.643-0.75 "Pflanzensoziologische, bodenkundliche und ökophysiologische Untersuchungen an landwirtschaftlichen Brachen" wurden Parallelen zwischen Vegetationsentwicklungen und Bodenveränderungen festgestellt. Unsere Untersuchungen werden fortgesetzt im NF-Projekt 3.736-0.80 "Ökologische Untersuchungen zur Dynamik landwirtschaftlicher Brachen" 1981 - 1984.

1.1. Standorte der untersuchten Böden

Die Anfangsstadien der in dieser Zusammenfassung beschriebenen Sukzessionen sind genutzte Magerwiesen mit folgenden Pflanzengesellschaften und Standorten:

- A: Teucrio-Mesobrometum; beweidete Halbtrockenrasen steiler Südhänge.
- B: Salvia-Mesobrometum; gemähte Magerwiesen meist südexponierter Hänge.
- C: Colchico-Mesobrometum; gemähte Magerwiesen in Nordexposition.
- D: Verarmtes Mesobrometum; beweidete Flachhänge, eher in Südexposition.

(Die Typen A, B und C wurden von H. Zoller 1954 erstmals beschrieben.)

Als Endstadien der Sukzessionen treten die folgenden Klimaxwälder auf:

- A: Carici-Fagetum, Seggen-Buchenwald strauch- und orchideenreich.
- B: Fagion/Carpinion, Buchen- bis Eichen-Hagebuchenwälder.
- C: Cardamino-Fagetum, Zahnwurz-Buchenwald mit viel Weisstanne.
- D: Asperulo-Fagetum, Waldmeister-Buchenwald.

Die Böden dieser Standorte haben folgende charakteristische Eigenschaften:

- A: flachgründige, skelettreiche Humuskarbonatböden.
- B: mittelgründige, leicht verbrauchte Rendzinen.
- C: tief- bis mittelgründige Braunerden, ev. mit Kalkskelett.
- D: tief- bis mittelgründige, entkalkte, lehmige Böden.

Hier nicht erwähnt sind die ebenfalls untersuchten Sukzessionen:

Tetragonolobo-Molinietum auf Mergelrohböden → Molinio-Pinion,
"Gänsedistelwiese" auf nährstoffreichen Böden → Aceri-Fraxinon,
Molinia-Streuwiesen und Nardus-Weiden → Abieti-Fagion (Napfgebiet).

4.2. STADIEN DER SUKZESSION

wenn durch Brachfallen die Mahd oder Beweidung der Nutzrasen (Stadium 1) aufhört, stellt sich nach und nach eine neue Vegetation ein (Sukzession). Die pflanzensoziologische Analyse der Sukzession zeigt, dass meist nicht auf direktem Weg die Klimaxwälder angesteuert werden, sondern zunächst mehr oder weniger gehölzfreie Stauden- oder Hochgrasfluren: Vollbrachen (Stadium 2). Sie zeichnen sich durch mehrere Pflanzen aus, die weder in Wiesen noch in Klimaxwäldern anzutreffen sind, sondern ausserhalb von Bracheflächen, in erster Linie an Waldsäumen. (s. Fig.1.). Die Saumarten, z.B. das Gras *Brachypodium pinnatum*, der Adlerfarn *Pteridium aquilinum* (Standort D) oder das Pfeifengras *Molinia litoralis* produzieren eine schwer abbaubare Ströudecke, welche das Aufkommen von Holzarten erschwert. Sie überziehen oft die ganze Brachefläche und bringen durch vermehrte Beschattung einen grossen Teil der ursprünglichen Rasenarten zum Verschwinden.

Einzelne Pionier-Holzarten wie die Zitterpappel, die Hasel oder der Schlehdorn vermögen in der Vollbrache hochzukommen. Sie bilden den Lockerbusch (Stadium 3), ein heterogenes Vegetationsmosaik aus einzelstehenden Sträuchern, Rasen- u. Saumrelikten.



Fig.1. Waldrand-Zonation

Schliessen sich diese Holzarten zu einem zusammenhängenden Pioniergehölz (Stadium 4) zusammen, so entstehen entweder fast undurchdringliche Gebüsche mit Schlehe und Hornstrauch oder ein dünnstämmiger Vorwald mit Zitterpappeln oder Föhren.

Nur langsam und meist auch erst bei fortgeschrittener Bodenumbildung baut sich aus dem Pioniergehölz der Klimaxwald (Stadium 5) auf. Er stellt die Endstufe der Sukzession dar und entspricht der vollentwickelten, potentiellen natürlichen Vegetation (pnV, in unserem Untersuchungsgebiet meist als Fagion-Gesellschaften (Rotbuchenwälder) ausgebildet).

1.3. Sukzessionsdiagramm (s. Fig. 2.)

Kombiniert man die Stadien 1,2,3,4,5 mit den Standorten A,B,C,D so erhält man ein Diagramm, auf dem die Sukzessionsserien von links nach rechts laufen und die Vegetationstypen nach ihrem Standort (Buchstabe) und ihrem Stadium (Zahl) bezeichnet werden, z.B. A1, B4, C5 etc. Bei enger Fassung der Standortsspektren resultieren die eingelegisigen Hauptlinien (→) der Serien, bei weiter Fassung auch Seitenzweige (--->) mehrgeleisiger Serien, oder in Uebergangssituationen Verbindungen zu nahestehenden Standorten. Die Stadien werden nicht in jeder Serie der Reihe nach in voller Ausbildung durchlaufen: z.B. entwickelt sich das Stadium A2 nur im warmen und geschützten Waldrand-Bereich, in freiliegenderen Rasen setzt sogleich die Verbuschung durch junge Föhren ein (direkte Sukzession A1→A3).

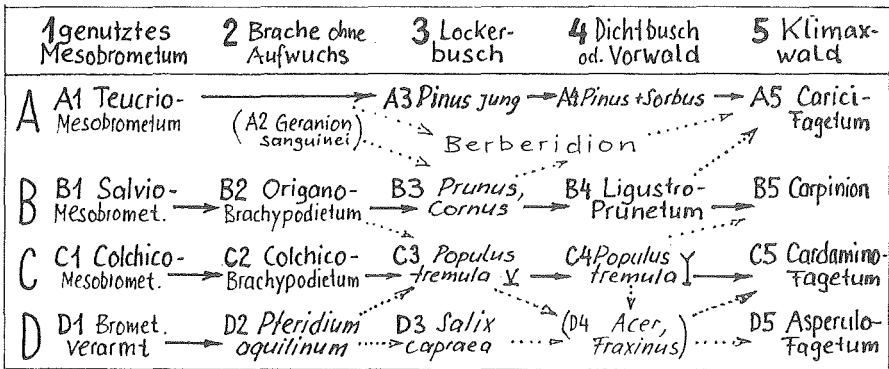


Fig. 2. Sukzessionsdiagramm

2. VERAENDERUNGEN DER BOEDEN DURCH BRACHLEGUNG

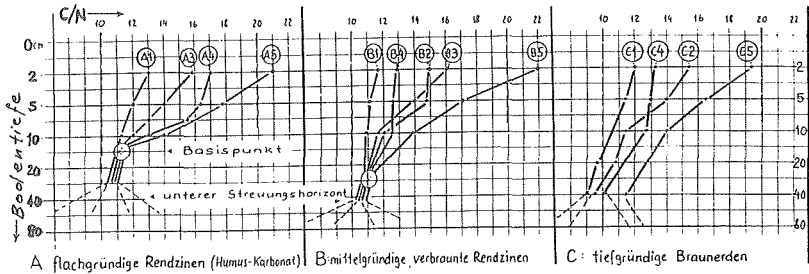
Akkumulation von schlecht abbaubarer Grasstreu (Strohfilz) bremst den Austausch zwischen Boden und Luft, z.B. Wärmestrom, CO₂-Diffusion etc. Mehr Rhizome und grössere Aktivität von Bodentieren (Regenwurm, Erdameise Lasius flavus, etc.) erhöhen das Grobporen-Volumen, dadurch kann die Wasserkapazität ansteigen, aber auch die Durchlüftung verbessert werden.

Hemmung der CO₂-Diffusion, grössere Feuchtigkeit und andere Zusammensetzung der Streu sind wohl die Hauptursachen für die Versauerung und die Verengung der C/N-Relation. Diese beiden Veränderungen wurden als einfach und sicher messbare Parameter in sämtlichen Brachetypen gekoppelt festgestellt, unabhängig von vorausgehender Nutzung, Pflanzengesellschaft und Bodentyp.

2.1. C/N-Profile verschiedener Böden im Sukzessionsverlauf

Rendzinen (A,B) erreichen einen „Basispunkt“ bei $C/N = 11,3 (\pm 1,0)$ und $C_{org} = 2,7 \% (\pm 0,6 \%)$, in welchem die C/N-Tiefenprofile aller Stadien zusammenlaufen (A in ca. 15 cm, B in ca. 30 cm Tiefe). Unterhalb bleibt C/N zunächst konstant bis zum Uebergang in den C-Horizont mit minimalem Humusgehalt ($C_{org} 0,8 \%$), wo es stark zu streuen beginnt, ev. verfälscht durch tongebundenes NH_4 .

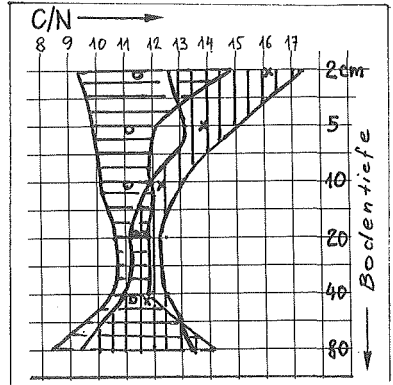
Die tiefgründigeren Braunerden (C) zeigen nur eine Verengung der stadienspezifischen Differenzen. Die Streuung des humusarmen Horizonts beginnt erst in 50 bis 80 cm Tiefe.



2.2. Auswahl des geeigneten Vergleichshorizonts

Im A_1 - Horizont (2 cm) streuen die C/N-Werte so stark, dass die Mittelwerte (aus 4-6 Proben) an Signifikanz verlieren. Zwischen Basispunkt (s. 2.1.) und oberem Streubereich bleibt also nur ein kleiner Horizont in 5-10 cm Tiefe, dessen Werte für einen Vergleich genügend signifikant sind.

Streueung Mittelwerte B1 B3



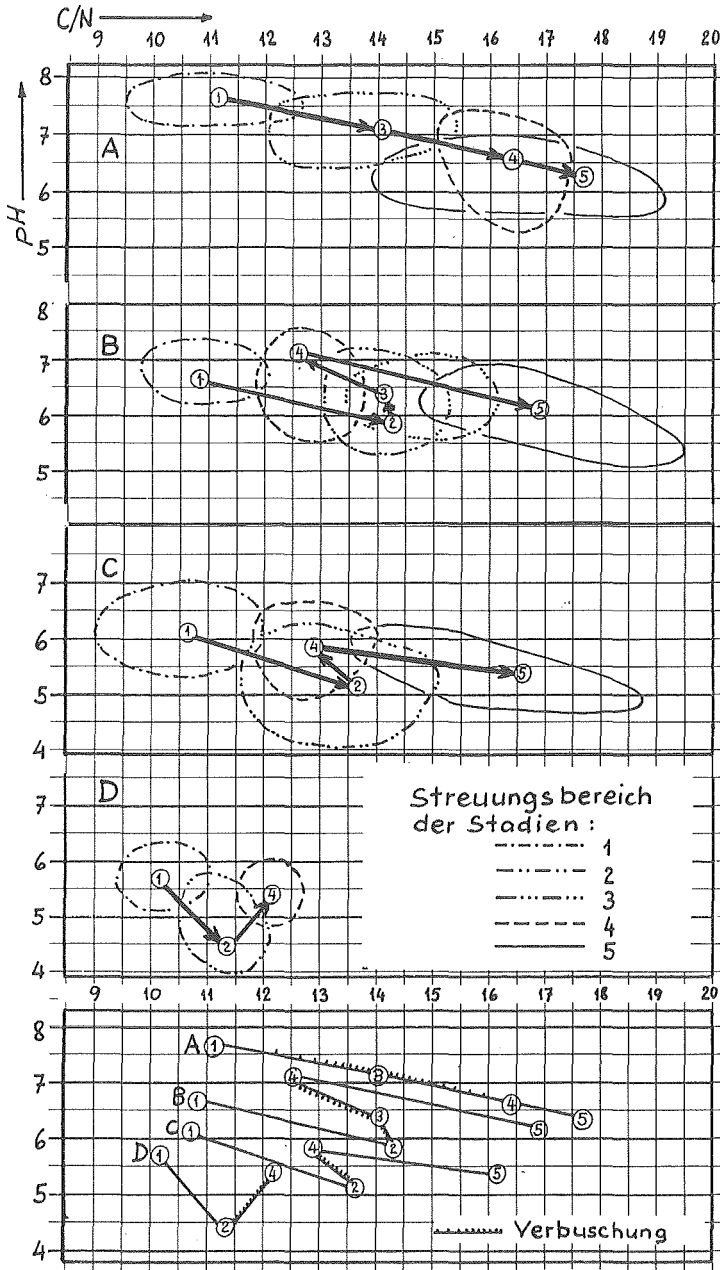


Fig. 5.
C/N-pH Korrelation
in 5cm Tiefe

Mittelwerte der
Serien zusammen-
gestellt

2.3. Korrelation zwischen C/N und pH im Sukzessionsverlauf (s. Fig. 5)

Die negative Korrelation zwischen C/N und pH läuft desto flacher zum Endstadium 5, je mehr pufferndes Karbonat der Oberboden enthält.

(Korrelationskoeffizient $r = -0,4$ bei A, $r = -0,65$ bei C; Steigungsmass $\pm 1/5$ bei A1 \rightarrow A5, $\pm 1/2$ bei D1 \rightarrow D2).

Auffällig ist der Rückschlag der C/N-pH-Kurve bei Beginn der Verbuschung (nach B2, C2 und D2). Er tritt gleichzeitig mit einer neuen Phase der Vegetationsentwicklung ein: Stadium 2 erweist sich auch in der Sukzessionsdynamik als „toter Punkt“ oder Umkehrpunkt; durch die Streuanhäufung hemmt es Keimung und Aufwuchs der meisten Holzarten, bleibt lange stabil und wird erst von speziellen Pionierhölzern (vgl. Stadien 3) wieder abgebaut. Erst jetzt läuft die Sukzession in Richtung Klimaxwald mit total neuer Artenkombination (stufenartige Sukzession).

Demgegenüber spiegelt die kontinuierliche C/N-Verengung der Serie A die direkte Sukzession A1 \rightarrow A5 wieder. Hier laufen mehrere Arten von Magerwiese bis Klimaxwald durch.

Literatur

- GISI U., FROSSARD P., OERTLI J.J.
Bodenkundl. Vergleich von Kultur- und Brachland im Schweizer Jura.
Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 142, 1979.
- GISI U., OERTLI J.J.
Ökologische Entwicklung in Brachland verglichen mit Kulturwiesen.
Oecol. Plant. 1981, Vol. 2.
- HARTMANN J.,
Einfluss der Brachlegung auf den Stickstoffhaushalt von Mähwiesen an
Jura-Nordhängen.
Diss. Mskr. Uni Basel, 1980
- KIENZLE U.
Sukzession in brachliegenden Magerwiesen des Jura und des Napfgebiets.
Diss., 1979
- ZOLLER H.
Studien an Bromus erectus-Trockenrasengesellschaften in der Nordwest-
schweiz, speziell im Blauengebiet. 1947
- ZOLLER H.
Die Typen der Bromus erectus-Wiesen des Schweizer Juras.
Beitr. geobot. Landesaufn. Schweiz 33, Bern. 1954

RECHERCHES SUR LES SOLS DES PELOUSES ALPINES AU PARC NATIONAL SUISSE

P. GALLAND

Institut de Botanique

Chantemerle 22

2000 Neuchâtel

1. INTRODUCTION

En 1976, un groupe de chercheurs a commencé l'étude détaillée de l'écosystème constitué par la pelouse à laïche ferme (Caricetum firmae), association végétale typique de l'étage alpin, en plein coeur du Parc national suisse à plus de 2'500 m d'altitude. Les recherches, entreprises sous la direction des Prof. W. MATTHEY (Neuchâtel) et H. ZOLLER (Bâle), sont regroupées sous le titre "Recherche écologique et biocénotique d'une pelouse alpine"¹. Le présent travail a été effectué dans le cadre d'une thèse présentée à l'Université de Neuchâtel (1981).

1. 1. Présentation du projet

Ce projet de recherche multidisciplinaire rassemble les chercheurs suivants: 4 zoologues: M. DETHIER (Lausanne/Genève, arthropodes de la strate herbacée), Dr C. LIENHARD (Zürich/Genève, Collemboles), N. ROHRER (Bâle, Acariens oribates) et T. SCHIESS (Bâle, Acariens prostigmates); 1 pédologue: M. FRIES (Zürich, physique des sols); 1 botaniste: P. GALLAND (Neuchâtel, végétation et relations avec le sol).

L'équipe, concentrée au départ sur l'étude des communautés d'arthropodes, a dû rapidement constater qu'il serait totalement arbitraire d'étudier séparément tel ou tel type de faune, la végétation ou les sols; les échanges entre eux sont permanents; le passage de l'énergie et des éléments biogènes de l'un à l'autre est à la base même du fonctionnement de cet écosystème. Le complexe sol-végétation fournit l'habitat et la nourriture à la faune. L'étude des sols est donc indispensable pour le bouclage des cycles.

1) Projet soutenu par le F.N.R.S., requête No 3.628-0.75

1. 2. Buts des recherches

Les buts généraux du projet ont déjà été présentés (MATTHEY et al., sous presse, DETHIER et al., 1979). En résumé, il s'agit d'obtenir des données de référence sur la structure, le fonctionnement et la dynamique des écosystèmes de pelouse alpine à l'abri de toute activité humaine depuis plus de 50 ans.

Les recherches en botanique ont permis de décrire les groupements végétaux, de les localiser en relation avec les principaux types de sols. Les mesures ont porté sur la phytomasse, la biomasse, la productivité et la composition chimique de la végétation. La synthèse des données de météorologie, pédologie, botanique et zoologie permet de dresser un premier bilan de l'état des pelouses et d'esquisser leur évolution.

2. PÉDOLOGIE

La partie pédologique du travail a été menée parallèlement à l'étude de la végétation. Dans une première phase, les principaux sols ont été décrits; des observations et mesures faites sur place ont permis de connaître le climat et les phénomènes d'érosion principaux de chacun d'eux. Des analyses chimiques ont ensuite permis d'établir les relations entre les sols et la végétation.

2. 1. Description des principaux types de sols (fig. 1)

Les sols rencontrés au Munt la Schera (2'586 m), localité principale d'étude, sont de deux types:

- sols minces, bruts, très riches en carbonates, à profil AC typique, très proches de la dolomie sous-jacente. Ce sont les sols des différents faciès du Caricetum firmæ ainsi que du Seslerio-caricetum sempervirentis.
- sols plus épais, plus évolués, partiellement décarbonatés, se développant dans les endroits où s'est accumulé une couche importante de matériel fin. Le pH est variable, neutre ou faiblement acide; ce sont les sols de l'Elynetum, des combes à neige (plateau sommital), du groupement à Nardus stricta et Sieversia montana (Curvuletum) et du Nardetum.

CARICETUM FIRMAE TYPICUM

COMBE A NEIGE (SALICETUM)

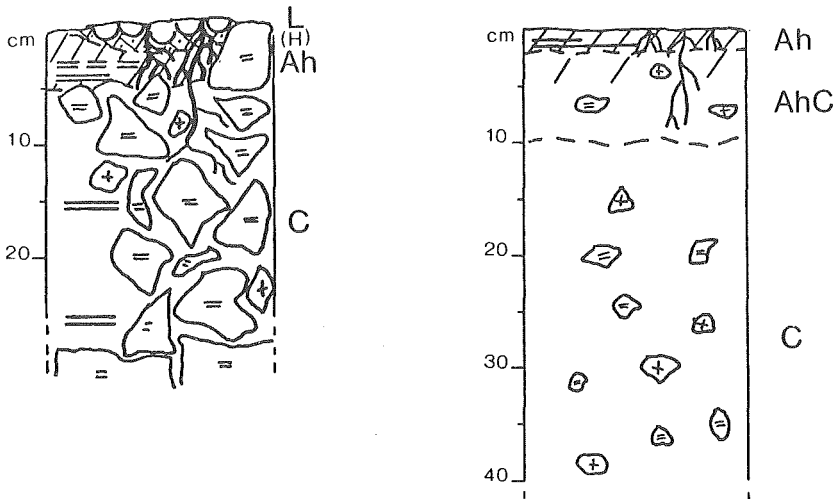


Fig. 1 : Profil de deux sols types du Munt la Schera.

2. 2. Relations géomorphologie-sols-végétation

La répartition des groupements végétaux et de leur sol respectif sur le plateau sommital est présentée à la fig. 2. Le Caricetum firmæ est divisé en faciès (GALLAND, 1979) répartis en fonction de la pente et de l'exposition. Les autres groupements se développent sur les replats et dans les combes, là où s'accumulent les résidus de décarbonation, les apports éoliens et glaciaires anciens.

2. 3. Chimisme des sols

2. 3. 1. Eléments échangeables (tab. I)

Dans tous les types de sol, on trouve du Ca et Mg en abondance. Le rapport Ca/Mg très bas, qui traduit la nature dolomitique du substrat, est à mettre en évidence car il est important pour les plantes (LEMEE, 1978). Les teneurs en K sont moyennes, celles en Na faibles, Les phosphates sont peu abondants, de même que les nitrates. Par contre, on constate des valeurs élevées en ammonium. Les incubations en laboratoire (30°) ont montré une forte production de nitrate. Dans le terrain, elle ne se fait pas; on constaterait

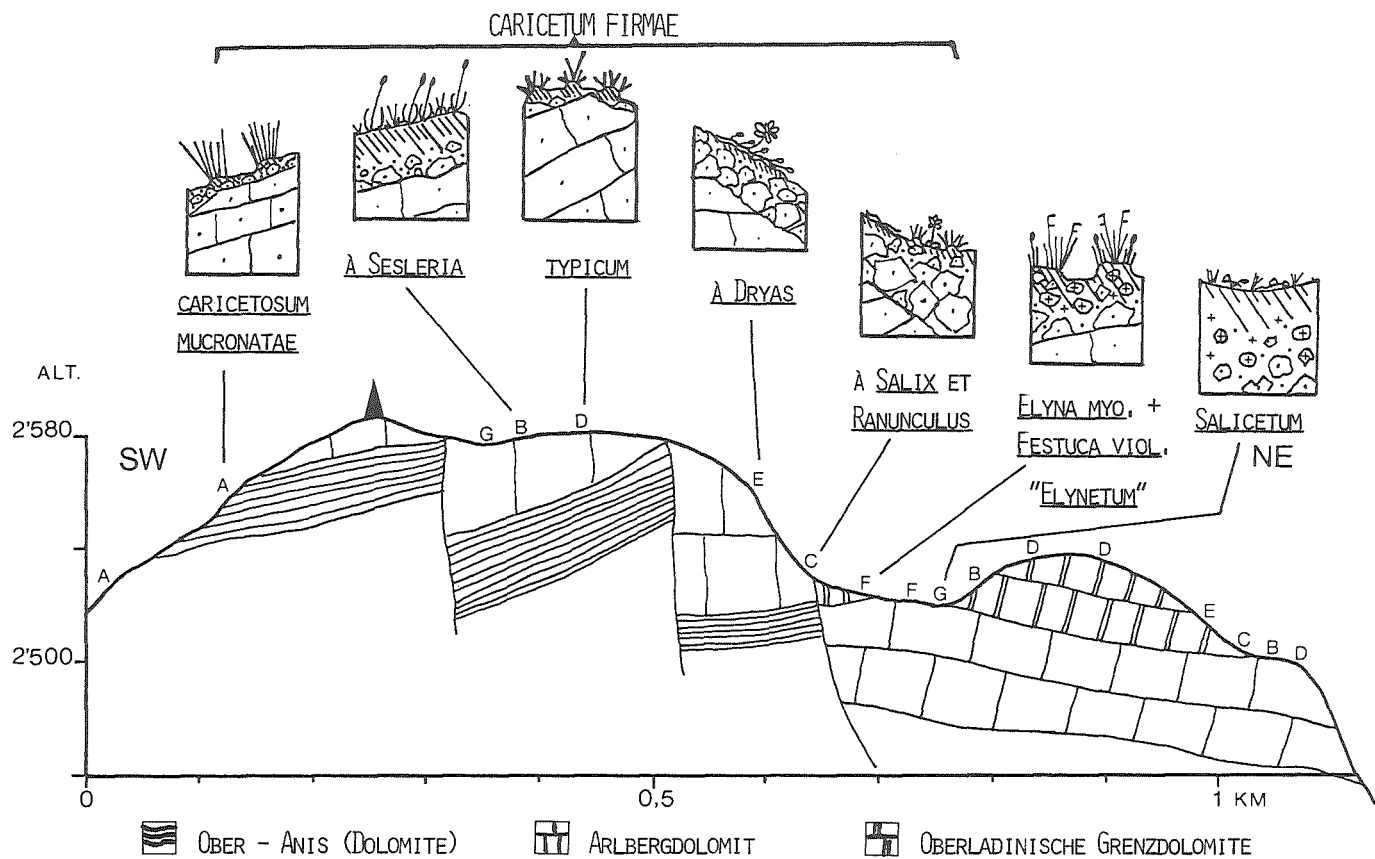


Fig. 2 : Coupe du plateau sommital et localisation des groupements végétaux et de leur sol.

constaterait plutôt une augmentation de l'ammonium. Les variations saisonnières ne sont pas significatives, sauf pour les phosphates qui diminuent très rapidement après la fonte des neiges (juin-juillet).

TABLEAU 1

Eléments échangeables dans les 10 premiers centimètres des sols.

Valeurs en mg / 100 g de sol sec.

Milieux	Ca	Mg	Ca/Mg	K	Na	PO ₄ -P	NH ₄ -N	NO ₃ -N	
C. firmae	Dryas	320	96	3,3	26	1,5	0,17	2,17	0,18
	Pion.	360	110	3,3	15	2,2	0,28	2,33	0,45
	Typ.	420	115	3,7	16	2,8	0,39	4,13	0,37
	Sesl.	340	84	4,0	19	1,9	0,25	6,50	0,28
Seslerio-car. semp.	260	54	4,8	32	3,1	0,11	1,74	0,11	
"Curvuletum"	230	66	3,5	51	4,4	0,39	1,58	0,09	
Nardetum	120	18	6,7	31	6,1	0,48	2,89	0,02	
"Elynetum"	130	42	3,1	42	1,0	0,08	2,17	0,04	
"Salicetum"	90	35	2,6	14	1,4	0,07	1,55	0,08	
Caricetosum mucr.	160	46	3,5	4	0,5	0,08	1,61	0,14	

2. 3. 2. Eléments mobilisables et totaux (tab. II)

On constate ici de très grandes variations, en fonction de la présence de squelette ou de l'accumulation de matière organique, notamment en Ca et Mg; cependant les quantités totales n'ont que peu d'influence sur la teneur en fraction échangeable, à disposition des végétaux.

Le rapport C/N du Caricetum firmae traduit la relativement forte activité biologique des sols, déjà entrevue avec les résultats des extractions de pédofaune (LIENHARD, 1980, DETHIER et al., 1979). Les sols plus acides, ainsi que ceux du versant sud, connaissent des conditions de pH, d'aération ou de climat moins favorables qui se traduisent par des rapports C/N élevés.

TABLEAU II

Propriétés chimiques des horizons supérieurs des sols du Munt la Schera; fraction mobilisable (attaque HCl) et totale

Milieux	Profondeur (cm)	Ca	Mg	K	Fe	Al	Mn	C org.	N tot.	P tot.	C/N	Résidu insoluble (%)
Dryas pionnier	0-5	21	6,3	0,06	0,7	0,2	0,04	15	0,94	0,06	16	15
	5-10	30	10	0,02	0,5	0,2	0,02	3,1	0,34	0,05		
C. firmæ pionnier	0-5	12	8,9	0,09	1,9	0,7	0,14	13	0,84	0,06	15	21
	5-10	19	6,5	0,05	1,3	0,4	0,04	6	0,63	0,05		
C. firmæ typicum	0-5	1,6	0,8	0,12	3,0	0,9	0,18	13	0,86	0,08	15	39
	5-10	5,5	2,5	0,09	3,8	0,9	0,08	4	0,56	0,05		
C. firmæ Sesleria	0-5	0,6	0,4	0,12	3,3	0,8	0,15	12	0,80	0,07	15	78
		0,1	0,2	0,10	2,8	1,5	0,23	6	0,63	0,06		
"Elynetum"	0-5	0,1	0,3	0,13	2,3	0,9	0,09	7	0,49	0,07	14	90
	5-10	0,1	0,4	0,13	4,7	1,1	0,18	6	0,33	0,06		
"Salicetum"	0-5	0,4	0,3	0,15	3,7	1,3	0,20	7	0,44	0,09	16	89
	5-10	0,3	0,2	0,10	4,9	1,2	0,20	3	0,32	0,09		
Caricetosum mucronatae	0-5	30	9	0,03	0,3	0,2	0,06	2	0,19	traces	11	
	5-10	30	9,5	0,03	0,1	0,3	0,05		0,14	traces		
Seslerio-car. semp.	0-10	0,5	0,2	0,16		0,5	0,10	11	0,35	0,04	31	87
	10-20	3,1	4,1	0,12		0,4	0,06	7	0,10	0,03		
"Curvuletum"	0-10	0,5	0,2	0,10		0,4	0,12	9	0,42	0,05	21	86
	10-20	0,3	0,2	0,10		0,5	0,10	5	0,12	0,04		
Nardetum	0-10	0,4	0,04	0,06		0,1	0,21	8	0,29	0,03	28	97
	10-20	0,2	0,02	0,04		0,1	0,05	5	0,1	0,02		

3. AUTRES RESULTATS. DISCUSSION

Du point de vue chimique, la végétation n'a montré aucune carence nette en tel ou tel élément. Cependant le climat ne permet qu'une production végétale réduite et par conséquent des limites nettes pour la formation et le développement des sols. Il n'est pas certain que sous le climat actuel, la production végétale permette de compenser les pertes dues à l'érosion. La couverture végétale n'augmente pas; elle serait peut-être même en diminution.

Les résultats de faunistique ont permis de distinguer deux choses importantes: la structure de la faune est typique d'un sol vieux, âgé de quelques centaines ou quelques milliers d'années. D'autre part, on constate un déséquilibre de cette faune, avec beaucoup de prédateurs et peu de consommateurs primaires. La biocénose semble donc survivre partiellement grâce à des apports externes.

4. CONCLUSIONS

D'après ces résultats, encore partiels dans certains domaines, on peut déjà constater qu'actuellement les conditions ne permettent pas le développement de sols épais, décarbonatés à l'étage alpin comme le pensaient BRAUN-BLANQUET et JENNY (1926). Sur roche carbonatée pure, l'association végétale climacique n'est donc pas le Caricetum curvulae.

Un tel type de sol ne se développe que grâce à des conditions particulières (ELLENBERG, 1953): apport de matériel exogène ou impuretés importantes dans la roche.

Actuellement le sol et la végétation se maintiennent avec peine, l'érosion détruisant activement les sols les plus épais; PACHERNEGG (1973) parle d'un équilibre dynamique entre la formation et la destruction de la couverture végétale.

Les pelouses alpines sont donc dans un état d'équilibre précaire, et leur capacité de régénération lors de destruction accidentelle ou provoquée est limitée et leur permet difficilement de retrouver leur état précédent.

RESUME

Dans le cadre d'un projet de recherches multidisciplinaires, les pelouses alpines du Munt la Schera ont été étudiées du point de vue botanique, zoologique et pédologique.

Les sols typiques des principaux groupements végétaux sont décrits et leur répartition en fonction de la géomorphologie est donnée. Les résultats, complétés par ceux de botanique et de faunistique, montrent que les sols sont en général âgés et en équilibre précaire. Leur potentiel de régénération est réduit.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojekts wurden die alpinen Rasen des Munt la Schera in botanischer, zoologischer und pedologischer Hinsicht untersucht.

Die typischen Böden der wichtigsten Pflanzengesellschaften und ihre Verteilung in Abhängigkeit von der Geomorphologie werden beschrieben. Die durch botanische und faunistische Untersuchungen ergänzten Resultate zeigen, dass es sich um alte Böden handelt, die sich in einem unstabilen Gleichgewicht befinden und deren Regenerationsvermögen beschränkt ist.

BIBLIOGRAPHIE

- BRAUN-BLANQUET J. & JENNY H. (1926) - Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen (Klimaxgebiet des Caricion curvulae). Denkschr. Schweiz. Naturforsch. Ges. 63: 183-349.
- DETHIER M., GALLAND P., LIENHARD C., ROHRER N. & SCHIESS T. (1979) - Note préliminaire sur l'étude de la pédofaune dans une pelouse alpine au Parc national suisse. - Bulletin BGS 3: 27-37.
- ELLENBERG H. (1953) - Führt die alpine Vegetations- und Bodenentwicklung auch auf reinen Karbonatgesteinen zum Krummseggenrasen ? - Ber. Deutsch. Bot. Ges. 66: 241-246.
- GALLAND P. (1979) - Note sur le Caricetum firmiae du Parc national suisse - Doc. Phytosociol. NS 4: 279-287.
- LEMEE G. (1978) - Précis d'écologie végétale. - Masson, Paris.
- MATTHEY W., DETHIER M., GALLAND P., LIENHARD C., ROHRER N. & SCHIESS T., sous presse - Etude écologique et biocénotique d'une pelouse alpine au Parc national suisse. - Bull. Ecol.
- PACHERNEGG G. (1973) - Struktur und Dynamik der alpinen Vegetation auf dem Hochschwab (NO-Kalkalpen). - Diss. Bot. 22, J. Cramer, Lehre.

NOTE SUR LES SOLS DU DOMAINE DES CALCAIRES ALPINS

H.SPALTENSTEIN, Laboratoire de Pédologie EPFL, En Vernay, 1024 Ecublens.

1. INTRODUCTION

Afin de mieux cerner les facteurs de pédogénèse dans le domaine des calcaires alpins, trois sites ont été choisis sur des substrats de calcaires durs, bien cristallisés, pauvres en impuretés silicatées et dépourvus de placage morainique. Ce sont :

- Tête de Vertsan, VS, Malm du flanc normal de la nappe de Morcles (BADOUX et al., 1971). Altitude : 1700 à 2560 m. Végétation : pelouse alpine.
- Lapiaz du Sanetsch, VS, Calcaires à Nummulites de la nappe des Diablerets (BADOUX et al., 1959). 2300 à 2400 m. Pelouse alpine.
- Tour d'Aï, VD, Malm des Préalpes médianes (BADOUX, 1965). 2300 à 2330 m. Pelouse pseudo-alpine.

Seule la Tête de Vertsan a été prospectée systématiquement, les deux autres l'ayant été à titre comparatif. Nous présentons ici une première série de résultats.

2. RESULTATS

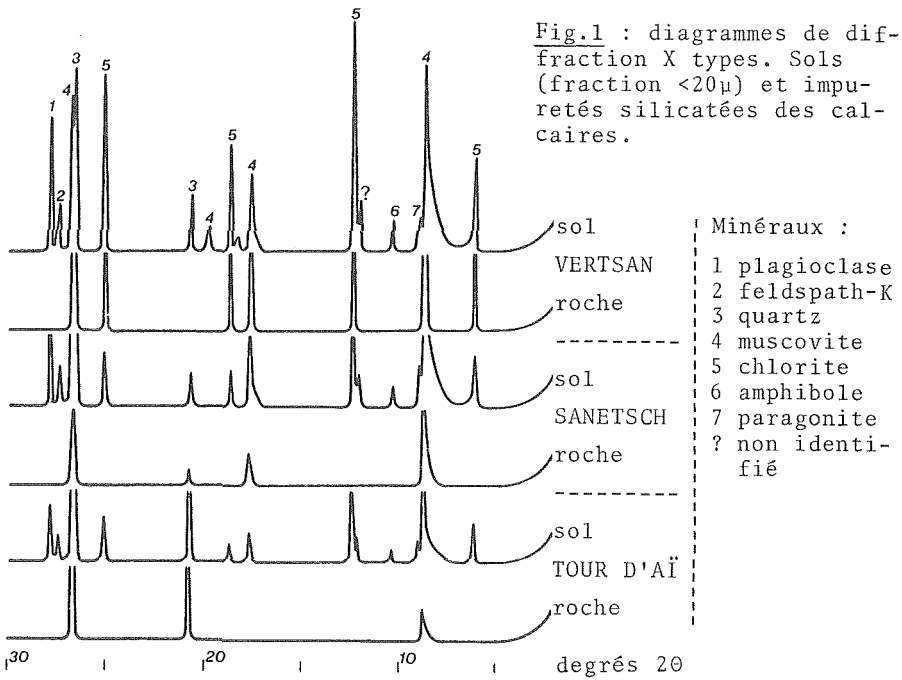
2.1. Origine des sols

Tous les sols étudiés se sont développés dans des apports éoliens. Les arguments sont les suivants :

- Dans les sols la composition minéralogique de la fraction $<20\mu$ est différente des impuretés silicatées du calcaire sous-jacent (fig. 1).
- L'absence d'éléments grossiers (graviers, cailloux), plaide en faveur d'un dépôt éolien plutôt que d'un placage morainique.

2.2. Facteurs de pédogénèse

Bien que le matériau d'origine soit qualitativement homogène, les facteurs locaux peuvent conduire à des types de sols très divers. A titre d'exemple sont donnés deux sols (profils 6 et 53), provenant de deux toposéquences du site de Vertsan (fig. 2 et 3). Le premier se rencontre jusqu'à 2560 m. d'altitude si les conditions de micro-relief et d'exposition sont favo-



rables; le second se développe en exposition NE et dans des conditions d'ensoleillement réduit, même à des altitudes relativement basses (2000 m).

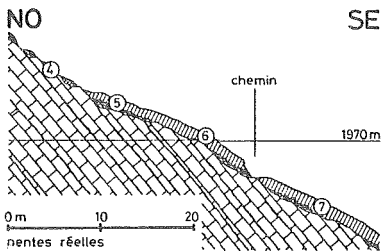


Fig.2 : toposéquence du profil 6.

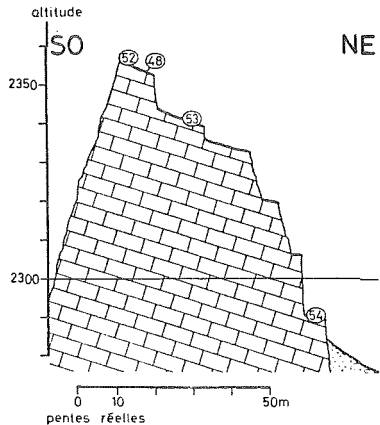
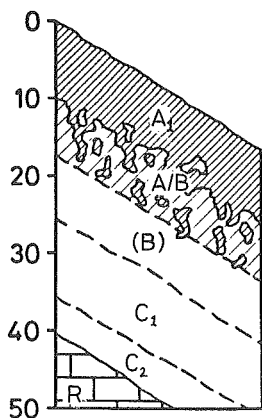


Fig.3 : toposéquence du profil 53.

Profil 6 : altitude 1970 m. Pente 30°. Exposition 130°. Gazon sec d'altitude, recouvrement 100%. Lors du creusement dégage une forte odeur de champignon. Description sommaire et analyses :



A₁ : 10YR3/4. Micro-agrégats, surstructure polyédrique mal développée, taille 2mm en surface, 5mm en profondeur.

A/B : matériaux de A₁ et (B) juxtaposés (brasage par les lombrics). Structure polyédrique mal développée.

(B) : 10YR4/6. Structure polyédrique fragile, à grande gamme de tailles.

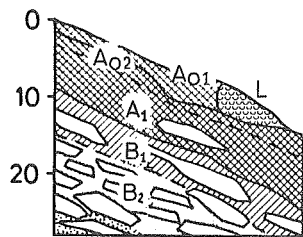
C₁ : 10YR4/4. Matériau limoneux tassé. Pores nombreux bien visibles. Localement structuré (polyédrique).

C₂ : 2,5Y5/4. Limons tassés, poreux. Poches de cailloutis. Au contact de R : pellicule de dissolution.

R : calcaire du Malm, massif.

	PROF. CM	ECH.	% DE TERRE FINE	PERTE AU FEU 900°C	CaCO ₃ EN %	C ORG EN %	C/N	pH _{eau}	T AU PH DU SOL MÉQ/100G	TAMM		MEHR-JACK	
										AL %	FE %	AL %	FE %
A ₁	0-10	2464	100	21%	0.0	8,6	13	6,1	28,6	0,39	0,51	0,34	1,70
A/B	10-17	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
(B)	17-25	2465	100	9%	0.0	2,4	9	6,0	15,9	0,38	0,50	0,35	1,94
C ₁	25-35	2466	100	6%	0.0	1,1	9	6,3	11,0	0,25	0,40	0,26	1,60
C ₂	35-40	2467	100	6%	0.0	1,0	8	6,9	13,2	0,25	0,36	0,24	1,58

Profil 53 : altitude 2340 m. Pente 25°. Exposition 50°. Végétation de combe à neige, recouvrement 100%. Description sommaire et analyses :



L : gaines de graminées. Très résistant.

A₀₁ : lacis de radicelles, et micro-agrégats. Brun-rougeâtre.

A₀₂ : noir. Densité faible. Micro-agrégats réunis en grappes. Enracinement dense.

A₁ : noir. Densité faible. Micro-agrégé.

B₁ : 10YR3/3. Densité très faible. Micro-agrégats, surstructure fragile mal définie, taille 1-3 mm. Concrétions calcaires à la face inférieure des grands cailloux plats. Enracinement faible.

B₂ : comme le B₁, mais légèrement carbonaté. Concretionnement généralisé sous les éléments du squelette.

IIC : cailloutis calcaire enrobé d'une rare pâte fine rosâtre.

	PROF. CM	ECH.	% DE TERRE FINE	PERTE AU FEU 900°C	CaCO ₃ EN %	C org EN %	C/N	pH _{eau}	T AU PH DU SOL MÉG/100G	TAMM		MEHR-JACK	
										AL %	FE %	AL %	FE %
A ₀₁	0-1	3604	100	85%	0,0	43,4	15	5,4	55,0	0,08	0,18	0,05	0,26
A ₀₂	1-3	3605	100	66%	0,0	32,9	13	5,4	47,3	0,22	0,46	0,14	0,65
A ₁	3-9	3606	75	42%	0,0	19,2	10	6,7	45,7	0,46	0,82	0,19	1,41
B ₁	9-15	3607	15	20%	4,0	7,1	9	7,8	31,0	0,55	0,76	0,23	2,11
B ₂	15-25	----	--	--	---	---	-	---	----	--	--	--	--

3. DISCUSSION

3.1. L'éolien

Les résultats obtenus s'ajoutent à la découverte d'éolien dans le Jura par POCHON (1978). Il paraît donc probable que l'éolien soit un facteur commun d'évolution des sols en Suisse, mais masqué sur des substrats autres que des calcaires purs.

3.2. Types de pédogénèse des profils 6 et 53

Profil 6 : c'est un sol brun relativement classique : décroissance régulière avec la profondeur des taux de C_{org}, de T, de l'aluminium et du fer extraits par les réactifs de Tamm et de Mehra-Jackson. Le rapport C/N bas indique une bonne activité biologique. Tout l'aluminium extrait se trouve sous forme libre (Al-T≈Al-MJ). Les horizons C tassés suggèrent néanmoins une histoire complexe.

Profil 53 : il présente sur le terrain des conditions stationnelles et des caractères morphologiques qui évoquent les andosols : perpétuellement humide, taux élevé de matière organique, structure "fluffy", densité faible (voir HETIER, 1975; DUCHAUFOR, 1979). Simultanément, en référence au contexte régional, on serait plutôt tenté d'en faire un sol de type ranker cryptopodzolique. Podzols et andosols peuvent présenter des points communs : BRUCKERT et al., (1978) mettent en relation la structure foisonnante des B_s de certains sols podzoliques, un fort taux d'amorphes et la redistribution de matière organique dans le profil. Dans ces cas la structure micro-agrégée foisonnante (fluffy) est d'origine chimique, et liée à la présence d'Al sous forme amorphe (BOUDOT et al., 1978); il y a alors convergence morphologique avec les andosols.

Dans les analyses plusieurs points retiennent l'attention :

- Matière organique : taux très élevé en surface, avec un C/N bas et un

- pH acide. Le C_{org} décroît régulièrement avec la profondeur; il n'apparaît donc pas ici d'illuviation évidente de matière organique.
- T décroît régulièrement avec la profondeur, il n'apparaît donc pas ici d'horizon de type A_2 ou B_h évident.
 - Extraction du fer : pour Fe-MJ les valeurs sont très élevées dans le B_1 , par comparaison avec le profil 6. Ceci évoque une altération rapide ou de longue durée. Fe-T maximum en A_1 suggère un enrichissement en matière organique illuviée (cryptopodzolisation discrète).
 - Extraction de l'aluminium : Al-T largement supérieur à Al-MJ signifie la présence d'allophanes (BARTOLI et al., 1979; GUILLET et al., 1979). L'écart important sur toute l'épaisseur du profil est un caractère d'andosolisation.

Au terme de ces résultats analytiques (Al-T >> Al-MJ), ce sol présente un caractère andique net, et un caractère discret de podzolisation. Ce serait alors un sol ando-podzolique.

3.3. Rôle de l'exposition

Le facteur climat d'évolution des sols décrits ici joue pour une grande part par l'exposition. Le sol brun (profil 6) est exposé au SE, et bien ensoleillé. Il en résulte un pédo-climat relativement chaud favorable à l'activité biologique (—> faible taux de matière organique), et parfois sec, interdisant la persistance des formes minérales amorphes de l'aluminium. Le sol du profil 53 est exposé au NE, et est très peu ensoleillé (ligne de crête au SW); son pédo-climat est constamment froid et humide. Il paraît plausible que le fort taux de matière organique qui en résulte et l'absence de période sèche autorise la persistance d'aluminium sous forme amorphe allophanique.

4. CONCLUSION

L'attribution ou non du sol du profil 53 à la classe des andosols est évidemment problématique. Les seuls résultats présentés ici ne permettent qu'une attribution toute provisoire; des analyses complémentaires seront effectuées prochainement. Classiquement les andosols sont considérés comme liés à une roche mère volcanique (laves, cendres, etc.); HETIER (1975) a montré que la présence de verre dans la roche mère n'est pas

indispensable au processus d'andosolisation. Une simple micro-division peut suffire. Que de l'éolien soit suffisamment fin pour permettre au moins une amorce d'andosolisation n'est donc pas à exclure d'emblée.

ZUSAMMENFASSUNG

Einige Böden wurden auf alpinem Karbonatgestein untersucht. Es wurde festgestellt, dass sie sich fast ausschliesslich an den Stellen entwickelt haben, wo Windauftrag stattgefunden hat.

Die Exposition spielt eine Rolle in der Bodenentwicklung. Folgende zwei Böden wurden als Beispiele beschrieben : Eine Braunerde und ein Boden sehr reich an organischem Material, aus dem eine Freisetzung relativ hoher Mengen an Al in amorpher Form beobachtet wurde. Für den letztgenannten Boden kann eine Verwandtschaft mit den Andosolen vermutet werden.

BIBLIOGRAPHIE

- BADOUX H., BONNARD E.G., BURRI M., 1959. — Atlas géol. de la Suisse au 1:25000, Feuille 35 St Léonard ; carte et notice.
- BADOUX H., 1965. — idem, Feuille 47 Montreux ; carte et notice.
- BADOUX H., BURRI M., GABUS J.H., etc., 1971. — idem, Feuille 58 Dt de Morcles ; carte et notice.
- BARTOLI F., JEANROY E., VEDY J.C., 1979. — Transfert et redistribution du silicium, de l'aluminium et du fer dans les podzols..., in Migrations organo-minérales dans les sols tempérés, colloque CNRS, Nancy, 1981, p.281-289.
- BOUDOT J.P., BRUCKERT S., 1978. — Complexes organo-métalliques et structures micro-agrégées..., Science du Sol, 1, p.31-40.
- BRUCKERT S., SELINO D., 1978. — Mise en évidence de l'origine biologique ou chimique des structures micro-agrégées..., Pédologie, 1, p.46-59.
- DUCHAUFOR Ph., 1979. — Pédologie, tome 1, Masson.
- GUILLET B., SOUCHIER B., 1979. — Les oxyhydroxydes amorphes et cristallins dans les sols, in Pédologie, tome 2, Masson, p.16-37.
- HETIER J.M., 1975. — Formation et évolution des andosols en climat tempéré. Thèse Doc. Etat, Univ. Nancy I.
- POCHON M., 1978. — Origine et évolution des sols du Haut-Jura suisse..., Thèse. Mém. Soc. Helv. Sc. nat., XC.

CHRISTIAN SCHLUECHTER

Institut für Grundbau und Bodenmechanik

ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich

1. EINLEITUNG

Mit dem reichlichen Vorhandensein grossräumiger und -flächiger Aufschlüsse während der letzten zwanzig Jahre in den eiszeitlichen Lockergesteinen (Autobahnbau, Kies- und Sandentnahmestellen, Gross- und Tiefbaugruben) ist die Bearbeitung der Vergletschungsgeschichte des Alpenvorlandes grundlegend erweitert worden. Die klassisch-morphologische, stark schematisch-vereinfachende Betrachtungsweise ist mehr und mehr von einer geologisch-stratigraphischen Untersuchungsmethodik abgelöst worden. Die grossen Aufschlüsse bildeten die natürliche Voraussetzung, um die komplizierten lithogenetischen und -stratigraphischen Zusammenhänge untersuchen und erkennen zu können.

Besondere Schwierigkeiten für ein stratigraphisches Ordnen der Lockergesteinsprofile hat es bisher vorwiegend mit den grobklastischen Schotterakkumulationen im Mittelland gegeben, und dabei ist vor allem die gegenseitige Abgrenzung der einzelnen Schotterkörper, die klassisch-herkömmlich oft zu vereinfachend als "Terrasse" abgetan worden sind, unklar geblieben. Dabei ist zu beachten, dass früher wegen der Kleinräumigkeit der Aufschlüsse die Beziehung betreffender Schotterkörper zu ihrem Liegenden und Hangenden nicht erfasst werden konnte und dass vor allem erst die grossen Kiesgruben der letzten Jahre ein stratigraphisch umfassendes Studium dieser Ablagerungen ermöglicht haben. Dabei

haben sich vor allem zwei neue Beobachtungen für die stratigraphische Einstufung als wesentlich erwiesen: dass

1. eine Terrasse (vor allem im Bereich der letzten Vergletscherung) lithogenetisch und -stratigraphisch komplex aufgebaut ist und dass
2. in den Schotter- und Moränensedimenten fossile Böden vorhanden sind.

Beide Beobachtungen ergeben eine natürliche Verfeinerung der Eiszeitstratigraphie. So soll auf Vorkommen und Bedeutung einiger solcher Paläoböden im folgenden kurz hingewiesen werden.

2. VORKOMMEN

2.1 Allgemeines

Im Zusammenhang mit dem Bau der Autobahn N6 Bern-Thun ist im Bümberg zwischen Kiesen und Heimberg eine zentrale Kiesentnahme angelegt worden, wobei dieser Grossaufschluss geologisch im einzelnen aufgenommen worden ist. Dabei hat sich gezeigt, dass die "älteren Aaretalschotter" gliederbar sind und dass im Dach der älteren Akkumulation eine tiefgründige Verwitterung vorhanden ist (Fig. 1 und SCHLUECHTER, 1972), die belegt, dass zwischen den älteren und jüngeren Aufschotterungen ein bedeutender Zeitraum (im geologischen Sinne) verstrichen ist.

Vom Bümberg aus war es dann möglich, in weiteren Grossaufschlüssen des Aaretals zusätzliche Verwitterungshorizonte zu finden, denen eine Eigenschaft gemeinsam ist: sie alle sind nur relik-tisch erhalten. Mit zwei Ausnahmen (Hurifluh und Schlupf) sind nur C1- (oder BC-) Horizonte von stark wechselnder Mächtigkeit vorhanden (Kanderdurchstich, Alte Schlyffi, Ried, Jaberg, Thalgut, Wichtrach, Biel, Oberwangen bei Bern, Plaffeien, Müntschemier, Andelfingen). Zusätzlich sind diese relik-tischen Paläoböden in den obersten Bereichen lagerungsmässig stark gestört und oft mit frischem Material durchmischt.

Die beiden erwähnten Ausnahmen von der Hurifluh und vom Schlupf sind landschaftsgeschichtlich nicht leicht erklärbar: beim

Huriflufprofil handelt es sich um eine stark entwickelte Pedogenese auf einer Grundmoräne mit erhaltenem B- (oder Bt-) Horizont, über dem sich dann eine Moorbildung entwickelte (heute in der Form stark gepresster Schieferkohle vorhanden). - Beim Profil Schlupf handelt es sich um eine vergleichbare Pedogenese wie bei der Hurifluf, ebenfalls auf Grundmoräne, und ebenso mit erhaltenem B- (oder Bt-) Horizont. Die den Paläoböden hier eindeckende Ablagerung ist eine jüngere Grundmoräne. Diese gehört zur letzten Vergletscherung, welche die Drumlinlandschaft von Amsoldingen geschaffen hat. Der Boden hier im Schlupf ist vor der Fossilisation nur geringfügig erodiert worden.

Auf die reliktschen Paläoböden in den Ufermoränenkomplexen (spät- und postglazial) der Alpen sei hier nur der Vollständigkeit halber hingewiesen, ohne sie in die vorliegende Diskussion direkt einzubeziehen (SCHNEEBELI & ROETHLISBERGER, 1976).

Ein weiteres Vorkommen von Paläoböden - im geologischen Sinne - muss hier kurz erwähnt werden. Es sind dies die Bodenkomplexe, die auf älteren eiszeitlichen Ablagerungen ausserhalb der letzteiszeitlichen Gletscherbedeckung gefunden werden: im Gebiet zwischen Rhone- und Aaregletscher um Schwarzenburg und im letzteiszeitlich eisfreien Emmental. Hier lässt sich zeigen, wie Moränen und Schotter, verglichen mit den letzteiszeitlichen Aequivalenten, tiefgründiger verwittert sind und wie diese Böden komplizierte Genesen darstellen. Die Verwitterungsbildungen auf den Zelgschotter der Waldgasse bei Schwarzenburg zum Beispiel zeigen bereits fortgeschrittene Verwitterungszapfen (bis 5 m tief), welche in Hangpartien in die oberflächennahen Fließprozesse einbezogen worden sind. Inwieweit letzteiszeitlicher Permafrost zur Bildung dieser Formen beigetragen hat, ist bis jetzt nicht im einzelnen untersucht worden (VOEGELI, 1963).

2.2 Nachweis

Der geologische Nachweis von Paläoböden beruht bei den oben aufgeführten Beispielen vor allem auf zwei Kriterien:

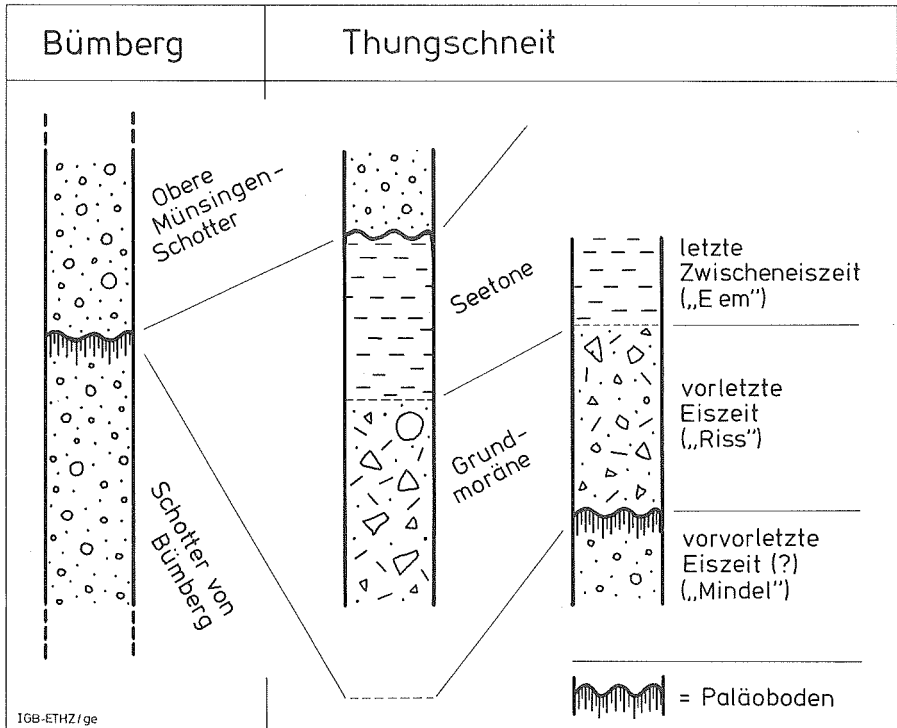


Fig. 1 : Die lithostratigraphische Position des Paläobodens vom Bümberg und seine zeitliche Mehrdeutigkeit.

1. dem Fehlen oder reduzierten Auftreten von Kalkgeröllen, dem entsprechenden Vorhandensein von Geröllmumien und einer nach unten abnehmenden Verbraunung. Bei mächtigen C1- (oder BC-) Horizonten (Bümberg, Jaberg) treten im Profil Kalkgerölle mit nach unten immer geringeren Verwitterungsrinden auf.
2. dem Vorhandensein von "Hieroglyphengeröllen". Das sind Kalkgerölle mit auffallend kompliziert verlaufenden Aetzspuren, die durch die Huminsäuren der "Paläowurzeln" aufgezeichnet worden sind.

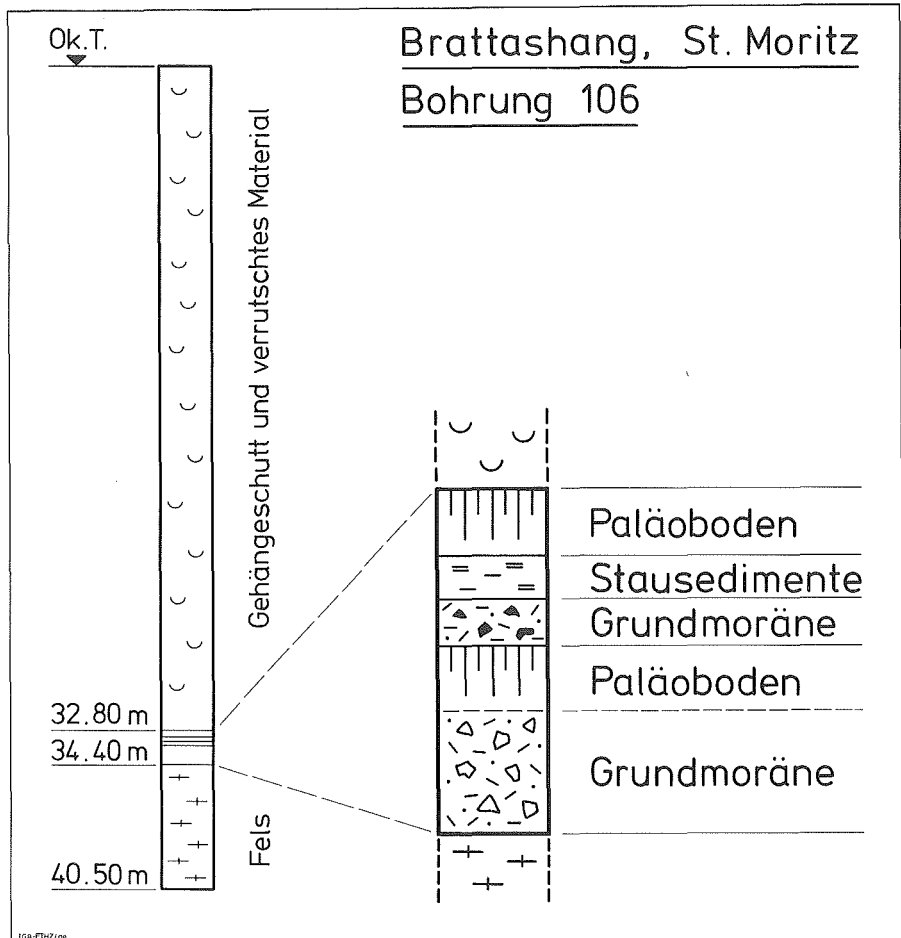


Fig. 2 : Der Paläobodenkomplex im Liegenden der Brattashang-Rutschmasse in St. Moritz.

3. GEOLOGISCHE BEDEUTUNG VON PALAEOBODEN

Der Nachweis von zugeschütteten Böden (Paläoböden) in den quar-
tären Lockergesteinen ermöglicht es, Schichtgrenzen in ihrer
stratigraphischen Bedeutung zu erfassen. Eine Bodenbildung setzt
immer dort ein, wo keine Sedimentation (Materialzufuhr) herrscht,
also die Geländeoberfläche im akkumulativ/erosiven Gleichgewicht
steht. Paläoböden markieren in jedem Falle das Ende einer Sedi-

mentation und können unter Umständen bedeutende Zeitspannen umfassen. Aus der Interpretation des Paläobodens vom Bümberg (Fig. 1) in Zusammenhang mit dem vollständigen Profil vom Thun-
gschneit geht nun aber auch hervor, dass Paläoböden im geologi-
schen Sinne zeitlich mehrdeutig sein können - und es meistens
auch sind: die Bodenbildung vom Bümberg umfasst mindestens je
ein Interstadial (innerhalb der vorletzten Eiszeit) und ein
Interglazial (letzte Zwischeneiszeit), wahrscheinlich aber zwei
ganze Zwischeneiszeiten. Erst mit der ersten Aufschotterung der
letzten Eiszeit ist dann der mächtige Boden zuerst gekappt und
darauf überschüttet worden. - Paläoböden können also chrono-
stratigraphisch mehrdeutig sein und sind schon aus diesem Grunde
als Komplexe zu bezeichnen. Der Nachweis von Paläoböden erlaubt,
neben die Litho- eine Pedostratigraphie zu stellen, welche ge-
wissermassen die Schichtlücken in ihrer stratigraphischen Be-
deutung dokumentiert.

4. BEDEUTUNG FUER DIE ANGEWANDTE GEOLOGIE

Bei der Beurteilung eiszeitlicher Lockergesteine als Baugrund
ist das Feststellen von Diskontinuitätsflächen, und deren Erfas-
sen im Hinblick auf die Gesamtstabilität der untersuchten Locker-
gesteine, eine der wichtigsten Aufgaben. Besonders interessant
sind in diesem Zusammenhang die Paläoböden bei der Beurteilung
von Rutschungen und deren "zeitlicher Aktivität". In Fig. 2 ist
ein Beispiel von St. Moritz/Brattashang dargestellt, wo der über-
rutschte Paläoboden als stabile, alte Oberfläche ersichtlich ist.
In solchen Fällen ist es dann möglich, die Geometrie, und im
Falle einer Datierungsmöglichkeit des Paläobodens auch die zeit-
liche Dimension der Hangbewegung, zu erfassen. Paläoböden mar-
kieren in der geotechnischen Betrachtungsweise der Lockergesteins-
profile meistens entweder stabile, alte Landoberflächen mit einer
erhöhten Tragfähigkeit oder aber die Untergrenze von Rutschpaketen.
Beide Aspekte sind in der angewandten Geologie alltägliche Frage-
stellungen und deren Beantwortung ist grundlegend und wichtig.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Quartärgeologische Untersuchungen während der letzten fünfzehn Jahre haben gezeigt, dass viele Lockergesteinsprofile, insbesondere in den Aufschotterungen des Mittellandes, fossile Böden (Paläoböden) enthalten, die früher nicht erkannt worden sind. Es wird auf die stratigraphische und paläogeographische Bedeutung der Paläoböden hingewiesen und das Problem des Hiatus bei der Interpretation eiszeitlicher Lockergesteinsprofile beleuchtet. Neben Paläoböden aus Profilserien wurden auch fossile Bodenreliktkomplexe aus Gebieten mit verschiedener Gletscherbedeckung erwähnt. Ein Beispiel besonderer Art ist das Brattas-Rutschgebiet bei St. Moritz, wo geologisch-geotechnische Beurteilung nur aufgrund eines Erkennes der fossilen Böden möglich ist.

6. RESUME

Des paléosols dans le Quaternaire de la Suisse.

- Les recherches géologiques dans le Quaternaire de la Suisse (surtout dans la région du Plateau) ont mis en évidence des paléosols qui séparent les accumulations d'un âge différent. Ces paléosols ont une importance stratigraphique de première ordre, car c'est par des sols fossiles qu'on peut déterminer la valeur stratigraphique d'un hiatus (Pédostratigraphie). L'utilité pratique de ces paléosols est illustrée par l'exemple de St. Moritz: les niveaux de discontinuité servent comme horizons-repères pour les calculs de stabilité.

7. VERDANKUNG

Herrn Prof. Dr. E. Frei, Reckenholz, danke ich verbindlichst für seine Anregungen und für sein Interesse an den diskutierten quartärgeologischen Fragen. - Ihm sei diese kurze Notiz mit sehr herzlichem Dank gewidmet.

8. LITERATUR

SCHNEEBELI, W. und ROETHLISBERGER, F., 1976: 8000 Jahre Walliser Gletschergeschichte. Die Alpen 52/3-4.

SCHLUECHTER, CH., 1972: Zur Quartärgeologie des Thungschneitgebietes bei Heimberg (Kt. Bern). Liz.-Arbeit, Univ. Bern (Manuskript).

VOEGELI, H.P., 1963: Zur Kenntnis des Quartärs im Gebiet zwischen Sense und Schwarzwasser (Kanton Bern, Schweiz). Diss. Univ. Freiburg i.Br. (Manuskript).

LA CARTE DES SOLS DU DOMAINE DE CHANGINS

L.-F. BONNARD

Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau, Zürich - Reckenholz

RESUME / ZUSAMMENFASSUNG

L'étude régionale des sols du domaine de la Station fédérale de recherches agronomiques de Changins (VD), y compris de ses deux annexes des Rives de Prangins (au total 89,4 ha) a été entreprise pour identifier et délimiter les différents sols du point de vue pédologique et agrologique. Elle a consisté en l'établissement de 2 plans au 1:2'000, le premier portant respectivement 6 types et 33 sous-types de sol (carte des sols ppd.), le second donnant des caractéristiques de la surface du sol (texture, pierrosité, matière organique) et l'hydromorphie en profondeur. On donne ici quelques remarques sur le mode de travail et de brèves description des sols.

Die Böden des Gutsbetriebes der Eidg. landwirtschaftlichen Forschungsanstalt Changins (VD) - insgesamt 89,4 ha - wurden untersucht und kartiert. Im Vordergrund standen die pedologische Untersuchung und Klassierung sowie die interpretative Beurteilung der landw. Nutzungseigenschaften der Böden. Die Ergebnisse wurden in Form von zwei Karten M 1 : 2'000 dargestellt. Eine eigentliche Bodenkarte mit 6 Bodentypen bzw. 33 Untertypen, und eine landwirtschaftliche Interpretationskarte, mit Daten über die Obergrundeigenschaften (Feinkörnigkeit, Steine, organische Substanz) sowie die Bodenprofilhydromorphie.

1. OBJECTIF

Le but de l'étude était de reconnaître les différents types de sol du domaine de la Station fédérale de recherches agronomiques de Changins et de ses annexes de Rives de Prangins (Nyon, VD). Il s'agissait d'identifier les sols et de les délimiter sur le terrain. Les résultats devaient apparaître sous la forme d'une carte des sols à l'échelle du 1 : 2'000.

2. MODE DE TRAVAIL

2.1 Compilation des études antérieures

En 1954, les parcelles d'alors avaient été examinées systématiquement. Un réseau assez dense (env. 50 m) de sondages-tarières avait été établi, le long duquel des échantillons avaient été prélevés en surface et en profondeur (env. 1000 éch.), puis analysés pour N, P, K, matière organique, calcaire, pH, gravier et granulométrie. Les mesures de la m.o., du calcaire et de la granulométrie ont été intégrées dans la présente étude.

En 1969 et 1977 une campagne générale d'analyse (granulométrie, m.o., calcaire, pH, respectivement sol et sous-sol) avait été menée sur la presque totalité du domaine d'essai. Du fait du mode de prélèvement (échantillons mélangés), ces données analytiques ont été considérées comme indicatives.

Les Rives de Prangins Sud avaient été examinées en 1970 (ROD). On a repris de cette étude les données de la matière organique et en partie celles de la charge pierreuse pour les intégrer à notre travail.

2.2 Recherches de terrain

Les sols ont été examinés:

- sur 12 tranchées,
- par environ 600 carottages.

On s'est efforcé de repartir les tranchées le plus régulièrement possible sur l'ensemble du périmètre et leur site dans le détail a été dicté par des considérations pratiques. Chaque tranchée a donné lieu à un examen complet du profil et à des prélèvements d'échantillons. Le réseau de carottages a été calqué sur celui de 1954; pour les parties du périmètre non couvertes par celui-là, les carottages ont été faits le long de droites parallèles, à des distances de 25 à 30 m. La reprise du réseau de 1954 avait pour raison de gagner du temps en ne relevant que l'hydromorphie, la profondeur du sol et d'éventuelles caractéristiques de la surface.

2.3 Analyses de laboratoire

Tous les échantillons provenant des 12 tranchées ont été analysés en laboratoire: pH, calcaire, matière organique, granulométrie. Des mesures de la densité apparente, de la porosité totale et de la perméabilité ont en outre été faites sur 5 profils.

3. RESULTATS

3.1 Caractéristiques relevées

Les tranchées ont permis de passer en revue toutes les caractéristiques du profil, telles qu'elles sont prévues par les examens de routine. Les carottages quant à eux, ont fourni des estimations de la granulométrie, de la matière organique, du calcaire, de la pierrosité et de l'hydromorphie. La profondeur du sol a été systématiquement recherchée. Trois valeurs ont été considérées:

1. La profondeur pédologique qui est celle du sol dans son entier, soit jusqu'à la base de l'horizon C, autrement dit de la zone où les phénomènes d'altération sont indubitables;
2. La profondeur de la biozone ou épaisseur des horizons A et B (y compris des horizons de transition (AC et BC));
3. La profondeur physiologique qui est la précédente réduite de la part qu'y occupent des éléments stériles, pierres ou éléments structuraux très compacts et de ce fait impénétrables aux racines. L'estimation de ces valeurs fut sans autres possible sur tranchées. Les carottages en revanche n'ont pas permis de saisir la profondeur physiologique, ni généralement la profondeur pédologique qui est trop grande; la profondeur de la biozone ainsi relevée a été parfois sous-estimée en raison d'une vue trop restreinte des horizons profonds. Les valeurs relevées ont été très souvent des minima lorsque l'outil de sondage (tarière) avait buté sur un obstacle ou était trop court pour percer la base de l'horizon B. Chaque fois que cela a été possible, la nature pétrographique du substrat géologique a été notée:

marnes, argiles, sables et graviers, cailloux, roche.

3.2 Les sols

On a distingué 6 types de sol: régosols, sols bruns calcaires, sols bruns, sols bruns lessivés, pseudogleys et gleys. 33 sous-types ont été déterminés en se basant sur leur morphologie au sens large (incluant l'hydromorphie) et pour certains sur la présence de calcaire. Ils ont passés en revue.

Les régosols

On a nommé ainsi des profils de schéma A-C, sans horizon B reconnaissable. Ce sont des sols dont la profondeur de la biozone oscille entre 30 et 50 cm, rarement plus. Ils sont tous calcaires, de texture moyenne, souvent pierreux. On les trouve au sommet de légères buttes ou sur des marnes (sous-types hydromorphes), soit encore sur sables (sous-types sableux). Ils occupent de petites surfaces éparpillées, totalisant une faible proportion des sols du périmètre étudié. Le régosol calcaire sableux est fait de 25 cm d'horizon Ah, sablo-limoneux, reposant sans transition sur du sable moyen. Le régosol brunifié calcaire montre un horizon brunifié en-dessous de la couche de surface. Le profil est de schéma A-(B)-C; il est un peu plus profond et atteint 70 à 100 cm. Les régosols calcaires hydromorphes. L'hydromorphie est marquée par des taches de rouille ou par des concrétions ferromanganésifères. Le sol est dit faiblement hydromorphe lorsque les taches sont présentes en-dessous de 90 cm ou lorsqu'il n'y a que des concrétions dans le profil, quelle que soit leur profondeur. Pour des taches de rouille comprises entre 90 et 60 cm, le sol est dit hydromorphe et, au-dessus de 60 cm, très hydromorphe. Ces distinctions sont valables pour tous les types de sol.

Les sols bruns calcaires

Ils ont un profil A-B-C, sont calcaires sur toute hauteur. 10 sous-types illustrent les différences de morphologie et de profondeur. Ils sont relativement peu représentés dans l'ensemble du périmètre, sauf aux Rives de Prangins Sud. Sol brun calcaire "érodé". On désigne ainsi un profil où l'horizon superficiel paraît manquer. Sol peu profond (50 cm) sur marnes altérées. Le sol brun calcaire superficiel sur sables et graviers est caractérisé par 50 cm au plus de terre peu caillouteuse sur un substrat graveleux. Le sol brun calcaire sableux est léger dès la surface (Ls) et passe à un sable dès 30 cm. Le profil est peu pierreux, perméable et plus profond que 100 cm. Sol brun calcaire "rubéfié": on a appelé ainsi un sol de teinte 7,5 YR. Pour le reste, mis à part une légère décalcification en surface, il est analogue au sous-type superficiel sur sables et graviers (fig. 1). Sol brun calcaire, profond, peu caillouteux: sol peu pierreux tant en surface qu'en profondeur; généralement plus profond que 70 cm. Limoneux. Sols bruns calcaires hydromorphes. Ce sont pour l'essentiel les variantes hydromorphes des bruns calcaires superficiels et profonds, généralement sur substrat marneux. Les 3 sous-types, faiblement-, hydromorphes et très hydromorphes sont définis de la même manière que pour les régosols. Sol brun calcaire "régosolique" hydromorphe: il s'agit d'un sol à horizon B incertain. Le sol est limoneux en surface, silteux dès 30 cm et repose sur des marnes altérées dès 80 cm. Le toit de l'horizon Bg est à 60 cm (d'ou le sous-type

hydromorphe).

Les sols bruns

Ce sont des sols à profil A-B-C, non ou partiellement calcaires. On en a distingué 11 sous-types dont la surface totale couvre la plus grande partie des parcelles d'essai. Sol brun partiellement calcaire. L'horizon B est généralement calcaire; pour le reste, sol limoneux, de pierrosité et de profondeur variables. Sol brun rubéfié. Il se distingue par une teinte 7,5 YR. Limoneux en surface, plus lourd en profondeur (La). Limite du calcaire à 90 cm avec l'apparition d'une forte charge graveleuse. Sol brun "à bisequum". Il y a là un horizon enfoui (Ab) entre 40 et 70 cm, plus riche en matière organique et plus sombre que la surface. Le profil est Ah-Ab-B-C. Texture limoneuse, pierrosité faible audessus de 70 cm, forte en-dessous (fig. 2). Sols bruns, respectivement superficiels, profonds, hydromorphes: semblables aux mêmes sous-types des sols bruns calcaires. Sol brun très hydromorphe à sous-sol mélanique. Il s'agit d'un sol à surface très lourde (A), compacte et sombre (10 YR 4/2). Il y a un horizon Bg entre 20 et 35 cm au-dessus d'un horizon Ab. Le profil est Ah-Bg-Ab-BCg-EC. Le sol est peu pierreux sur 90 cm, profondeur à laquelle apparaît un substrat graveleux et se situe la limite du calcaire.

Les sols bruns lessivés

Ces sols sont en fait très proches des sols bruns. Ils ont été dits lessivés parcequ'un appauvrissement en argile dans le haut du profil et des cutans en profondeur ont été constatés (fig. 3). Le pH est neutre. Il s'agit de sols profonds, limoneux, peu caillouteux, avec une limite du calcaire entre 100 et 120 cm, hydromorphes dès 50 cm en moyenne. Ces sols se localisent dans les hauts du domaine où ils alternent avec des bruns et des bruns calcaires.

Les pseudogleys

Ils sont caractérisés par la présence à une profondeur maximum de 90 cm d'un horizon compact, peu perméable et de ce fait très hydromorphe (bariolé, Bgg, Go). Ces sols sont de texture assez lourde (La), pierreux. Il en existe des sous-types calcaires, partiellement calcaires et neutres (fig. 4). Le sous-type brunifié a un horizon brunifié Bw. Les pseudogleys sont régionalement liés aux sols bruns hydromorphes; à eux deux ces sols représentent une forte proportion des sols du domaine.

Les gleys

Les gleys ont par définition une hydromorphie due à une nappe de fond. Ils ont un profil du type Ah-Bg-Bgg(Go)-Cr(Gr). Ils sont tous carbonatés; les sous-types sont respectivement bariolé (fig. 5) et brunifié. Les gleys n'occupent qu'une petite surface, aux Rives de Prangins Sud.

3.3 Les caractéristiques de la surface

Il s'agit de la texture de la fraction fine, de la pierrosité et du taux de la matière organique. En ce qui concerne la texture, la très grande majorité des sols sont des limons à 25 - 30 % d'argile et 40 - 45 % de silt.

Quelques surfaces sont plus lourdes, voire très lourdes (La-A), notamment sur les pseudogleys. Les terres légères sur sables sont beaucoup moins répandues. La pierrosité - estimée - varie le plus souvent entre 5 et 15 %. Le taux de matière organique se situe presque partout entre 2 et 3 %; lorsqu'il dépasse ce seuil, il le fait de peu.

Etudes antérieures

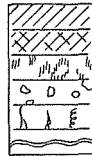
- Service nutrition des sols Changins. Etude pédologique 1954 (manuscrit)
- Analyses sur échantillons mélangés, 1969 & 1977 (manuscrit)
- Section sol et climatologie, service des sols. Rives de Prangins Sud, examen du sol, ROD 1970

Sol brun calcaire "rubéfié"

T 8 Profondeur pédol. : 130 cm
 biozone : 80 "
 Parcelle 3 physio. : 55 "

	hor.	str.	text.	pierres	m.o.	ca/c.	pH
10	Ahp	g	24,8 41,9	5/1	2,6	tr	
20	Ax	p	26,2 42,7	5/1	2,3	tr	
30							
40							
50	Bw	g	28,5 9,9	45/10	0,9	40	
60							
70							
80							
90							
100	C	nl		50/10			
120							
130							
140							
150							
160							

Figurés



Horizons

Textures

Pierres

Légende

- matière organique de forme mull
- matière organique de forme amoor
- signes d'hydromorphie
- pierres
- racines, vers, pistes de vers
- limite du calcaire

cf. Bulletin SSP 3 4/1979 pp. 84 - 85

- g : grumeleuse (en général Ø 2 - 5 mm)
- p : polyédrique Ø 2 - 5 cm)
- pr : prismatique Ø 2 - 5 cm)
- nl : non structuré (= massif, fondue) lâche
- nm : " " " mi-ferme

cf. Bulletin SSP 3 4/1979 p. 90

- pp : peu pierreux < 5 %
- p : pierreux 5 - 15 %

les valeurs séparées par une barre oblique sont des estimations des pourcentages en volume par rapport au sol en place respectivement des fractions 0,2 - 5 cm et > 5 cm

Matière organique

mesures: m.o. totale en % poids p/r au sol séché à 105 °C (dosage au bichromate de K)

estimations:

- fh : faiblement humifère < 2 %
- ph : peu humifère 2 - 5 %
- th : très humifère 10 - 30 %

Calcaire

++ : très calcaire (env. > 10 %)

Fig. 1

Sol brun "à bisequum"

T 5 Profondeur pédol. : 150 cm
 Parcelle 8 biozone : 130
 physio. : 80

hor.	str.	text.	pierres	m.o.	calc.	pH
10	Ah	p	20,0	1/0	1,3	6,8
20			46,1			
30	AB	p	30,9	2/1	1,3	6,4
40			42,5			
50	Ab	g	37,3	3/1	1,6	6,5
60			36,3			
70	B	nl	19,9	40/30	0,5	8,1
90			7,8			
130	Cch	nl		40/30		
140	II C	nl	S	0/0		

Fig. 2

Sol brun lessivé très hydromorphe

T 2 Profondeur pédol. : 150 cm
 Parcelle 25 biozone : 150
 physio. : 120

hor.	str.	text.	pierres	m.o.	calc.	pH
10	Ah	g	24,0	2/5	1,9	7,0
20			46,5			
30	E	g	18,6	2/1	0,8	7,3
40			42,4			
50	Bwg	g	31,0	2/0	0,2	7,4
60			42,7			
70	Bgt	g	31,1	2/0	0,3	7,6
80			47,8			
140	Bck	p	26,2	1/0	0,3	8,4
150			60,8			

Fig. 3

Pseudogley neutre

T 10 Profondeur pédol. : 140 cm
 Parcelle 35 biozone : 100
 physio. : 85

hor.	str.	text.	pierres	m.o.	calc.	pH
10	Ah	p	32,7	1/0	2,8	6,8
20			46,4			
30	Bg	p	39,8	2/0	0,8	7,5
40			37,1			
50	Bgg	pr	31,7	2/0	0,6	7,8
60			41,3			
120	Cgg	nm	16,7	12/2	0,6	8,4
130			55,0			

Fig. 4

Gley bariolé

C 14 Profondeur pédol. : 90 cm
 Parcelle 54c biozone : 90
 physio. : 55

hor.	str.	text.	pierres	m.o.	calc.	pH
10	Ah	L	pp	ph	++	
20						
30	Bg	La	pp	ph	++	
40						
50	Bgg	IU		ph	++	
60						
70	Aab	U		th	++	
80						
90						
100						
120						
130						
140						
150						
160						

Fig. 5

SYSTEMATISCHE AUSWERTUNG DER BODENPROFILDATEN DER BODENKARTE M 1 : 25'000
BLATT USTER

K. Peyer, Eidg. Forschungsanstalt Reckenholz, 8046 Zürich

1. EINLEITUNG

Die moderne Bodenkartierung ist bestrebt, Informationssysteme auf der Basis der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) zu verwenden. Sie kann sich dabei auf Methoden und gesammelte Erfahrungen der Geologen und Geographen stützen. Seit 1975 ist eine Arbeitsgruppe "Bodeninformationssysteme" der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft tätig, die ihren Mitgliedern Gelegenheit zum gegenseitigen Methodenaustausch bietet.

Es entspricht auch in der Schweiz einem grossen Bedürfnis, Daten der Bodenkunde und der Bodenkartierung systematisch und EDV-unterstützt zu erfassen und buchhalterisch zu verwalten. Nicht zuletzt gilt es dabei auch, den Anliegen der Landnutzungs- und Raumplanung in unserem Land gerecht zu werden.

In einem Informationssystem sind Datensammlungen rund um den Boden und den Standort herum nach festen Ordnungsregeln zu strukturieren. Objekte, die mit Daten umgeben werden, sind insbesondere das Bodenprofil, der Bodenhorizont, die Kartierungseinheit, ferner auch das wägbare Lysimetergefäss einer Lysimeteranlage, usw.. Ein Objekt wird mit zahlreichen Merkmalen umschrieben, und jedes Merkmal besitzt mehrere Merkmalsstufen oder Wertebereiche.

2. AUFBAU DES BODENKARTIERUNGS - INFORMATIONSSYSTEMS RECKENHOLZ

Der Bodenkartierungsdienst der Eidg. Forschungsanstalt Zürich - Reckenholz bearbeitet seit 1960 zwei Gruppen von Kartierungsprojekten:

- a. Regionale Kartierungen im detaillierten Massstab (M 1 : 1'000 bis 1 : 5'000) im Zusammenhang mit Gutachten zur Bewertung, Melioration und Anbaueignung landwirtschaftlich und forstlich genutzter Böden.
- b. Systematische Untersuchung und kartographische Darstellung der Bodenverhältnisse der Schweiz, in Uebersichtsmassstäben M 1 : 1 Mio., 1 : 300'000 und 1 : 200'000. Seit 1976 sind zudem systematische Kartierungen der landwirtschaftlichen und forstlichen Areale im halbdetaillierten Massstab M 1 : 25'000 im Gange.

Ein wichtiges Ziel der Bodenkartierung in der Entwicklungszeit war die Schaffung von Methoden zur Beschreibung und Klassierung der Böden der Schweiz. Die Umschreibung und Symbolisierung der Bodenprofile und ihrer wichtigen Horizonte sowie der Kartierungseinheiten wurden in den vergangenen Jahren in zunehmendem Mass vereinheitlicht (Frei 1976).

Mit der FAP - internen Kartierungsanleitung (1978) waren wesentliche Vorarbeiten geleistet zur Einführung des im Aufbau befindlichen EDV - unterstützten Bodenkartierungs - Informationssystems.

2.1 ERHEBUNG DER BODENPROFILDATEN

Jährlich werden vom Bodenkartierungsdienst Reckenholz 500 bis 800 Bodenprofile untersucht und die Ergebnisse registriert. Man berücksichtigt in der Regel 50 bis 80, in Einzelfällen bis 100 Merkmale.

a. Standort und bodenbildende Faktoren:

Vorerst sind die Örtlichkeiten des Profils u.a. mit einem alphanumerischen Regionalcode, sowie mit den Koordinaten der Landeskarte zu bezeichnen. Ferner werden codierte Angaben zum geologischen Muttermaterial, zum Relief, zum Klima und zur Vegetation gemacht.

b. Profil- und Horizontbezeichnung:

Die Beurteilung von Horizontmerkmalen, wie Körnung, organische Substanz, Gefüge, Hydromorphie, Farbe, etc., werden in definierten Merkmalsstufen und in codierter Form am Profil vorgenommen (insgesamt 10 Merkmale pro Horizont). Die Farbcodierung erfolgt nach der Munsell - Farbtafel.

c. Physiko - chemische Laborkennwerte:

An ausgewählten Standardprofilen werden nach bestimmten FAP - Analysen-Methoden chemische, physikalische und hydrologische Labordaten ermittelt und in numerischer Form registriert. Insgesamt sind 30 im Labor bestimmte Merkmale pro Horizont vorgesehen (Ton- u. Schluffgehalt, pH - Wert, Wassergehalt bei verschiedenen Tensionen, Durchlässigkeit, Gehalte an Kationen und Anionen, etc.).

d. Pedologische Klassifikation und pflanzenbauliche Interpretation:

Die Klassierung der schweizerischen Böden nach einem für Bodenkartierungen gut geeigneten System (Typen, Untertypen, Bodenformen, Lokalformen) beansprucht 15, die Interpretation im Hinblick auf pflanzenbauliche Qualität, Eignung und Melioration 6 Merkmale in codierter Form.

Diese Merkmalsdaten werden im Feld und im Labor auf Formularen registriert und für Auswertungen aufbewahrt.

2.2 UEBERTRAGUNG UND SPEICHERUNG DER ERHOBENEN DATEN

Zur bessern Zugriffs- und Auswertmöglichkeit werden die Daten der Bodenprofile Reckenholz auf EDV - kompatible Datenträger übertragen. Vorerst bestanden diese Datenträger aus Lockkarten, künftig werden es vorwiegend Magnetbänder sein.

Die Entwicklung auf dem Gebiet der Datenspeicherung schreitet ziemlich rasch voran. Wir beschränken uns hier auf das vorerst verwendete Speichermedium Lockkarten. Die ca. 70 Variablen eines Datensatzes pro Horizont oder pro Profil wurden nach einer bestimmten Datenstruktur auf vier 80er Lochkarten gekerbt.

2.3 NACHFUEHRUNG, VERWALTUNG UND AUSWERTUNG DER GESPEICHERTEN DATEN

Die weitere Bearbeitung der Bodenprofildaten erfolgte mit Hilfe ausgewählter Teilprogramme des SPSS - Programm - Pakets (Statistical package for the Social Science, nach Fortran IV - Programmiersprache). Ueber das VENUS - SYSTEM

können die Daten vom Terminal Reckenholz auf den CDC -Grossrechner des RZETH übertragen und mit interaktiven Programmbefehlen ausgewertet werden. Die Ergebnisse lassen sich auf den FAP - Outputgeräten (Bildschirm -Terminal und/oder Printer) präsentieren. Die SPSS -Manipulation erfordert eine spezielle Datenstruktur für die Auswertung (vgl. Abb. 1).

Abb. 1	RUN NAME	BODENPROFIL.HORIZONT DATEN
	FILE NAME	PROFILE LK USTER 1977
Variablenliste;	VARIABLE LIST	REGCODE PROFILNO NUM EXPOS GEOL PROFART VEGET KLASSE ORDNUNG
Merkmale der		VERBAND TYP SCHICHT VERMITT PH FE0X GEFUEGE HYDROM ORGSUB
Bodenprofile		HORIZIG SKELOG SKELUG KORNOG KORNUG GRUND KLIMA FORMELEM NEIG
und Horizonte		AKTNUTZ BELAST EIGN FRUCHTST PKTZAHN LIMIT MELIO HORIZHO
(SPSS - Programm)		HORZHSYM HORZNSYM HORIZGRE SKELSCH KIESSCH STEISCH GEFFORM
		BINDIGK TEXTUSCH TONSCH SILTSCH HUMSFORM
		ORGSUSCH KALKTEST PHTESTWA PHTESTCA POROSSCH KWERTSCH FARBTON
		FARBWERT FARBCHRO ABSOND WURZEL BIOLAKT PHMASSER PHCACL2
		CAC03 PTEST KTEST HUMUS H CA MG K NA SATTIGG KUK SKELANAL TON
	INPUT MEDIUM	CARD
	INPUT FORMAT	FIXED(10X,A3,F3.0,12X,F4.0,F1.0,A2,A1,A2,7X,9F1.0,F2.0,2F1.0,1X,
		5F1.0,4F2.0,F1.0,F2.0,F1.0,F2.0,2F1.0/6X,F1.0,A2,A4,F3.0,F1.0,
		2F2.0,A2,2F1.0,2F2.0,F1.0,F2.0,F1.0,2F2.0,2F1.0,A4,2F1.0,A2,
		2F1.0/10X,2F2.1,F3.1,3X,3F3.1,13X,7F3.1/10X,3F3.1,3X,F3.1,F1.0,
		33X,F3.1,F3.2,F4.2)

Das Interesse der Bodenkundler für die Auswertung der Bodenprofildaten konzentrierte sich vorerst auf folgende Auswertteilprogramme:

- Selektionieren und Tabellieren
- Sortieren / Aggregieren
- Frequenzen berechnen, in Einfach- und Kreuztabellenform darstellen
- Statistische Berechnung (Mittelwert, Streuung etc.)
- Abhängigkeitsberechnung zweier oder mehrerer Variablen

Die begonnene systematische Kartierung der Böden der Schweiz M 1 : 25'000 bietet günstige Voraussetzungen zum schrittweisen Entwickeln eines Bodendaten - Informationssystems. Das Bedürfnis für eine rasche Abfrage und vielseitige Auswertung punkt- und flächenförmiger Daten ist gross und wächst zusehends. Von den rasanten Fortschritten im Aufbau und der Anwendung benutzerfreundlicher Datenbanken sowie der Computer - Graphik kann dabei die Bodenkunde profitieren. (zB. auch vom ORL - Informationsraster)

3. AUSWERTERGEBNISSE DER BODENPROFILDATEN BLATT USTER M 1 : 25'000

3.1 BODENKARTE USTER

Die Bodenkarte Uster M 1 : 25'000 ist das Resultat der ersten halbdetailierten pedologischen Bodenkartierung. Sie wurde im Rahmen eines langfristigen FAP - Projektes der systematischen Kartierung der Böden der Schweiz M 1 : 25'000 ausgeführt und 1981 als Farbkarte gedruckt. Die Bodenkarte Uster M 1 : 25:000 umfasst folgende geographische Regionen: Pfannenstiel / Forch, Glatt-Tal (Greifensee, Volketswil, Uster), tieferes Hügelgebiet des

Zürcher Oberlandes (Wildberg, Hittnau, Bäretswil) und Tösstal (Wila, Saland). Im Glatt-Tal sind die klimatischen und geologischen Verhältnisse mit weiten Teilen des schweizerischen Mittellandes vergleichbar (um 1100 mm/Jahr mittl. Jahresniederschlag; Moräne-Deponien der Würmvergletscherung, vorwiegend schottrig oder sandig/lehmig). Im Zürcher Oberland (zB. Hittnau) treffen wir mittl. Niederschlagsmengen von 1200 bis 1300 mm/Jahr und nur noch höchstens dünne Moränedecken auf Sandstein, Mergel und Nagelfluh der oberen Süßwassermolasse an.

Durch Beurteilen und Klassieren von 194 Bodenprofilen entstand das Inventar der im Blatt Uster vorkommenden Bodeneinheiten. Luftphotoanalysen und -interpretationen, ergänzt durch zahlreiche Bohrsondierungen und Geländebeobachtungen, führten zum Abgrenzen der Einheiten und deren Darstellen auf Karten (Aufnahme im Manuskript M:10'000, Reindarstellung M1:25'000). Nach der Regruppierung der typologischen Bodeneinheiten entstand eine insbesondere für Fragen des praktischen Pflanzenbaus verwendbare Bodenkarte, in der Einheiten mit gleichen pflanzenwirksamen Bodenmerkmalen, wie Wasserspeicherfähigkeit, Vernässungsgrad, Durchlässigkeit, sowie physiologische Gründigkeit, vorrangig zur Darstellung kommen. Typ, Untertyp und Bodenform sowie weitere Merkmale sind in codierter Form in der ausführlichen Legende im Erläuterungsbericht aufgelistet. Parabraunerden sind die typischen Vertreter der Böden auf Moräneschotter des Glatt-Tals, begleitet von Kalkbraunerden und Regosolen auf Moränewällen sowie Gleyen und Mooren auf feinkörnigen Sedimenten in Glazialmulden. Im höher gelegenen Hügelgebiet dominieren die Braunerden und, vor allem im Wald, die sauren Braunerden.

3.2 AUSWERTUNG DER PROFIL- UND HORIZONTMERKMALE USTER

3.2.1 ALLGEMEINE STATISTISCHE AUSWERTUNGEN

In die Auswertung wurden die Daten von 182 Profilen und 732 Horizonten einbezogen, welche eine kartierte Fläche von 17630 ha repräsentieren.

Mit dem Programmbefehl "Select if" können die Daten nach gewünschten Kriterien sortiert werden. So interessiert beispielsweise, die landwirtschaftlich bzw. die forstlich genutzten Bodenprofile, ferner für die beiden Gruppen die Bodentypen auszusortieren. Das gleiche kann erwünscht sein für bestimmte geographische Regionen, Höhenstufen, Muttermaterialien, Landschaftsformelemente oder Expositionen. Die vollständigen Datensätze oder aussortierte Gruppen davon lassen sich mit einfachen Programmbefehlen statistisch auswerten. Im Vordergrund stehen das Auszählen bestimmter Merkmale oder Merkmalsstufen, einschliesslich Prozentberechnung, mit Darstellung der Ergebnisse in Einfach- oder Kreuztabellen oder in graphischer Form. Beispielsweise wurden mit dem Kreuztabellenbefehl die 562 Horizonte der senkrecht durchwaschenen, nicht vernässten Profile ausgewertet und dadurch einerseits je die Anteile der Horizonte ermittelt, deren Profile in den Fruchtbarkeitsstufen 1 bis 6 zu finden sind. Andererseits berechnete der Befehl zusätzlich je die Anteile der 10 verschiedenen Feinerdekörnungs-Klassen innerhalb der 6 Fruchtbarkeitsstufen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Fruchtbarkeitsstufen 3 = sehr gut (44,6 %) und 2 = ausgezeichnet (27,3 %) am stärksten vertreten sind. Am häufigsten kommen Horizonte der Texturklasse 2 = sandiger Lehm (43,9 %) und 3 = Lehm (45,3 %) vor.

%SELECT IF (HORIZND EQ 1 AND KLASSE EQ 1)
CROSSTABS TABLES=FRUCHTST BY GRUND,TEXTANAL

***** CROSSTABULATION OF *****
FRUCHTST FRUCHTBARKEITSSTUFE,CLASSE EXPLOIT. BY GRUND GRUENDIGKEIT,PROFONDEUR

		GRUND							
COUNT									
ROW PCT	I	SEHR TIE TIEF,PRO MAESSIG, ZIEML.FL FLACH,SU							ROW
COL PCT	I	F,TRES P FOND MEDIOCRE ACH,ASSE PERFICIE							TOTAL
TOT PCT	I	0I	1.I	2.I	3.I	4.I	5.I	6.I	
FRUCHTST	I	I-----I-----I-----I-----I-----I-----I							I
	II	0 I	0 I	0 I	0 I	0 I	6		
BEVORZUGT,REMARK	I	50.0 I	50.0 I	0 I	0 I	0 I	0 I	4.3	
	I	100.0 I	9.4 I	0 I	0 I	0 I	0 I	0 I	
	I	2.2 I	2.2 I	0 I	0 I	0 I	0 I	0 I	
	I	I-----I-----I-----I-----I-----I-----I							I
	2. I	0 I	24 I	13 I	0 I	1 I	0 I	38	
AUSGEZ,EXCELLENT	I	0 I	63.2 I	34.2 I	0 I	2.6 I	0 I	27.3	
	I	0 I	75.0 I	30.2 I	0 I	6.3 I	0 I	0 I	
	I	0 I	17.3 I	9.4 I	0 I	.7 I	0 I	0 I	
	I	I-----I-----I-----I-----I-----I-----I							I
	3. I	0 I	5 I	29 I	25 I	2 I	0 I	62	
SEHR GUT,TRES BO	I	0 I	8.1 I	46.8 I	40.3 I	3.2 I	0 I	44.6	
	I	0 I	15.6 I	67.4 I	67.6 I	12.5 I	0 I	100.0 I	
	I	0 I	3.6 I	20.9 I	18.0 I	1.4 I	0 I	.7 I	
	I	I-----I-----I-----I-----I-----I-----I							I
	4. I	0 I	0 I	1 I	12 I	11 I	2 I	26	
GUT,BON	I	0 I	0 I	3.8 I	46.2 I	42.3 I	7.7 I	18.7	
	I	0 I	0 I	2.3 I	32.4 I	68.8 I	28.6 I	0 I	
	I	0 I	0 I	.7 I	8.6 I	7.9 I	1.4 I	0 I	
	I	I-----I-----I-----I-----I-----I-----I							I
	5. I	0 I	0 I	0 I	0 I	2 I	4 I	6	
GENUEGEND,SUFFIS	I	0 I	0 I	0 I	0 I	33.3 I	66.7 I	4.3	
	I	0 I	0 I	0 I	0 I	12.5 I	57.1 I	0 I	
	I	0 I	0 I	0 I	0 I	1.4 I	2.9 I	0 I	
	I	I-----I-----I-----I-----I-----I-----I							I
	6. I	0 I	0 I	0 I	0 I	0 I	1 I	1	
UNGENUEGEND,INSU	I	0 I	0 I	0 I	0 I	0 I	100.0 I	.7	
	I	0 I	0 I	0 I	0 I	0 I	14.3 I	0 I	
	I	0 I	0 I	0 I	0 I	0 I	.7 I	0 I	
	I	I-----I-----I-----I-----I-----I-----I							I
COLUMN		3	32	43	37	16	7	139	
TOTAL		2.2	23.0	30.9	26.6	11.5	5.0	100.0	

Abb. 2 Auswertungsbeispiel. Programmbefehl (SPSS): Alle Profile "Uster" mit generellem Wasserregime "Klasse 1 = senkrecht durchwaschen" aussortieren. Kreuztabelle herstellen zwischen den Merkmalen "Fruchtbarkeitsstufe" und "pflanzennutzbare Gründigkeit".

Eine weitere Kreuztabelle bezieht sich auf die 139 senkrecht durchwaschenen Profile, von welchen je die Anteile der 6 Fruchtbarkeitsstufen und jene der 7 Klassen der pflanzennutzbaren Gründigkeit berechnet und kreuzweise dargestellt werden (vgl. Tab. 2). Die 62 Profile der Fruchtbarkeitsstufe 3 (= sehr gut) verteilen sich vorwiegend auf die Gründigkeitsklassen 2 (= tiefgründig) (46,8 %) und 3 (= mässig tiefgründig) (40,3 %).

Von numerischen Daten aussortierter Merkmale sind zudem die Berechnungen der statistischen Mittelwerte samt Streuung von Interesse (Programmbefehl "Condescriptive/Statistics"). So können beispielsweise mittlere Werte der physikalischen und chemischen Analysen bestimmter taxonomischer Gruppen berechnet und mit jenen von Bodenindividuen verglichen werden.

3.2.2 AUSWERTUNGEN ZU DEN DIAGNOSTISCHEN PARABRAUNERDE - HORIZONTEN

Die 47 Parabraunerden (28 im Landwirtschaftsareal = Feld, 19 im Wald) der Region Uster wurden bezüglich der Ausprägung ihrer typischen Horizonte ausgewertet. Dies trägt zur besseren Identifizierung der schweizerischen Parabraunerden bei. Aehnliche Auswertungen möchten wir künftig zur quantitativen Umschreibung diagnostischer Horizonte bei Sauren Braunerden, Rendzinen, Podsolen usw. ausführen.

Von den Parabraunerden Region Uster resultieren die folgenden markanten Kennwerte für den Eluvial- (E) bzw. Illuvial- (I) Horizont (vgl. Peyer, 1981): Der pH-Wert (CaCl₂-Emulsion) liegt beim E-Horizont unter Wald im durchschnittlich 1.9 Einheiten tiefer als unter Feld. Deutlich unterscheidet sich die Tiefenlage des I-Horizontes; unter Wald befindet er sich im Mittel um 13 cm tiefer als unter Feld. Der unterschiedliche Tongehalt spiegelt die Tonwanderung vom E- in den I-Horizont wieder (mittlere Differenz 4,1 % unter Feld). Die Chromawerte nach Munsell-Farbskala betragen bei Feld-Profilen im Durchschnitt aller E-Horizonte 3,3 (= dull yellowish brown), der I-Horizonte 5,2 (= yellowish brown) bei einem Hue-Wert von 10 YR.

Verdankung: Für die Unterstützung bei den Auswertungen danke ich H. Brunner, R. Flisch, J. Nievergelt und M. Petrasek, FAP-Reckenholz.

Literatur

Bodenkarte Blatt M 1 : 25'000 1092 Uster; Resultate und Erläuterungen; 1981. Herausgeber: Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau, 8046 Zürich - Reckenholz.

Frei, E., 1976. Richtlinien für die Beschreibung und Klassifikation von Bodenprofilen. Schweiz. Landw. Forsch., 15, 3/4.

Inst. f. Orts-, Regional- und Landesplanung 1973. Benutzerhandbuch zum Informationsraster und zur Landesplanerischen Datenbank.

Peyer, K., 1981. Projet d'un système de traitement informatique des données de sol en Suisse. Colloque A.I.S.S., "SOLS", INA, Paris-Grignon. Bd. 5.

Proceedings of the meetings of the ISSS Working group on Soil Information Systems, Wageningen, 1975; Canberra, 1976; Sofia, 1977; Canberra 1980. Centre for Agricultural Publishing and Dokumentation, Wageningen.

DIE BOEDEN DES MOUNT KENYA GEBIETES ¹⁾

H. Speck

Geographisches Institut Universität Bern Hallerstr. 12 3012 Bern

Einleitung

Der Mount Kenya liegt auf dem Aequator, 150 km NNE von Nairobi. Es handelt sich um einen erloschenen Schichtvulkan. Die Haupteruptionen fanden im unteren und mittleren Pleistozän statt, die jungen Nebenkrater im Norden und Nordosten des Berges stammen aus dem oberen Pleistozän (Ojany et al., 1973). Die Hauptgipfel erreichen Höhen von 5199m (Batian) und 5185m (Nelion).

Radial angeordnete, glaziale Trogtäler haben ihren Ursprung in der Fusszone des im Zentrum des Massivs steil aufragenden Schlotes (auf ca. 4200m). Sie werden in 3600 - 3700m von tiefeingeschnittenen, fluvial gebildeten Tälern abgelöst. Lokal können glaziale Formen bis ca. 2900m gefunden werden (Messerli, 1980). Im Westen geht der untere Hangbereich in 2000m Höhe in eine Ebene über. Zusammen mit der Bergzone bildet sie bis zu ihrer Erosionsbasis, dem Ewaso N'Giro, das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit.

Im Zentrum des vorliegenden Berichtes steht die Bodenkarte (Mstb. 1:125,000) des Mount Kenya Gebietes. Mit ihrer Erstellung wird in erster Linie die Absicht verfolgt, eine Grundlage für die Entwicklungsplanung dieser Region zu liefern. Nebst einer kurzen Beschreibung ihrer Entstehung werden 3 typische Böden dieses Raumes vorgestellt, eine umfassende Zusammenstellung der Daten und deren Interpretation wird in Speck (1982a), eine Uebersicht über die hauptsächlichsten Resultate in Speck (1982b) wiedergegeben.

¹⁾ Die im Text besprochene Bodenkarte des Mount Kenya Gebietes kann von BGS-Mitgliedern bei obiger Adresse gratis bezogen werden.

Die Bodenkarte, Mstb. 1:125'000

Bei der vorliegenden Karte handelt es sich um eine Uebersichtsbodenkarte (reconnaissance type). Sie gibt einen Ueberblick über die Böden des Mount Kenya Gebietes und charakterisiert deren ökologische Standortfaktoren. Die Illustrationen, welche die Legende ergänzen, vermitteln einen Einblick in die unterschiedlichen Landschaftseinheiten und photographische Darstellungen der drei nachfolgend aufgeführten Profile.

Die Karte bildet eine Synthese der Luftbildinterpretationen, der Feldbeobachtungen und der Auswertung der Laboranalysedaten. Nachfolgend werden die wichtigsten Schritte ihrer Entstehung kurz skizziert (die vom Kenya Soil Survey vorgeschlagene Methode wurde so weit als möglich berücksichtigt) (Siderius, 1980):

- Auf einer LANDSAT-Falschfarbenaufnahme (NASA-E-1191-07115, Mstb. ca. 1:150'000) werden die grossräumigen Landschaftseinheiten ausgeschieden, wobei die Physiographie und die Vegetation als Hauptkriterien für deren Abgrenzung dienen.
- Erstellen eines Luftbildinterpretationsplans (das Untersuchungsgebiet ist mehrheitlich mit Luftbildern von unterschiedlicher Qualität (Mstb. 1:50'000 - 1:60'000) abgedeckt): Vorerst werden die Grenzen des Satellitenbildes auf die Luftbilder übertragen; innerhalb der Grosseinheiten werden aufgrund einer zu Beginn erstellten Legende homogene physiographische Flächen ausgeschieden ("physiographic approach").
- Festlegung von Profilstellen auf dem LB-Interpretationsplan, wobei berücksichtigt werden muss, dass weite Gebiete im Waldgürtel nicht zugänglich sind.
- Ausgedehnte Feldarbeit: Profil- und Standortbeschreibung nach FAO (1977). Probenahme für Laboranalysen.
- Erstellen einer Legende für die Bodenkarte, unter Berücksichtigung aller

vorhandenen Daten. Grundlage für die Klassifikation der Böden bildet die Legende der Weltbodenkarte (FAO-UNESCO. 1974).

- Kartierung von Teilflächen unterschiedlicher Höhenlage und Exposition im Mstb. 1:50'000.
- Erstellen der Bodenkarte 1:125'000.
- Ueberprüfung der Grenzen der pedologischen Einheiten mittels Bohrungen; am Berg erfolgt diese Ueberprüfung hauptsächlich entlang der Pfade, die zum Gipfel führen. Dabei müssen nur noch geringfügige Korrekturen vorgenommen werden.

3 verbreitete Böden des Mount Kenya Gebietes

Insgesamt wurden 52 Profile beschrieben, an den Proben von 33 Profilen wurden chemische und physikalische Analysen (mehrheitlich in den "National Agricultural Laboratories" in Nairobi) vorgenommen, 45 Proben von 10 Profilen wurden röntgen-diffraktometrisch analysiert, bei 23 Proben von 7 Profilen wurde der Gesamtchemismus bestimmt (diese Untersuchungen wurden am Mineralogischen Inst. der Univ. Bern durchgeführt), von 30 Proben wurden Dünnschliffe hergestellt (Speck, 1980a).

Wie aus der Karte zu ersehen ist, wird das Untersuchungsgebiet in 4 pedo-ökologische Grosseinheiten gegliedert. Die 3 unteren Zonen sind hier durch je einen verbreiteten Boden vertreten (Analysedaten in Tab. 1):

- der obere Hangbereich durch einen humic Andosol (dystric Cryandep). Das Profil liegt auf der Nordseite des Berges, auf 3320m an einem schwach geneigten Hang. Die Vegetation besteht aus Tussock-Gräsern, Helichrysum-Philippia-, Erica- und Protea-Gebüsch. Ein tiefgründiges Profil desselben Bodengürtels wird in Frei (1978) beschrieben.
- der untere Hangbereich durch einen ferric Luvisol (typic Rhodustalf)

Das Profil liegt auf der Westseite, auf 2270m an einem schwach geneigten Hang, im immergrünen Bergregenwald.

- die Ebene westlich des Mount Kenya durch einen luvic Phaeozem (ultic Haploxeroll). Das Profil befindet sich auf leicht gewelltem Gelände, auf 1870m, die Vegetation besteht aus einem mit Akaziengebüsch durchsetzten Grasland.

Einige Folgerungen

Die Abfolge der Bodenzonen am Mount Kenya ist grossräumig von den mit der Höhe ü.M. verbundenen Aenderungen der Temperaturverhältnisse (Winiger, 1981), sowie vom Niederschlagsgeschehen abhängig, kleinräumig vom geologischen Untergrund und den lokalen physiographischen Gegebenheiten.

Am wenigsten weit ist die Bodenentwicklung in den oberen Regionen des Berges fortgeschritten, bedingt durch die gehemmte geochemische Aktivität und die grossenteils sehr jungen geologischen Ablagerungen. Den höchsten Entwicklungsgrad weisen die Böden der feuchten östlichen und südlichen Fusszone auf, Primärminerale sind nur noch selten vorhanden, dagegen ist eine Rückstandsanreicherung von Eisen festzustellen. In der trockeneren westlichen und nördlichen Fusszone ist die Tonverlagerung charakteristisch.

Zwischen 2000 und 3000m umgibt ein Waldgürtel den Berg, dieser Gürtel ist lediglich auf der Nordseite unterbrochen. Der Wald wird in den mit Wegen erschlossenen Gebieten forstwirtschaftlich genutzt. Auf der Westseite sind in den untersten Bereichen Aufforstungen verbreitet (hauptsächlich Pinus-Arten). Unterhalb des Waldes erlauben die ökologischen Gegebenheiten fast durchwegs eine intensive landwirtschaftliche Nutzung, wobei die Böden dank ihrer günstigen physikalischen Eigenschaften dafür ideale Voraussetzungen bieten. Schwieriger ist die Situation auf der Ebene westlich des Berges: Die einen grossen Tongehalt aufweisenden Böden (die meisten sind den Vertisolen ähnlich), hemmen die Perkolation des ohnehin spärlichen Niederschlagswassers und sind nur schwer bearbeitbar. Verschiedene Arbeiten, die z.Zt.

im Gang sind, haben zum Ziel, detaillierte Grundlagen für die aus verschiedenen Gründen nötig gewordene Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung in diesem Raum zu liefern.

Literatur

FAO-Unesco, 1974: Soil map of the world. Legend. Vol.I, Paris.

FAO, 1977: Guidelines for soil profile description, Rome.

Frei, E., 1978: Andepts in some high mountains of East Africa. Geoderma, 21, 119-131.

Messerli, B., 1980: Die afrikanischen Hochgebirge und die Klimageschichte Afrikas in den letzten 20'000 Jahren. Sonderdruck aus: Das Klima - Analysen und Modelle, Geschichte und Zukunft. Springer, Berlin, Heidelberg.

Ojany, F.F. and Ogendo, R.B., 1973: A Study in Physical und Human Geography. Longman, Nairobi.

Siderius, W. (ed.), 1980: Standards for Soil Surveys in Kenya. Kenya Soil Survey, Ministry of Agric., Nairobi, M 22.

Speck, H., 1982 a: Die Böden des Mount Kenya Gebietes - Beiträge zu ihrer Bildung, ökologischen und landwirtschaftlichen Bedeutung. Mit 2 Karten. Diss. Univ. Bern.

Speck, H., 1982 b: The Soils of the Mount Kenya Area. Contributions to their formation, ecological and agricultural significance (with soil map, scale 1:125'000). Mountain Research and Development, Vol. 2, 2 (in press).

Winiger, M., 1981: Zur thermo-hygrischen Gliederung des Mount Kenya. Erdkunde, 4, 248-263.

Tab. 1: Analysedaten eines humic Andosol (a), eines ferric Luvisol (b) und eines luvic Phaeozem (c)

Horizont	Tiefe (cm)	Sand (%)	Silt (%)	Ton (%)	pH (H ₂ O)	C (%)	KUK (me/100g)	S (%)	Vol. % Wasser			
									pF0	pF2.0	pF4.2	
a)	Amo	0-10	22	68	10	5.7	4.9	31	13	61	43	22
	Ah	10-35	21	65	14	6.1	5.0	27	18			
	AB	35-45	32	50	18	6.0	3.8	14	16	50	42	20
	Bw	45-65	48	36	16	6.1	2.1	14	12	44	39	30
	BC1	65-72	46	42	12	5.9	2.7	13	16	42	36	--
	BC2	72-88	51	40	9	5.9	0.9	10	16			
b)	Amo	0-10	48	22	30	6.1	11.3	70	50	59	54	--
	Ah	10-40	28	26	46	6.1	4.6	50	61			
	Bt1	40-80	16	26	58	6.2	1.9	27	86	58	53	30
	Bt2	80-120	30	8	62	6.2	0.5	18	86	56	50	35
	BC	120-135	22	8	70	6.0	0.3	17	88			
c)	Ah	0-15	32	18	40	6.8	1.8	15	70	57	45	26
	Avt	15-40	44	14	42	7.1	1.2	13	64			
	AB	40-65	32	12	56	7.0	0.8	20	69	58	42	28
	Bt	65-95	34	12	54	7.1	0.7	15	85	55	47	23
	Bt, cn	95-115	30	14	56	7.1	0.7	19	79			
	BC	115+	34	16	50	7.0	0.3	21	76			

VORSCHLAG FUER DIE VERWENDUNG VON SIGNATUREN BEI PROFILSKIZZEN

Arbeitsgruppe für Bodenklassifikation und Nomenklatur
(Redaktion: P. Lüscher)

Unsere Arbeitsgruppe hat während den vergangenen Jahren den Versuch unternommen, innerhalb der Schweiz, für die Horizontbezeichnung am Bodenprofil Vorschläge zu erarbeiten, die anschliessend als Empfehlung zuhanden der BGS-Mitglieder weitergeleitet wurden (BGS Bulletin Nr. 3, 1979). Diese Zusammenstellung der Signaturen stellt einen weiteren Schritt im Sinne einer Koordination bei der Profilsprache dar.

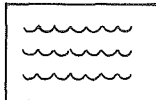
Streu: unzersetzte Pflanzenreste auf der Bodenoberfläche
(nicht oder wenig zersetzte Humusbildner)

mögliche Darstellungsarten:

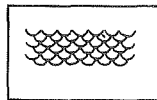
lose gerollt



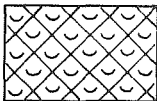
lagig



verklebt



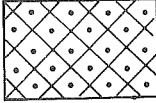
Vermoderte Streu: teilweise zersetzte Pflanzenreste
(vermoderte, teilweise zersetzte Humusbildner)



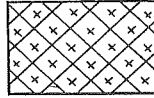
Humusstoff: praktisch völlig zersetztes organisches Material
mit keinem oder sehr geringem Mineralanteil)

mögliche Darstellungsarten:

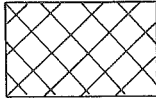
körnig zersetzt



speckig



Torf: organisches Material mit unterschiedlichem Zersetzungs-
grad, verfilzt, vernässt (unter anaeroben Bedingungen)



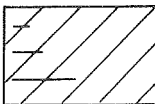
ev. unter Angabe des
Zersetzungsgrades

mehrheitlich zersetztes
organisches Material (zer-
setzter und vermoderter
Torf) mit Mineralerde-
Beimischung

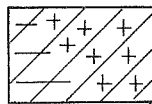
Huminstoff in mineralischer Verbindung: organische Substanz,
stark humifiziert, mit Mineralerde innig vermengt und
zum Teil komplex verbunden

mögliche Varianten:

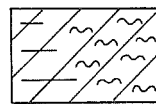
Mull



saure Huminstoffe



hydromorph

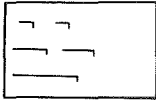


illuviale Humine / Humushüllen

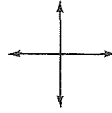
Um Uebergänge darzustellen ist jede Kombination der aufge-
führten Signaturen zulässig.

Auswaschungen / Ausbleichungen (Eluviation)

gebleichte Mineralerde

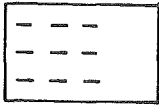


Fahlfärbung bei
Wassersättigung



Mineralerde (Bodenart)

Hauptfraktionen
Korndurchmesser



Sandboden

0,05 - 2,0 mm



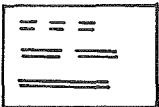
Schluff-,
Siltboden

0,002 - 0,05 mm



Tonboden

< 0,002 mm



Karbonathaltige Mineralerde
Mischungen werden durch Kombination
der Signaturen angegeben.

Bodenskelett (Durchmesser > 2 mm)

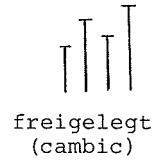


Entsprechende Formgebung in der
Skizze

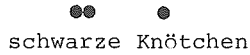


f → frisch, unverwittert
v → verwittert + → karbonatfrei
= → karbonathaltig
H → Holzreste usw.
K → Kohle

Sesquioxide



Konkretionen (nodules)



Plasmaseparierung



Goethit, Hämatit, Gibbsit

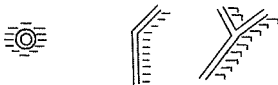
Rostflecken (Oxidflecken)



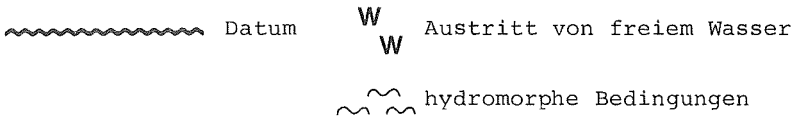
reduzierte Bodenmatrix



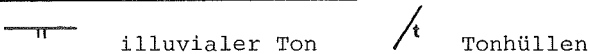
Marmorierung (Fahl-Rot-Färbung)



Wasserstand



Illuviation der Tonminerale



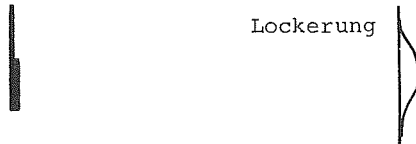
Lösliche Salze

- ~ ~ alkalische und neutrale Salze (Soda, Kochsalz)
SSS saure Salze (Sulfate, Sulfide)

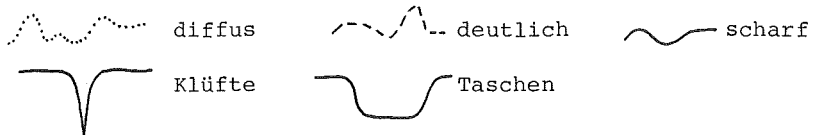
Karbonate

- ~~~~~ Karbonatgrenze Kalkflaum ~ ~ ~

Bodenverdichtung



Horizontgrenzen



Wurmtätigkeit



Schnecken



Wurzeln



Hohlräume/Makroporen



Bodenfarbe

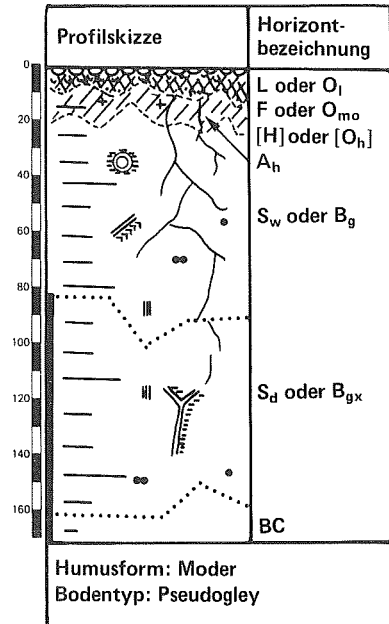
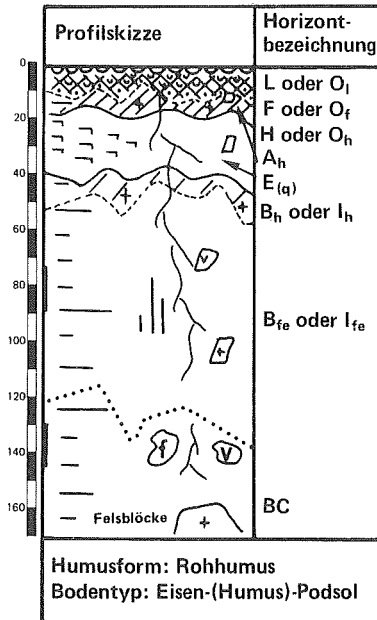
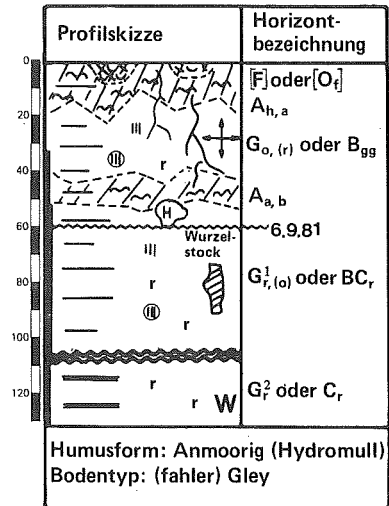
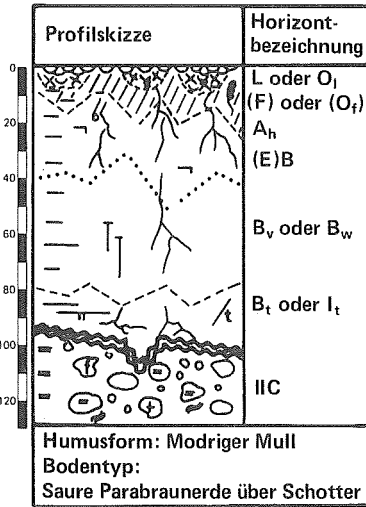
Beurteilung und Bezeichnung nach den Standard Soil Color Charts
Bodenfeuchte berücksichtigen! (feucht/trocken)

Säuregrad

Bestimmung im Feld mit Indikator und dem Peha-meter von Hellige

Jede Kombination der aufgeführten Signaturen ist zulässig, wenn sie der Charakterisierung des Bodenprofils dient.

Anwendungsbeispiele: Mögliche Darstellungsart für einige Bodentypen



K I E S A B B A U = B O D E N V E R L U S T

POSTER DER ARBEITSGRUPPE BODENSCHUTZ

REDAKTION: E. W. ALTHER

Die Gebiete des Niederterrassenschotters des Aaretals werden je länger je mehr zum Kiesabbau herangezogen. Gleich den Böden im Gebiete des Genfersees als auch den Lössböden im Baselbiet handelt es sich dabei um beste Böden der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz. Weitere grosse Kiesabbau-Vorhaben sind in der Moränenlandschaft verschiedenster Gebiete der schweizerischen Mittellandes und des Voralpengebietes im Gange oder stehen vor der Realisierung. Der Verlust an Bodenfläche wird immer grösser und bringt zum Teil irreversible Zerstörung oder zumindest eine wesentliche Beeinträchtigung von fruchtbarem landwirtschaftlichem Boden.

Dazu kommt, dass trotz "Kreisschreiben zur Einführung des Bundesgesetzes über die Raumplanung" heute bestehende Zonenpläne im Hinblick auf die Kiesausbeutung in seltensten Fällen auf solche Gebiete ausgedehnt werden (Art.27). Weiter ist der Kiesabbau kantonal geregelt, was zu unterschiedlicher Bewilligungspraxis für den Abbau und deshalb auch zu unterschiedlichen Preisgestaltungen führt. Immer grössere Kiesmengen werden über weitere Strecken transportiert.

Es liegt im Rahmen der Zielsetzungen der Arbeitsgruppe Bodenschutz, sich auch dieser Frage des Schwindens an landwirtschaftlicher Nutzfläche anzunehmen. Gerade diese gefährdeten Böden als Basis der Nahrungs- und Futtermittelproduktion gehören zu den wertvollsten nationalen Gütern, denen es Sorge zu tragen gilt und die zu schützen sind.

Einēs der grössten Vorhaben dieser Art liegt im Raume Schafisheim-Staufen AG. Bereits im Bericht der FAP Reckenholz vom 5. Mai 1978 wurde darauf hingewiesen, dass das für den Kiesabbau vorgesehene Areal ausschliesslich den Bodentyp Parabraunerde aufweist. Es handelt sich um vorwiegend überdurchschnittlich gute Ackerböden, die im schweizerischen Mittelland in nur verhältnismässig kleinen Flächenanteilen vorkommen. Die Rekultivierung nach einem allfälligen Kiesabbau wäre nur unter Beachtung grösster Sorgfalt möglich.

Kiesbedarf und bisherige Abbaupraxis

Seit dem Jahre 1969 hat sich in der Schweiz der Bedarf an Kies pro Jahr verdreifacht. 1981 wurden 35 Mio m³ Kies benötigt. Die Wertschöpfung pro Jahr liegt in der Höhe von 1 Mia Franken.

Im Kiesabbau selbst sind 7000 Personen beschäftigt. 200'000 Personen sind als Bauarbeiter, Maurer, Strassenbauer, Architekten und Ingenieure im kiesabhängigen Bauwesen tätig.

Jährlich werden der Landwirtschaft mehr als 100 ha LN zu Zwecken des Kiesabbaues entzogen. Die beteiligten Landwirte tätigen dabei ihre Ersatzkäufe zu übersetzten Bodenpreisen. Potentielle Kiesabbaugebiete werden zu Höchstpreisen (annähernd Baulandpreisen) gehandelt. In vielen Fällen wird auf Beteiligungsbasis gehandelt.

Die dringend notwendige Rekultivierung ist nicht geregelt. Die meisten Gruben werden mit der Auflage bewilligt, sie nach dem Abbau wieder vollständig aufzufüllen. Dabei stellte sich jedoch immer wieder heraus, dass das Aushubmaterial nur etwa für ein Volumen von 2/3 der Grube ausreicht. So wird die Abdeckung bis zum C-Horizont nicht deponiert, sondern des Flächenbedarfes wegen zur Auffüllung verwendet. Und der wertvolle A-Horizont ver-gammelt auf undurchlässiger Rohplanie.

Mangels genügendem Füllmaterial werden auch organische Abfälle in die Gruben versenkt. Diese werden über die Halde gekippt und nicht schichtweise geschüttet. Solches Material mit einem hohen Redoxpotential gefährdet langfristig/unkontrollierbar das Grundwasser.

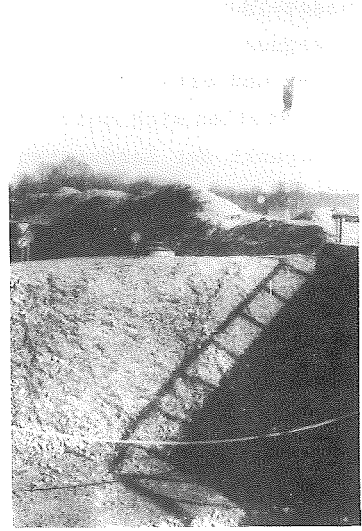
Die unbedenklichste Weiternutzung solcher Abbauareale wäre deren Ausscheidung zur Biotoperhaltung. Solche Gebiete müssten aber konsequent geschützt und ausgelesen werden. Nur in wirklich wertvollen und ortsgerechten Standorten mit klimatisch bevorzugten Lagen stellen sich solche Biotope (z.B. für Laubfrösche) ein. Vom Standpunkt der Landwirtschaft aus, die vorher in diesen Gebieten Böden bevorzugter, ausgezeichnete und sehr guter Fruchtbarkeit nutzte, bedeutet ein solcher Wandel jedoch ein absoluter Verlust. Sie wird auf Böden geringerer Fruchtbarkeit zurückverwiesen.

Alternativen zu diesem Vorgehen würden darin liegen, von diesem irreversiblen Wannenabbau abzusehen und ganz auf den Haldenabbau überzugehen. Das ruft nach sofortiger Inventarisierung der Kiesvorkommen in der ganzen Schweiz. Die Ausscheidung der Vorranggebiete und deren Privilegierung müssen gesteuert werden. Nachdem die Bauwirtschaft Kies als Mangelware deklarieren will, müssen parallel zu diesem Vorgehen auch Sparmassnahmen gehen. Die vermehrte Nutzung erneuerbarer Quellen brächte weniger Bodenverlust. Kies soll "veredelt und nicht verlockt" werden. Fundationen sind vermehrt zu stabilisieren, Strassenbau in seinen Ausmassen (Damm-schüttungen aus Kies, Betonbauten, Viadukte und Tunnels) ist neu zu überdenken. Schliesslich sollte eine Abbaukontrolle, möglicherweise ein Kiesregal, eingeführt werden.

Poster "Kiesabbau = Bodenverlust"

Die Arbeitsgruppe "Schutz des Bodens" (Vorsitz: E.W. Alther. Mitglieder: L. Bardet, L.F. Bonnard, E. Frei, O.J. Furrer, H. Häni, W. Matthey, T. Mosimann, M.J.A. Neyroud, K. Peyer, J. Polomski, Ch. Salm, H. Schüepp, F. Stadelmann, H. Sticher) hat sich eingehend mit diesem Problem und dessen Auswirkungen beschäftigt. Aufgrund der Zielsetzungen, die der Arbeitsgruppe durch die GV vom 6. März 1981 (s. Bulletin 5, 1981) gegeben wurden, ergab sich nachfolgender, durch Ch. Salm, F.X. Stadelmann und E.W. Alther realisierter Aufbau des Posters als Beispiel des dringend notwendigen Schutzes des Bodens (Verhinderung des steten Schwindens landwirtschaftlicher Nutzfläche).

ANGEBOT = NACHFRAGE ?



DIE NACHFRAGE NACH KIES IST GROSS.
HAUPTANWENDUNGSGEBIETE: FUNDATIONS-
SCHICHTEN IMHOCH- UND TIEFBAU, WIE AUCH
ALS KOFFERMATERIAL IM STRASSENBAU,
BETON- UND BELAGSAUFBEREITUNG, ETC.

LEIDER WIRD GUTES KIESMATERIAL AUCH
VERSCHWENDET FÜR DAMMSCHÜTTUNGEN UND
GELÄNDEANPASSUNGEN. DAMIT WIRD KIES
DER AUFBEREITUNG ZUM HÖHERWERTIGEN
BAUSTOFF ENTZOGEN.

ANTHROPOGENE KIESWANDERUNG



DER KIESABBAU IST KANTONAL GEREGLT. FOLGE: UN-
TERSCHIEDLICHE BEWILLIGUNGSPRAXIS FÜR DEN ABBAU
UND UNTERSCHIEDLICHE PREISE. IMMER GRÖßERE KIES-
MENGEN WERDEN ÜBER IMMER GRÖßERE STRECKEN
TRANSPORTIERT.

K I E S L A N D S C H A F T
ERSETZT KULTURLANDSCHAFT



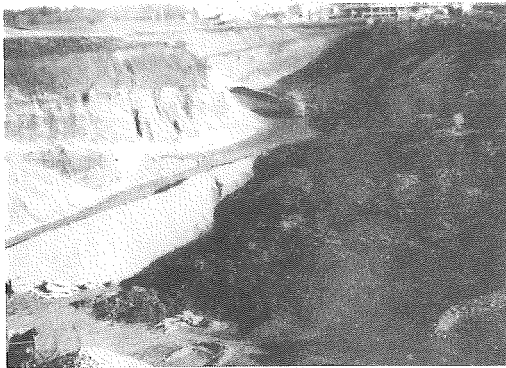
K I E S A B B A U
HEUTE . . .



MIT JEDEM ABGEBAUTEN QUADRATMETER
KIESBODEN WIRD ANDERNORTS EIN VIEL-
FACHES AN KULTURLAND DURCH ÜBER-
BAUUNG DER NUTZUNG ENTZOGEN, VOR
ALLEM DURCH STRASSENBAU.

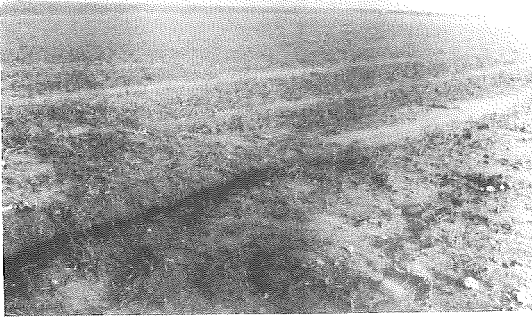
VERLUST VON KULTURLAND

M I S S B R A U C H V O N B O D E N



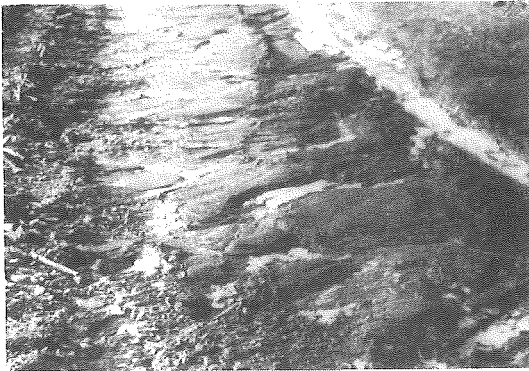
NACH ERFOLGTEM KIESABBAU MÜSSEN DIE GRUBEN
IN DER REGEL WIEDER AUFGEFÜLLT WERDEN. DA
HÄUFIG ZU WENIG GEEIGNETES AUFFÜLLMATERIAL
VORHANDEN IST, WIRD GELEGENTLICH WERTVOL-
LES BODENMATERIAL ZUSAMMEN MIT BAUSCHUTT
UND GRUNDWASSERGEFÄHRDENDEN MATERIALIEN
VERSENKT.

PROBLEMBÖDEN ANSTELLE VON KULTURLAND



VERSCHLÄMMTE BÖDEN

DURCH UNSACHGEMÄSSE
AUFFÜLLUNG UND MASCHI-
NELLE VERDICHTUNG ENT-
STEHEN STAUNÄSSEN, DIE
BESONDERS BEI ACKERBAU-
LICHER NUTZUNG DER "RE-
KULTIVIERTEN" FLÄCHEN,
ZUR VERSCHLÄMMUNG
FÜHREN.



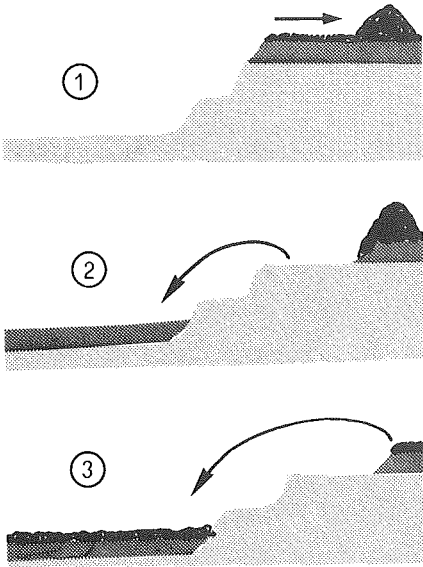
BODENEROSION

"REKULTIVIERTE" BÖDEN
IN HANGLAGEN SIND BEI
VORWIEGEND ACKERBAU-
LICHER NUTZUNG AUCH
BESONDERS EROSIONSGE-
FÄHRDET.

K I E S A B B A U
M O R G E N



DER ABBAU AN DER HALDE
HAT, IM GEGENSATZ ZUM
WANNENFÖRMIGEN GRUBEN-
ABBAU, EINEN KLEINEREN
FLÄCHENVERLUST AN
KULTURLAND ZUR FOLGE.



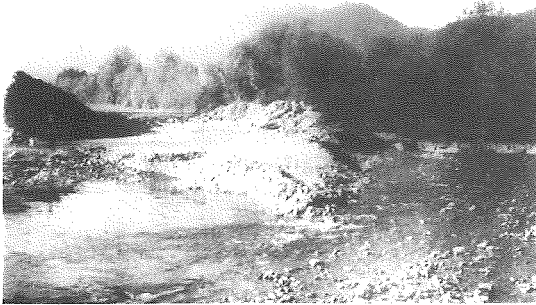
KIESABBAU MORGEN

ABBAU AN DER HALDE

DER BODEN MUSS NICHT JAHRELANG DEPONIERT WERDEN. MAN KANN IHN, OHNE GRÖßERE BEEINTRÄCHTIGUNG VON STRUKTUR UND FRUCHTBARKEIT, SOFORT WIEDER ANLEGEN UND BEGRÜNEN.

FOLGE:

DIESER ABBAU HINTERLÄSST ZWAR EINE VERÄNDERTE LANDSCHAFT. ER IST JEDOCH ANDEREN VARIANTEN AUS GRÜNDEN BESSERER REKULTIVIERBARKEIT UND DER ERHALTUNG DES GRUNDWASSERANREICHERUNGSPOTENTIALS DEM WANNENFÖRMIGEN ABBAU VORZUZIEHEN.



NUTZUNG ERNEUERBARER QUELLEN

RÜFEN DER VORALPEN, FLACHSEEN, HANGSCHUTT IN ABGELAGENEN GEBIETEN UND GESCHIEBEABLAGERUNGEN KLEINERER ODER GRÖßERER FLÜSSE,

DIE ALLE OHNE VERLUST BESTER LANDWIRTSCHAFTLICHER NUTZFLÄCHEN UND, BEI RICHTIGER AUSFÜHRUNG, MIT MINIMALEN ÖKOLOGISCHEN FOLGEN ABBAUBAR SIND.

JAHRESBERICHT / RAPPORT D'ACTIVITE 1981/82

Am 13. Juli 1981 verstarb Roman Bach, Ordinarius für Bodenkunde an der ETH Zürich. Vielen unter uns war er Lehrer im Fachgebiet unseres Berufes. Seine menschliche und bescheidene Art werden wir nicht vergessen. Wir wollen ihn in ehrender Erinnerung behalten und sind ihm für das, was er uns gab, dankbar.

Veranstaltungen im Berichtsjahr

Von allen Veranstaltungen liegen ausführliche Protokolle bzw. Berichte vor.

- Generalversammlung und Jahrestagung:
6. März 1981 an der ETH Zürich. In der anschliessenden Fachtagung wurden 7 Referate gehalten.
- Jahresexkursion Raum Engadin/Davos 28./29. August 1981:
In seinem Protokoll vermittelt unser Sekretär Dr. L.F. Bonnard den Abwesenden einen Eindruck über das, was sie verpasst haben. Es hat sich einmal mehr gezeigt, dass dieser Anlass die fachlichen Kontakte auf eine angenehme und anregende Weise fördert.
- Die Arbeitsgruppen waren zum Teil sehr aktiv. Auskunft über die Aktivitäten geben die nachfolgenden Tätigkeitsberichte.

Mitgliederbestand

Entwicklung des Mitgliederbestandes 1975 - 1982

Jahr	Einzelmitglieder	Studentische Mitglieder	Kollektivmitglieder	Total
1975	54	2	4	60
1976	69	2	6	77
1977	82	5	6	93
1978	93	8	7	108
1979	104	11	8	123
1980	109	12	9	130
1981	126	9	9	144
Jan. 82	128	9	9	146

Die Tabelle vermittelt einen Eindruck über die Entwicklung unserer Gesellschaft. Im vergangenen Jahr verzeichneten wir den grössten Zuwachs an Einzelmitgliedern seit dem Gründungsjahr. Deutlich mehr als die Hälfte der Mitglieder haben sich an Veranstaltungen der BGS beteiligt. Ganz besonders erfreulich ist das Interesse von Bodenkundlern im Ausland (Auslandsschweizer und auch ausländische Gäste).

Die Zahl der studentischen Mitglieder ist unterdotiert. Die bodenkundlichen Lehrer unter uns entnehmen daraus den Auftrag, dem Nachwuchs den Anschluss zu erleichtern.

Die Zahl der Kollektivmitglieder ist ebenfalls gering. Eine Vergrößerung dieser Mitgliedergruppe würde die Basis verbreitern. Unsere Informationen würden besser gestreut. Jeder ist aufgerufen, dem Vorstand potentielle Kollektivmitglieder zu melden.

Geschäftsstelle

Jahraus, jahrein läuft an dieser Stelle viel. Im Namen aller Mitglieder danke ich Herrn Dr. L.F. Bonnard und jenen, die ihm helfen, für diese wertvollen Dienste.

Kontakte, laufende Geschäfte, Vorbereitungen

- Die Arbeitsgruppe "Organische Substanz" ist dabei, ein Symposium im Rahmen der SNG-Tagung vorzubereiten. Das Symposium steht unter dem Thema: "Les sols organiques menacés" (7. Oktober 1982, Basel).
- Mit der Bodenkundlichen Gesellschaft von Oesterreich wurde Verbindung aufgenommen, um für 1983 eine Exkursion nach Niederösterreich zu planen (nicht identisch mit der Jahresexkursion 1983).
- Die Jahresexkursion 1982 führt uns ins Wallis und steht unter dem Thema: "Landwirtschaftliche Bodenprobleme und Fluorbelastung von Böden".

Birmensdorf, 9. Februar 1982

Bodenkundliche Gesellschaft
der Schweiz

Der Präsident:
Hannes FLÜHLER

BERICHTE DER ARBEITSGRUPPEN

1. Arbeitsgruppe für BODENKLASSIFIKATION und NOMENKLATUR

Unsere Arbeitsgruppe hat während des vergangenen Jahres die Diskussion über die wichtigsten Signaturen für die Bodenprofilskizzen abgeschlossen. Eine zusammenfassende Liste mit den gebräuchlichsten Signaturen wurde den Mitgliedern der BGS anlässlich der Postersession an der GV 1982 in Basel vorgestellt und ist in diesem Bulletin publiziert.

Die Exkursion am 3. August 1981 führte uns am Vormittag von Burgdorf aus über Limpach nach Lyss. An zwei relativ jungen Auenböden wurden, nebst der Ansprache der Profile im Zusammenhang mit dem unterschiedlichen Entwicklungsgrad, auch Probleme der Verbraunung und der Vergleyung besprochen. Die organischen Horizonte des Aufschlusses im Limpachtal zeigten deutliche Spuren der landwirtschaftlichen Nutzung und deren Schwierigkeiten auf solchen Standorten (Schrumpfung, Abbau, Vermischung mit der Mineralerde, Wasserhaushalt). Der Nachmittag galt vorerst der Definition des Cambic-Horizont als diagnostischer Horizont einer Braunerde bei Sorviller hinter der zweiten Jurakette. Die Rendzinprofile von Les Ecorcheresses und im Schitterwald (Weissenstein Nordflanke) liessen die unterschiedlichen Auffassungen beim Ansprechen des Entwicklungsgrades eines Rohbodens deutlich erkennen.

In der letzten Sitzung im November beschäftigten wir uns mit den diagnostischen Horizonten, wie sie zur Zeit in der Schweiz angewandt werden.

Diagnostische Horizonte, deren Umschreibung und deren Anwendung soll auch im kommenden Jahr thematisch das Schwergewicht unserer Tätigkeit sein. Die Arbeitsgruppe ist bereit, diesbezüglich Anregungen und Erfahrungen von einzelnen BGS-Mitgliedern entgegen zu nehmen.

Birmensdorf, 7. Februar 1982

P. Lüscher

2. Groupe GRANULOMETRIE

Après une pause de plus d'une année, le groupe s'est remis au travail durant cet exercice. Une séance a été consacrée à l'étude des fractions grossières du sol (squelette). Un poster présenté à Bâle le 12 mars concrétisait les propositions du groupe. Les avis recueillis permettront de faire un choix définitif sur la classification et la représentation graphique de ces éléments. Ces valeurs seront transmises aux membres de la société.

Nyon, le 18 mars 1982

Ph. Rod

3. Arbeitsgruppe LYSIMETER

Die Arbeitsgruppe traf sich zu zwei Sitzungen. Am 4. September 1981 in der Forschungsanstalt Liebfeld-Bern und am 4. Dezember 1981 in Changins-Nyon.

An der ersten Sitzung wurde grundsätzlich beschlossen, die Arbeitsgruppe weiterzuführen und die entsprechende interne Aufgabenverteilung vorgenommen.

An der zweiten Sitzung wurden konkrete Fragen im Zusammenhang mit der Bereitstellung und dem Betrieb von Lysimetern anhand der Versuchsanlage in Changins behandelt, sowie die Frage der Errichtung einer Dokumentationsstelle über alle Belange von Lysimetern besprochen.

14. 5.82 : Besuch der forstlichen Lysimeteranlage Waldegg.
Besprechung der Fragen über den Messfehler bei der Bestimmung der Niederschlagsmenge.

3.12.82 : Besuch der Lysimeteranlage in Eschikon-Lindau.
Vorstellung der Untersuchungsprogramme.

Zürich-Reckenholz, 22. März 1982

F. Jäggli

4. Groupe d'étude en ZOOLOGIE DU SOL

Activité :

26.10.81 : Séance de discussion, à Berne.
Y participent: Dr. M. Bieri (Zürich), M. A. Buhlmann (Bâle), Prof. W. Matthey (Neuchâtel), Dr. J. Zettel (Berne).
Objet: préciser la mise sur pied d'un projet de recherche interdisciplinaire sur le milieu prairial au sens large, projet qui avait été ébauché lors d'une réunion élargie à Zürich les 4 et 5 septembre 1979.

16. 2.82 : Séance de discussion à Zürich.
Les mêmes personnes rencontrent le Dr. Germaine Ricou, directrice du Laboratoire de Recherche sur les écosystèmes prairiaux à Rouen (France) pour discuter des réalisations françaises dans le cadre du Programme Biologique International, section Productivité terrestre.

Résultats actuels des discussions :

- Un centre de documentation sur l'écologie des écosystèmes prairiaux a été organisé à Berne par le Dr. Zettel. Il consiste à collectionner et à mettre en fiches le maximum de publications relatives à ce domaine de recherches.
- Le choix d'un site de travail répondant aux nombreuses exigences pratiques et théoriques d'une recherche de longue haleine n'est pas encore définitif.

Neuchâtel, le 10 mars 1982

Willy Matthey

5. Arbeitsgruppe SCHUTZ DES BODENS

Die Gründung der Arbeitsgruppe, hervorgegangen aus der "Kommission Schutz des Bodens", wurde durch die GV der BGS vom 6. März 1981 einstimmig gutgeheissen. Aufgrund des Berichtes des abtretenden Kommissionspräsidenten und des Votums von H. Sticher erhielt sie 1. einen politischen, 2. einen wissenschaftlichen und einen rechtspolitischen Auftrag, beizutragen, den Boden zu schützen. Die von der GV angenommenen Anträge wurden im Bulletin 5, 1981, Seite 60, veröffentlicht.

Zwölf der 15 Mitglieder der Arbeitsgruppe haben sich während der Berichtsperiode 1981/82 in vier Vollsitzungen, drei Ausschusssitzungen und zwei Besprechungen zur Posterpräsentation der aktuellen Fragen des Bodenschutzes angenommen. Nachdem die "Resolution Bodenschutz" in der Presse nur geringes Echo fand, wurden die vorranglichen Probleme nach dem Ablaufschema Beobachten/Registrieren → Informieren/Mobilisieren → Klassifizieren/Eingreifen in Angriff genommen, unter Aufrechterhaltung von Querverbindungen zu andern Arbeitsgruppen der BGS. Informiert wurde vor allem über den Kiesabbau am Beispiel des Kantons Aargau, mit dessen Baudepartement über ein Schreiben des BGS-Vorstandes Kontakt aufgenommen wurde. Dieselben Kontakte haben wir mit der Baudirektion des Kantons Zug gefunden.

Im weiteren liess sich die Gruppe informieren über die Problematik von Richtwerten im Boden für Anionen (Phosphate, Nitrate, Fluoride) und Kationen (Schwermetalle), die Schwermetallemissionsquellen im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung (Vorstellen der Klärschlammverordnung), sowie die Fluorbelastung des Bodens durch industrielle Emissionen (Pfywald VS).

Die Arbeitsgruppe beteiligte sich an der Rundfrage "Dokumentation Bodenprobleme" der Schweizerischen Gesellschaft für angewandte Geographie - SGAG. In den Mittelpunkt gestellt wurde das Problem der Reduktion der landwirtschaftlichen Nutzfläche und die damit verbundene Einbusse an Produktionsmöglichkeiten. Sodann wurde hingewiesen auf die zunehmende Belastung des Bodens mit Umweltchemikalien, auf die Probleme der Rekultivierung sowie auf den Stellenwert des Bodens im Naturhaushalt.

Bezüglich des rechtspolitischen Auftrages war es erfreulich festzustellen, dass es im Rahmen der Vorberatungen des im Nationalrat in der Märzsession 1982 verabschiedeten Umweltschutzgesetzes gelang, dem Bodenschutzartikel (Art. 29 a, b und c) zum Durchbruch zu verhelfen.

Ueber die gesetzliche Verankerung des Bodenschutzes wird im nachfolgenden Referat berichtet.

Flawil, 6. März 1982

E.W. Alther

DIE GESETZLICHE VERANKERUNG DES BODENSCHUTZES

E. W. Alther

Anlässlich ihrer Konstituierung erhielt die Arbeitsgruppe "Schutz des Bodens" auch einen rechtspolitischen Auftrag. Der Umwelt-Bereich Wasser wurde mit dem Gewässerschutzgesetz¹ umfassend geschützt. Der Umweltbereich Luft soll mit dem nun in seiner vom Nationalrat verabschiedeten Fassung des Umweltschutzgesetzes eingehend geschützt werden².

Das ebenso lebenswichtige und kostbare Umweltgut Boden als Basis für unsere Nahrungsmittel- und Futtermittelproduktion ist absolut ungenügend geschützt; eine gesetzliche Verankerung des qualitativen und quantitativen Bodenschutzes ist mit der Einführung des Raumplanungsgesetzes³ ohne einen notwendigen Bodenschutz-Artikel verpasst worden. Abgesehen vom Waldareal⁴ ist flächenmässig gesehen die in den jüngsten Jahren ohnehin stark reduzierte landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) und der übrige Boden quantitativ ohne jeglichen Schutz.

¹Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer gegen Verunreinigung (GSchG) vom 8. Oktober 1971, in Kraft gesetzt am 1. Juli 1972

²Botschaft zu einem Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG) vom 31. Okt. 1979

³Bundesgesetz über die Raumplanung (RPG) vom 22. Juni 1979

⁴Das Bundesgesetz des Jahres 1876 über die Gebirgswalderhaltung wurde erweitert und ist verankert in Art. 31 des Bundesgesetzes betreffend die eidg. Oberaufsicht über die Forstpolizei vom 11. Oktober 1902, die gesamte Waldfläche der Schweiz umfassend: "Das Waldareal der Schweiz soll nicht vermindert werden. Ausreitungen in Nichtschutzwaldungen bedürfen der Bewilligung der Kantonsregierung, solche in Schutzwaldungen derjenigen des Bundesrates "

Im Gegensatz zur schutzlosen LN führt Art. 31 des zitierten Forstgesetzes bezüglich des Waldareales weiter aus, dass die Kantonsregierung betreffend Nichtschutzwald, der Bundesrat betr. Schutzwald bestimmen, "ob und inwieweit für solche Verminderung des Waldareals Ersatz durch Neuaufforstung" zu bieten sei. Angesichts der Zurücksetzung der landwirtschaftlich genutzten Bodenfläche war es im Sinne der von der GV der BGS vom 6. März 1981 gutgeheissenen Resolution erste Pflicht der Arbeitsgruppe, sich der qualitativen Frage des Bodenschutzes sofort anzunehmen.

In den Artikeln 1, 12d und 29g der vorstehend zitierten Botschaft zu einem USG wurde die mögliche Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit im von der parlamentarischen Kommission zu beratenden Entwurf zum Umweltschutzgesetz erwähnt. Eingebettet in den Abschnitt Immissionen sollte im Verlaufe der Beratungen in einem Art. 13^{bis} eine gesetzliche Stütze gefunden werden.

Die Nennung der Bodenfruchtbarkeit in diesen Artikeln jedoch hätte nur Nebeneffekt gehabt; eine Schutzwirkung für die LN ging daraus nicht hervor. Zudem war die Einbettung des damaligen Artikels im alten Abschnitt 2 (Belastungsgrenzen), wo sich alles auf Luftverunreinigungen bezieht, fehl am Platze. Dieser Umstand böte deshalb auch Anlass zu dessen Ausmerzung im Verlaufe der Beratungen. Denn der Inhalt des beantragten Artikels betrifft auch landwirtschaftliche Hilfsstoffe, wie Müllkompost, Klärschlamm und deren Verwertung im Boden.

Der Stand der Beratungen Ende des Jahres 1980 verlangte kurzfristig eine Ueberarbeitung der vorliegenden Textentwürfe. Die sinnvollere Platzierung des qualitativen Bodenschutzes in seiner Gesamtheit in einem neuen Kapitel 4 in Form eines Art. 29^{bis}, bot daraufhin die Möglichkeit, den qualitativen Bodenschutz gesetzlich zu verankern unter dem Titel "Belastungen des Bodens". Damit soll der Boden und dessen Fruchtbarkeit auf lange Sicht gesetzlich geschützt und gesichert werden. Es geht dabei um die

Einführung von Richtwerten (Immissionsgrenzwerten) für Belastungen des Bodens mit Stoffen, zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Sie beruhen auf dem "Bericht und Vorschlag des Eidg. Departementes des Innern zu den Anträgen Kaufmann und Günter zu Art. 13^{bis} des USG betreffend den Schutz des Bodens" vom 29. Dezember 1980.

Dadurch sollten die Belastungen des Bodens durch umweltgefährdende Stoffe und Abfälle die gleichrangige Stellung erhalten wie die Schmutzstoffe, die die Luft verunreinigen. Das kam einer Verschärfung des bundesrätlichen Gesetzesentwurfes gleich⁵, entspricht jedoch dem überwältigenden Mehr, mit dem Volk und Stände vor 12 Jahren dem neuen Verfassungsartikel⁶ über die zu erlassenden Vorschriften zum Schutze des Menschen und seiner natürlichen Umwelt gegen schädliche und lästige Einwirkungen zustimmten.

In der Märzsession 1982 kam es - trotz Minderheitsantrag auf Streichung und Eventualantrag (falls Streichungsantrag abgelehnt wird) - im Nationalrat zur Bereinigung dieses Hauptpunktes im Umweltschutzgesetz: *der Schutz des Bodens steht neben dem Gewässerschutz und den Massnahmen zur Reinhaltung der Luft*. Die Gesetzesbestimmungen lauten:

VIERTES KAPITEL: BELASTUNGEN DES BODENS

Art.29a Richtwerte für Bodenbelastungen

Für die Beurteilung der Belastung des Bodens mit schädlichen und nicht oder nur schwer abbaubaren Stoffen kann der Bundesrat Richtwerte festlegen. Sie sind so festzulegen, dass nach dem Stand der Wissenschaft und der Erfahrungen Belastungen unterhalb dieser Werte die Fruchtbarkeit des Bodens auch langfristig nicht beeinträchtigen.

⁵"Nationalratskommission verschärft Umweltschutzgesetz". Pressekommentar der NZZ, Nr.264 vom Freitag, 13. November 1981: "Mit 18:0 Stimmen bei drei Enthaltungen hat die zuständige Nationalratskommission am Donnerstag nach insgesamt zwölf Sitzungen das Umweltschutzgesetz zuhanden der grossen Kammer verabschiedet ... zusätzliches Kapitel ... Schutz des Bodens."

⁶Artikel 24^{septies} der Bundesverfassung. Volksabstimmung vom 6. Juni 1971 über "Vorschriften über den Schutz des Menschen ..."

Art.29b Grundsatz

Der Schutz des Bodens gegen Belastungen durch Luftverunreinigungen, umweltgefährdende Stoffe und Abfälle wird in den Vorschriften nach den Artikeln 10, 12, 26 und 29 berücksichtigt.

Art.29c Vorschriften des Bundesrates

Für Gebiete, in denen die Bodenfruchtbarkeit stark gefährdet oder bereits beeinträchtigt ist, legt der Bundesrat nach Anhören der Kantone verschärfte Emissionsbegrenzungen fest oder beschränkt die Verwendung von Stoffen im erforderlichen Mass.

Im Verlaufe dieses Sommers folgt nun die Durchberatung innerhalb der ständerätlichen Kommission. Auch für diese Kommission wird es wichtig sein, daran festzuhalten, dass der Boden langfristig in seiner Güte stärker bedroht ist als das Wasser und die Luft. Luft und Wasser können von Schadstoffen gereinigt werden. Im Boden hingegen ist die Anreicherung (Akkumulation) von nichtabbau- oder schwer abbaubaren Schadstoffen irreversibel und irreparabel. Mit der Einführung und Festlegung von gesetzlich abgestützten Richtwerten (Art.29a und b) wird das Umweltgut Boden qualitativ besser und verbindlich geschützt. Werden im Boden bedenkliche, nach dem Stand der Wissenschaft und der Erfahrung unverantwortbare Schadstoffgehalte festgestellt, so wäre es ohne gesetzlich abgestützte Richtwerte unvorstellbar, innerhalb nützlicher Frist notwendige Massnahmen durchzusetzen.

Beispielsweise wären im Falle erhöhter Schwermetallgehalte folgende Massnahmen nun möglich: Eruierung des Emittenten, Aufstellen eines Sanierungsplanes mit Fristsetzung für den Emittenten (ev. lokale Verschärfung der Emissionsvorschriften), Anwendungsverbot von Schwermetalle enthaltenden Hilfsstoffen in der Landwirtschaft, Nutzungsbeschränkungen und Bodensanierungen, wie Kalken, etc. Denn erhöhte Schwermetallgehalte im Boden können zu Ertragseinbussen, Störungen ökologischer Kreisläufe und zu erhöhten Schwermetallgehalten in Pflanzen, in Nahrungsmitteln (Gefährdung des Konsumenten) und in Futtermitteln (Gefährdung der Haustiere) führen.

AUTORENVERZEICHNIS

ALTHER, E.W.	183, 194, 195	LESER, H.	7
BIERI, M.	109	LEUENBERGER, J.	13
BONNARD, L.F.	159	LUESCHER, P.	177, 192
BOSSHARD, E.	75	MAILLARD, A.	116
BUCHTER, B.	13	MAIRE, N.	88
CALAME, F.	51	MATTHEY, W.	193
CHENG, G.S.	75	MEYER, M.	63
CONRADIN, H.	123	MUNCH, J.C.	95
DELUCCHI, V.	109	NEYROUD, J.A.	51
DUBOIS, D.	32	OTTOW, J.C.G.	95
DUBOIS, J.P.	32	PEYER, K.	165
FERLIN, P.	38	POLOMSKI, J.	38
FLUEHLER, H.	38, 190	ROD, PH.	192
FURRER, O.J.	57	SCHÜEPP, H.	75, 82
GALLAND, P.	137	SCHLUECHTER, CH.	151
GAMPER, M.	69	SIEGENTHALER, A.	44
GERMANN, P.	18	SIEGFRIED, W.	82
GINDRAT, D.	102	SORG, J.	82
GRANDJEAN, P.	24	SPALTENSTEIN, H.	145
GUPTA, S.	44	SPECK, H.	171
HAENI, H.	44	STAUFFER, W.	57
HUEMBELIN, M.	63	STICHER, H.	63
JAEGGLI, F.	193	VEZ, A.	116
JATON, J.F.	24	WALTHER, W.	102
JELMINI, G.	32	WEGMANN, CH.	82
KIENZLE, U.	131		

