

# BULLETIN

---

11

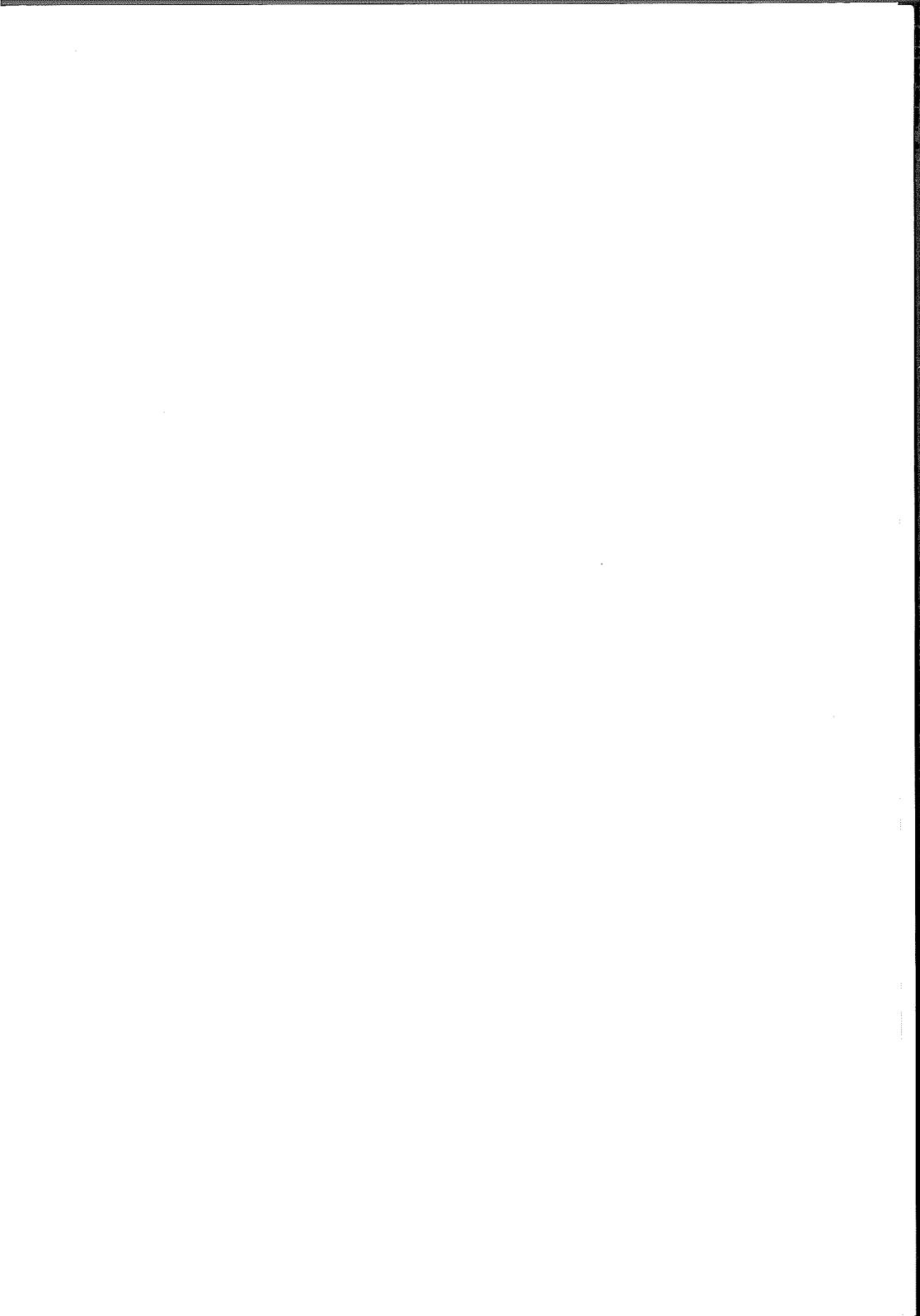
JAHRESTAGUNG DER BGS VOM  
6. MAERZ 1987 IN SISSACH BL

---

Referate

---

Tätigkeitsberichte



**BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ  
SOCIETE SUISSE DE PEDOLOGIE**

**BULLETIN 11**

**1987**

**Referate der Jahrestagung vom  
6. März 1987 in  
Sissach BL**

**Redaktion: M. Müller, Zürich-Reckenholz**

---

**Juris Druck, Zürich**

**BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ**

**SOCIÉTÉ SUISSE DE PÉDOLOGIE**

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

**Vorstand / Comité 1987 - 1989**

Präsident	/	Président:	P. Lüscher, Birmensdorf
Vize-Präsident	/	Vice-Président:	H. Häni, Liebefeld
Sekretär	/	Secrétaire:	L.-F. Bonnard, Zürich-Reckenholz
Kassier	/	Caissier:	A. Kaufmann, Zollikofen
Beisitzer	/	Assesseur:	Th. Mosimann, Basel

**Dokumentationsstelle / Service des documents**

P. Lüscher, EAFV, Zürcherstr. 111, 8903 Birmensdorf, Tel. 01 739 23 72

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

Klassifikation und Nomenklatur:	M. Müller, Zürich-Reckenholz
Körnung und Gefüge:	E. Kramer, Tänikon
Lysimeter:	J.P. Ryser, Nyon-Changins
Bodenzoologie:	W. Matthey, Neuchâtel
Bodenschutz:	H. Bieri, Zürich

---

**Inhalt**

K. PEYER	
Magnesiumversorgung der Böden im Kartierungsgebiet Lengnau - Pieterlen - Meinsberg BE und Zuckerrübenenerträge ausgewählter Bodenformen im Gefässversuch	5
S. JUCHLER und H. STICHER	
Chrom- und Nickeldynamik in Serpentinböden	11
J. POLOMSKI	
Rolle der Ektomykorrhiza im Stoffkreislauf der Waldböden am Beispiel der Phosphoraufnahme	18
M. MUELLER und U. ZIHLMANN	
10 Jahre Bodenkartierung 1:25'000	25
W.G. STURNY, E.R. KELLER und F. SCHWENDIMANN	
Einfluss langjähriger Bewirtschaftungsmassnahmen - Fruchtfolge, Düngung, Herbizideinsatz - auf bodenphysikalische Parameter	31
Jahresbericht 1986	39
Bericht über die IBG/ISSS-Exkursion 1986	41
Berichte der Arbeitsgruppen	
Klassifikation und Nomenklatur	42
Lysimeter	42
Schutz des Bodens	43
Körnung und Gefüge	44
Organische Substanz	45

**Autorenverzeichnis**

H. Bieri	43
Ch. Gysi	45
S. Juchler	11
E.R. Keller	31
E. Kramer	44
P. Lüscher	41,42
Th. Mosimann	39
M. Müller	25
K. Peyer	5
J. Polomski	18
J.-P. Ryser	42
F. Schwendimann	31
H. Sticher	11
W.G. Sturny	31
U. Zihlmann	25

MAGNESIUMVERSORGUNG DER BOEDEN IM KARTIERUNGSGEBIET LENGNAU - PIETERLEN-MEINISBERG BE UND ZUCKERRUEBENERTRAEGE AUSGEWAHLTER BODENFORMEN IM GEFASSVERSUCH.

---

K. Peyer

Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau Reckenholz,  
8046 Zürich

## 1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Nicht in allen Schweizer Ackerböden ist die Magnesiumversorgung für eine uneingeschränkte Pflanzenernährung genügend. Dies kann zu Ertragseinbußen führen. Vor allem Zuckerrüben reagieren auf Magnesiummangel empfindlich.

Im Kartierungsprojekt Lengnau-Pieterlen-Meinisberg stand die Beurteilung der Bodenqualität im Vordergrund. Die als Grundlage für den Gütertausch verwendete Bewertungsmethode (Jäggli, 1986) berücksichtigt wichtige, vom Landwirt kurzfristig kaum veränderbare Boden- und Standorteigenschaften, die den Pflanzenertrag beeinflussen. Dazu zählen die pflanzennutzbare Gründigkeit, das Wasserspeichervermögen, der Vernässungsgrad, Humusgehalt und Bodenart, das Gefüge und die Oberflächengestalt. Auch das Nährstoffspeichervermögen ist hier einzureihen. Der aktuelle Nährstoffgehalt dagegen ist für den Bodenwert nur von untergeordneter Bedeutung, da er relativ leicht durch Düngung verändert werden kann.

Im Kartierungsperimeter Lengnau-Pieterlen-Meinisberg zeigten die Böden der Region "Büttenberg" tiefere Magnesiumgehalte und schlechtere Zuckerrübeneträge als vergleichbare Böden der Talebene. In einem Gefässversuch wurde überprüft, ob diese Böden daher tiefer zu punktieren seien.

## 2. UNTERSUCHUNGSGEBIET

### 2.1 Geologie und Klima

Die Böden der Talebene (430 bis 450 m ü.M.) entstanden vorwiegend aus feinkörnigem Alluvium. Der "Büttenberg" besteht aus Sandsteinen der Süsswassermolasse und ist teilweise mit Würmmoräne bedeckt (500 bis 550 m ü.M.).

Das Klima ist gekennzeichnet durch einen ausgeglichenen bis mässig feuchten Niederschlagshaushalt (Zonen A 3, A 4 und B 3 der Klimaeignungskarte 1:200'000 der Schweiz). Die Jahresniederschläge liegen zwischen 1100 und 1200 mm, die Mitteltemperaturen zwischen 8 und 9 °C.

Tab. 1: Profilskizze und Analysen von Profil "Büttenberg", Meinsberg.  
Schwach ausgeprägte, tiefgründige, saure Braunerde, 520 m.ü.M.,  
7 % geneigt (E); Koord.: 593.300 / 223.675

Horizont cm	Profilskizze	Skelett Vol. % geschätzt	Gefü- ge- form					Kalk (CaCO <sub>3</sub> ) %	pH (CaCl <sub>2</sub> )
				Ton %	Schluff %	Sand %	Humus %		
Ahp	0 20	2	krümelig	15	24	59	2,0	0	5,2
Bw	40 60 80 100								
BC	120 140	10	unstruk- turiert, lose	6	11	83	0	0	6,0

Tab. 2: Profilskizze und Analysenwerte von Profil "Talebene", Meinsberg.  
Schwach pseudogleyige, tiefgründige Kalkbraunerde, 430 m.ü.M., eben;  
Koord.: 595.200 / 223.375

Horizont cm	Profilskizze	Skelett Vol. % geschätzt	Gefü- ge- form					Kalk (CaCO <sub>3</sub> ) %	pH (CaCl <sub>2</sub> )
				Ton %	Schluff %	Sand %	Humus %		
Ahp	0 20	0	grob- krümelig	32	55	10,3	2,7	24	7,3
Bcn	40								
Bg	60 80	0	poly- edrisch	32	61	7	0	15	7,5
BCg gx	100 120								
Cg gx	140 160	0	unstruk- turiert, fest	52	40	8	0	3	7,3



### 3. MAGNESIUMVERSORGUNG DER BOEDEN UND ZUCKERRUEBENERTRAEGE IM GEFÄSS-VERSUCH

#### 3.1 Versuchsmethode

Es wurden Vegetationsgefässe (System Kick-Brauckmann; Inhalt 7 Liter) verwendet. Die Gefässe wurden mit Zuckerrüben der Sorte Kawevera bepflanzt. Die Versuchsverfahren umfassten Zusatzdüngungen (zu einer optimalen NPK-Gabe) von Natrium, Magnesium und Kalzium (als Düngkalk).

#### 3.2 Versuchsböden

In Tabelle 3 sind tauschbare Kationen, Basensättigung und pflanzenverfügbares Magnesium (Magnesiumtestzahl nach Schachtschabel) der beiden Versuchsböden enthalten. Die Magnesiumversorgung der Sauren Braunerde (Profil "Büttenberg") kann als mässig, jene der Kalkbraunerde (Profil "Talebene") als mässig bis genügend betrachtet werden (Kerschberger 1985, Düngungsrichtlinien 1987).

#### 3.3 Ergebnisse

Wichtige im Gefässversuch erhobene Ertragszahlen (Rübenenertrag und Zuckerertrag) sind in Abbildung 1 dargestellt.

Rübenenertrag: Bei der Sauren Braunerde (Profil "Büttenberg") ist eine Wirkung von Magnesium und zusätzlich Düngkalk (Verfahren 3 bzw. 4 gegenüber 2) feststellbar (Grenzdifferenz = 12,6 g). Bei der Kalkbraunerde (Profil "Talebene") ist keine signifikante Magnesiumwirkung vorhanden. Auch die Erträge mit NPKNaMg bzw. NPKNaMgCa gedüngten Versuchsböden unterscheiden sich nicht.

Beim Zuckerertrag (Abbildung 1 unten) ergibt sich das gleiche Bild wie beim Rübenenertrag.

Daraus ist ersichtlich, dass das im Gefässversuch geprüfte potentielle Ertragsvermögen der beiden Böden für Zuckerrüben als gleich gross bezeichnet werden kann und eine gleiche Punktierung (mit 84 Bodenpunkten) angezeigt ist. Der Magnesium- und Kalkversorgung der Sauren Braunerde (Profil "Büttenberg") ist besondere Beachtung zu schenken (Jäggli et al. 1984).

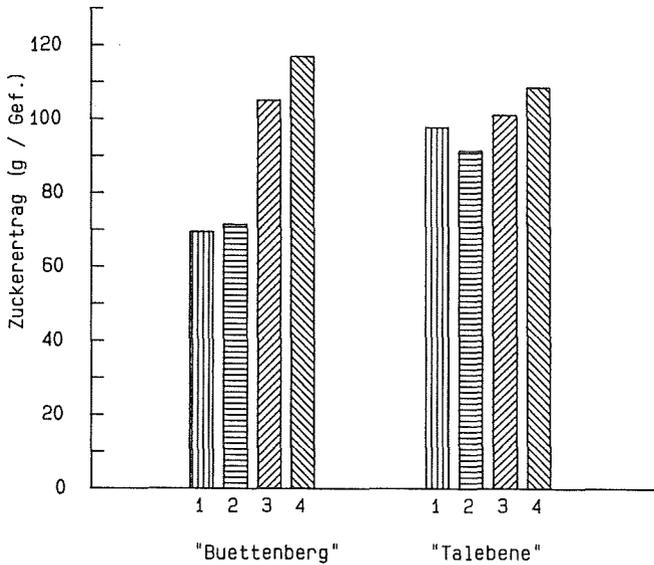
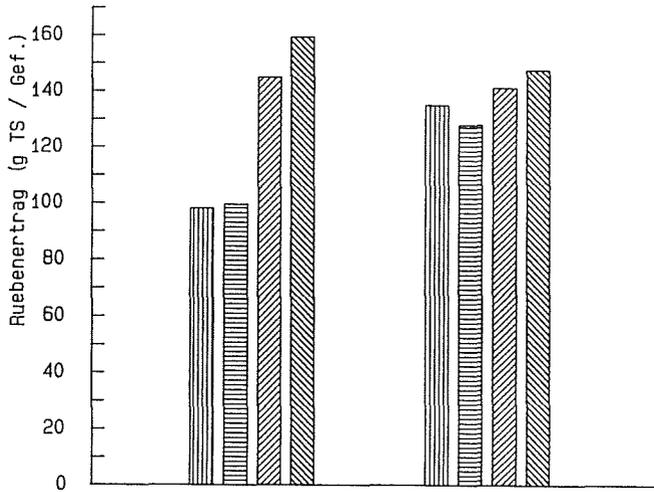
### 4. ZUSAMMENFASSUNG

Die auf Praxisbeobachtungen beruhende Hypothese, dass die Sauren Braunerden auf dem "Büttenberg" (Meinisberg/BE) im Zuckerrübenbau deutlich weniger ertragsfähig und daher tiefer zu punktieren seien als die ähnlich beschaffenen Kalkbraunerden der Aareebene bei Meinisberg, wurde anhand eines Gefässversuches überprüft.

Zwei Versuchsböden (Saure Braunerde und Kalkbraunerde), gemäss den standörtlichen Eigenschaften beide mit 84 Bodenpunkten gleich bewertet, wurden im Gefässversuch mit Zuckerrüben bepflanzt. Auf der Sauren Braunerde konnten unter dem Einfluss der Magnesiumdüngung bei Rüben und Zucker markante Ertragssteigerungen erzielt werden. Bei optimaler Düngung

Abb. 1: Rüben- und Zuckerertrag der beiden Versuchsböden "Büttenberg" und "Talebene", Meinisberg, im Gefäßversuch.

Düngung: N = 4.0 g N, P = 1.5 g  $P_2O_5$ , K = 2.0 g  $K_2O$ , Na = 0,5 g Na, Mg = 1.5 g Mg, CaO = 5.6 g CaO pro Gefäß.



- |   |   |          |   |   |                     |
|---|---|----------|---|---|---------------------|
| 1 |  | NPK      | 3 |  | NPK + Na + Mg       |
| 2 |  | NPK + Na | 4 |  | NPK + Na + Mg + CaO |

(NPKNaMg oder NPKNaMg + Düngkalk) zeigten die beiden Böden keine Ertragsunterschiede. Ihr potentielles Ertragsvermögen ist daher als gleich zu taxieren.

## 5. RESUME

L'hypothèse formulée par les agriculteurs selon laquelle les sols bruns acides du "Büttenberg" (Meinisberg) donnaient en culture betteravière des rendements nettement inférieurs à ceux des sols bruns calcaires analogues de la plaine a été soumise à vérification par un essai en vases de végétation.

Deux sols d'essais (sol brun acide et sol brun calcaire), tous deux côtés, en tenant compte des conditions locales, avec le même nombre de 84 points, ont été ensemencés en vases avec des betteraves sucrières. Sur le sol brun acide une augmentation marquée du rendement en racine et en sucre a été obtenue avec un engrais en magnésium. Les deux variantes avec engrais optimal (NPKNaMg ou NPKNaMg + amendement calcaire) n'ont pas montré de différences de rendement. La capacité productive des deux sols peut de ce fait être considérée comme égale.

## 6. LITERATUR

Anleitung zur Bodenkartierung, Methodensammlung FAP Zürich-Reckenholz, 1985. Unveröffentlicht.

Bericht zur Bodenkartierung Lengnau - Pieterlen - Meinisberg, 1985. FAP Zürich-Reckenholz. Unveröffentlicht.

Düngungsrichtlinien für den Acker- und Futterbau. Eidg. Forschungsanstalten Changins-Nyon, Liebefeld-Bern und Zürich-Reckenholz, 1987. Vertrieb: LBL, 8307 Lindau.

Jäggli, F. und Walther, U., 1984: Beurteilung und Bedeutung des Kalkzustandes des Bodens sowie Bemessung der Kalkdüngung. MSL, Heft 10, 199 - 203.

Jäggli, F., 1986: Standörtliche Beurteilung des Bodens im Ackerbaugesbiet. Die Grüne, Nr. 8, 20 - 22.

Kerschberger, M., Richter, D. und Pflieger, D., 1986: Ermittlung von Versorgungsstufen des pflanzenverfügbaren Magnesiums in Ackerböden der DDR. Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenkd., Berlin, 4, 243 - 250.

## CHROM- UND NICKELDYNAMIK IN SERPENTINBOEDEN

---

Stephan Juchler und Hans Sticher,  
Labor für Bodenkunde, ILW, ETH-Zentrum, 8092 Zürich.

### EINLEITUNG

Über das Langzeitverhalten von Schwermetallen in der Umwelt ist nur wenig bekannt. Solche Kenntnisse sind aber für die Risikoabschätzung kontaminierter Böden von grosser Bedeutung. Für das Studium der langfristigen natürlichen Dynamik der Schwermetalle in Ökosystemen eignen sich vor allem Böden auf ultrabasischen Gesteinen, welche zuweilen beträchtliche Gehalte an Schwermetallen aufweisen. An unserem Labor werden deshalb seit Jahren die Pedogenese auf Serpentin sowie die Chrom- und Nickelverteilung in Bodenkompartmenten, Kornfraktionen, Gravitationswasser und Vegetation untersucht (STICHER 1978, JUCHLER & STICHER 1985, STICHER, GASSER & JUCHLER 1986).

Dieser Beitrag soll die Chrom- und Nickelverteilung in den Bodenhorizonten, in den Verwitterungskrusten und im Gravitationswasser von Serpentinböden vorstellen. Besonderes Gewicht wird auf die Speziation der beiden Metalle im Sickerwasser gelegt.

### UNTERSUCHUNGSGEBIET

Das Untersuchungsgebiet umfasst den Bergsturzschutthügel östlich der Station Wolfgang-Davos (Pt. 1631) mit (höchstens) 14000-jährigen Böden und die Schuttfächer des Totalp- und Stützbaches westlich der Station mit jüngeren Böden. Das Muttergestein an beiden Standorten ist nahezu reiner Augit-Serpentin.

### BODENTYP

Beim vorherrschenden Bodentyp handelt es sich um saure Serpentinbraunerden. Als Leitprofile dienen das Profil **Budlerboden**, ein alter Boden auf grobblockigem Bergsturzmaterial mit lockerem Fichten-Lärchenwald und **Wolfgang**, ein älte-

rer Boden aus Bergsturz- und Bachschutt, welcher mit frischem Serpentinitschluff überschüttet ist; Bergföhrenwald.

## METHODEN

Die Probenahme erfolgte horizontweise. Der Totalgehalt an Chrom und Nickel wurde mittels Röntgenfluoreszenz bestimmt. Im DCB-Extrakt und in den Wasserproben wurden die Kationen mit AAS und DCP gemessen, die Anionen mit HPLC. Zur horizontweisen Gewinnung von Graviationswasser wurden quarzsandgefüllte Trichterlysimeter in die Profilwand eingebaut. Der Kontakt der Lysimeter mit dem darüberliegenden ungestörten Boden wurde durch Spiralfedern (Bettfedern) garantiert. Die Speciation wurde mit GEOCHEM (SPOSITO & MATTIGOD 1980) berechnet. Folgende Annahmen wurden getroffen:  $p\text{CO}_2 = 3.5$ ,  $p\text{Fulvosäure}$  ca. 5 je nach TOC-Gehalt, Komplexbildungskonstanten von Chrom und Nickel mit Fulvosäure  $10^{7.5}$  resp.  $10^{4.2}$ . In die Berechnung einbezogen wurden die Totalgehalte von Ca, Mg, K, Al, Si, Fe, Cr, Ni,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  und Cl.

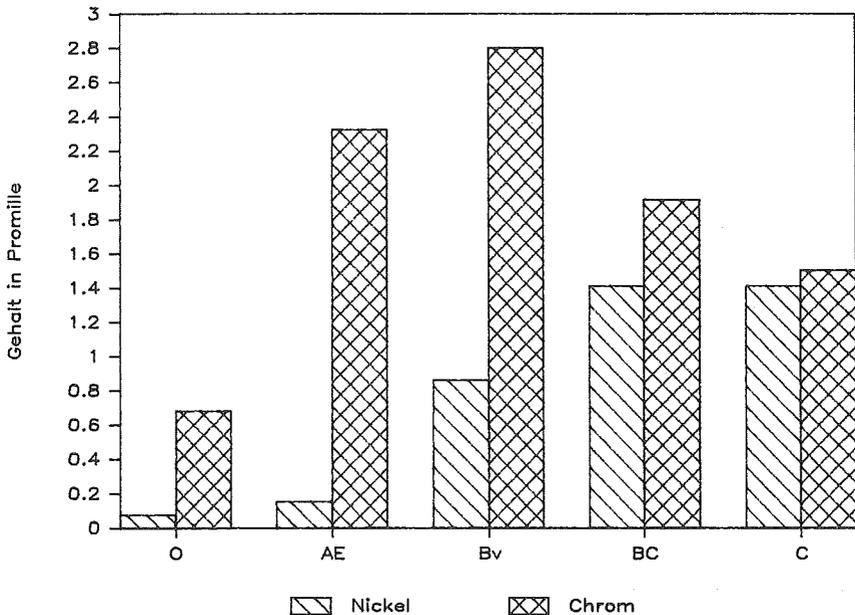


Abb.1: Totalgehalt von Chrom und Nickel in der Feinerde des Profils Budlerboden.

## RESULTATE UND DISKUSSION

### Totalgehalt

Abbildung 1 zeigt die Chrom- und Nickelgehalte im Profil **Budlerboden**. Die höchsten Chromgehalte mit knapp 3 Promille findet man im Verwitterungshorizont Bv, 10 bis 20 cm unter Flur. Nickel hingegen hat seinen höchsten Gehalt im Muttergestein (ab etwa 40cm) und nimmt nach oben kontinuierlich ab. Die Chrom- und Nickelgehalte betragen im Muttergestein etwa 2 Promille. Chrom wird also im Verlaufe der Zeit im Oberboden angereichert, während Nickel ausgewaschen wird.

### DCB-Extraktion

Da in den Davoser Serpentinböden keine sekundären Tonminerale feststellbar sind (STICHER et al., 1986), bestehen die pedogenen Mineralien im wesentlichen aus Fe-Oxiden, welche mittels DCB aufgelöst werden können. Die Gehalte an DCB-löslichem Chrom und Nickel in der Feinerde (Abb.2) zeigen ein ähnliches Bild

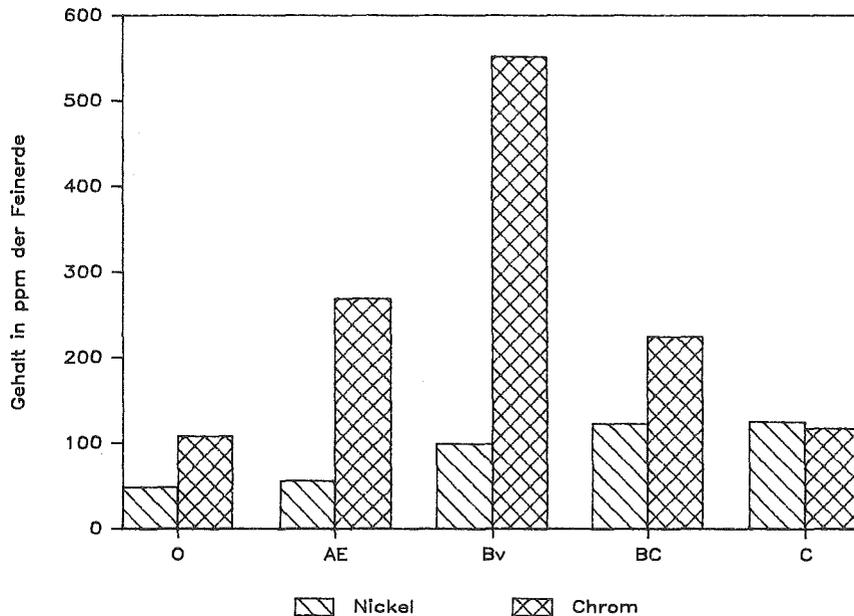


Abb.2: DCB-lösliches Chrom und Nickel im Profil Budlerboden

wie die Totalgehalte. Wiederum ist in der Oxidschicht das Chrom am stärksten im Bv angereichert. Nickel hingegen nimmt in der Verwitterungskruste der Mineralien von oben nach unten kontinuierlich zu. Während im AE-Horizont, dem Ort der intensivsten Verwitterung, fast 50% des Gesamtnickels mit DCB lösbar ist, beträgt dieser Anteil beim Chrom nur etwa 10%. Chrom liegt im Serpentin vor allem als Chromit vor (DIETRICH & SKINNER 1984), welcher selbst bei tropischer Verwitterung praktisch nicht aufgelöst wird (SCHWERTMANN & LATHAM 1986). Nickel hingegen ist als isomorpher Ersatz für Magnesium (MANCEAU & CALAS 1986) vor allem in den Serpentinmineralien lokalisiert, welche relativ gut löslich sind.

Der Hauptanteil des Chroms liegt also im Oberboden noch in den primären Mineralien vor. Das wenige Chrom, das durch Verwitterung freigesetzt wird, wird in der Oxidschicht des Verwitterungshorizontes fixiert, während Nickel im Oberboden zu einem grossen Teil aus den primären Mineralien verschwunden ist und erst im Unterboden in zunehmendem Masse in der Oxidschicht vorkommt.

### Sickerwasser und Quellwasser

Abbildung 3 zeigt die Chrom- und Nickelgehalte von Gravitationswasser aus verschiedenen Horizonten und zum Vergleich Wasser von zwei Quellen. Unter "Input" ist Niederschlags- und Kronentraufwasser gemeint. Die ersten 4 Proben stammen vom alten Profil **Budlerboden**, die nächsten 4 vom jüngeren Profil **Wolfgang** und die letzten beiden von Quellen aus dem Serpentiniteinzugsgebiet. Im Bodeninput konnte praktisch kein Chrom festgestellt werden. Der Gehalt im Gravitationswasser nimmt bei beiden Profilen vom O- zum Bv-Horizont zu und bleibt konstant, um dann im Quellwasser wieder auf etwas mehr als 10 ppb Chrom abzusinken.

Bezüglich der Nickelgehalte unterscheiden sich die beiden Profile deutlich. Bei beiden Profilen ist ein leichter Nickelinput in den Boden feststellbar. Im alten ausgelaugten Boden nimmt der Nickelgehalt im Sickerwasser von oben nach unten kontinuierlich zu, entsprechend der Auflösung von noch unverwittertem Serpentin gegen den Unterboden hin. Im Profil **Wolfgang**, welches im O-Horizont eine frische Serpentinitschluffschicht (Bachschüttung) enthält, äussert sich die Auflösung dieses frischen Materials in einem erhöhten Nickelgehalt im Sickerwasser des Oberbodens. Die Abnahme der Konzentration nach unten ist auf eine Fixierung im Unterboden zurückzuführen. Im Quellwasser erreicht Nickel dann etwa die Konzentration von Chrom. Als Mechanismus der Nickelfixation kann Adsorption und/oder Okklusion von Nickel an Eisenoxihydroxiden angenommen

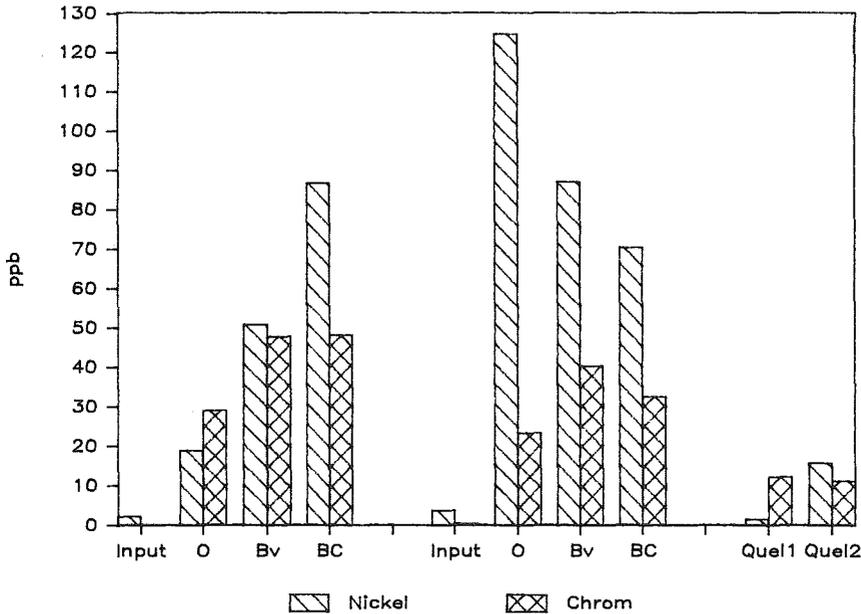


Abb. 3: Chrom- und Nickelgehalte in Gravitations- und Quellwasser.

werden. So steigt die Nickeladsorption bei einem pH-Wert oberhalb 5 exponentiell an, wie GERTH & BRÜMMER (1983) und eigene Adsorptionsexperimente zeigen. Tatsächlich steigen auch in den Profilen die pH-Werte von etwa 5 im Bv auf 6 im BC an.

Berücksichtigt muss ferner werden, dass ein grosser Teil der beiden Schwermetalle im Boden-Gravitationswasser in partikulärer Form verlagert werden (Dialyseversuche ergaben einen Anteil von etwa 70% partikulär). Für die Abnahme der Schwermetallkonzentration im klaren Quellwasser spielt deshalb sicher auch die Ausfiltrierung der Bodenpartikel im Aquifer eine wichtige Rolle.

### Speciation

Tabelle 1 gibt Aufschluss über die dominierenden Chrom- und Nickelspezies. Der grösste Anteil von Chrom liegt als negativ geladene Chromcarbonatkomplexe vor. Je höher der pH-Wert, desto mehr überwiegt  $\text{Cr}(\text{CO}_3)_3^{3-}$ . Einzig im relativ sauren Budlerboden- O-Wasser können andere Komplexe, wie Chromfulvat und Chromhydroxide erwartet werden. Bei Nickel überwiegt, ausser bei den alkalischen Quellwässern, das  $\text{Ni}^{2+}$ -Aqua-Ion. Im basischen Milieu treten sodann

vermehrt Nickelcarbonat und -bicarbonat auf. Ferner zeigt es sich, dass ein Teil des Nickels an Fulvosäuren gebunden ist. Selbst bei hundertfacher Aufkonzentration der Wässer konnten rechnerisch keine Ausfällungen der beiden Schwermetalle festgestellt werden.

Tabelle 1: Speciation von Chrom und Nickel in Graviations- und Quellwasser vom September 1984 (Angaben in %, Entnahme des Wassers jeweils unterhalb des betreffenden Horizontes, Fulv=Fulvosäure):

pCO <sub>2</sub> = 3.5 pFulv ca.5 pH	Budlerboden			Wolfgang			Quelle
	0	Bv	BC	0	Bv	BC	Lar
	5.4	6.6	7.2	7.0	7.1	7.2	8.1
CrCO <sub>3</sub> <sup>+</sup>	29.0						
Cr(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> <sup>-</sup>	24.1	66.6	11.2	23.8	16.1	11.0	
Cr(CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> <sup>3-</sup>		33.3	88.8	76.2	83.9	89.0	100.0
CrOH <sup>2+</sup>	2.0						
Cr(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	1.0						
CrFulv	43.8						
Summe	99.9	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Ni <sup>2+</sup>	78.2	80.8	77.5	77.0	79.5	81.2	31.5
NiHCO <sub>3</sub> <sup>+</sup>		1.7	5.6	3.5	4.6	5.8	16.5
NiCO <sub>3</sub> <sup>0</sup>			2.2	0.9	1.4	2.2	51.2
NiSO <sub>4</sub> <sup>0</sup>	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.1
NiOH <sup>+</sup>			0.2		0.1	0.2	0.5
NiFulv	21.5	17.3	14.2	18.2	14.1	10.2	0.2
Summe	99.9	100.0	100.0	99.9	100.1	100.0	100.0

## SCHLUSSFOLGERUNG

Chrom liegt im Serpentin in schwerverwitterbaren Mineralien vor. Durch Coprecipitation mit Eisen und Aluminium wird es im Verwitterungshorizont angereichert. Der geringe Anteil an gelöstem Chrom wird vorwiegend als negativ-geladener Karbonatkomplex verlagert, und deshalb bei höherem pH nur schwach adsorbiert.

Nickel ist in relativ leichtverwitterbaren Mineralien vorhanden und wird aus dem Oberboden im Laufe der Zeit ausgewaschen. Da es vor allem als zweifach geladenes Aqua-Ion verlagert wird, wird es bei höherem pH im Unterboden stark adsorbiert.

## LITERATUR

- GERTH J. und BRÜMMER G., 1983: Adsorption und Festlegung von Nickel, Zink und Cadmium durch Goethit ( $\alpha$ -FeOOH).  
Fresenius Z. Anal. Chem. **316**, 616-620.
- DIETRICH R.V. und SKINNER B.J., 1984: Die Gesteine und ihre Mineralien: ein Einführungs- und Bestimmungsbuch. Ott, Thun, 357 S.
- JUCHLER S. und STICHER H., 1985: Der Totalpbergsturz aus bodenkundlicher Sicht.  
Geographica Helvetica **40**, 123-132.
- MANCEAU A. und CALAS G., 1986: Nickel-Bearing Clay Minerals: II. Intracrystalline Distribution of Nickel: An X-Ray Absorption Study.  
Clay Minerals **21**, 341-360.
- SCHWERTMANN U. und LATHAM M., 1986: Properties of Iron Oxides in some New Caledonian Oxisols.  
Geoderma **39**, 105-123.
- SPOSITO G. und MATTIGOD S.V., 1980: GEOCHEM: A Computer Program for the Calculation of Chemical Equilibria in Soil Solutions and other Natural Water Systems.  
Kearny Foundation of Soil Science, University of California, Riverside.
- STICHER H., 1978: Chrom- und Nickeldynamik in Serpentinböden.  
Mitt. deutsch. bodenk. Ges. **27**, 239-246.
- STICHER H., GASSER U. und JUCHLER S., 1986: Die Böden auf Serpentin bei Davos - Entstehung, Verbreitung, Eigenschaften.  
Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich **87**, 275-290.

## ROLLE DER EKTOMYKORRHIZA IM STOFFKREISLAUF DER WALDBOEDEN AM BEISPIEL DER PHOSPHORAUFNAHME

---

Janina Polomski  
Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen  
CH-8903 Birmensdorf

### Einführung

Der Stoffkreislauf ist neben dem Energiefluss eine der wichtigsten Funktionen jedes Oekosystems. In diesem Zyklus spielen die Bodenorganismen, u.a. Bakterien und saprophytische Pilze, als Konsumenten und Zersetzer eine Schlüsselrolle. Ektomykorrhizapilze, obwohl zum grossen Teil unfähig, organische Substanz selber zu zersetzen, sind auf andere Weise in den biogeochemischen Zyklen des Waldökosystems beteiligt.

Einige wenige Aspekte regulierender Wirkung der Ektomykorrhiza im Waldökosystem werden am Beispiel der Phosphoraufnahme diskutiert.

### Ektomykorrhiza - kurze Beschreibung

Ektomykorrhizen stellen einen sehr charakteristischen Bestandteil jedes Waldbodens dar. Und dennoch wurden sie bisher in den Transport- und Aufnahmeuntersuchungen kaum berücksichtigt. Bei den meisten Pflanzen liegt eine Vergesellschaftung der Wurzeln mit Pilzen vor, die Mykorrhiza. Bei der Ektomykorrhiza handelt es sich um eine Symbiose zwischen den Feinstwurzeln der Waldbäume und Pilzen, hauptsächlich Basidiomyceten, vertreten durch die Gattungen *Amanita*, *Boletus*, *Cortinarius*, *Lactarius*, *Russula*, etc. (vgl. auch ORSON and MILLER, 1982).

Aeusserlich unterscheiden sich mykorrhizierte Feinwurzeln von unverpilzten durch grösseren Durchmesser und starke Verzweigung. Die Ektomykorrhizen sind angeschwollen und dicht durch einen Pilzmantel umhüllt, aus welchem oft Pilzhyphen in den Boden ausstrahlen oder einen Rhizomorph bilden. Mykorrhizierte Wurzeln bilden keine Wurzelhaare aus, da die Pilzhyphen deren Aufgaben erfüllen, und zwar oft viel effizienter.

Die Mannigfaltigkeit der morphologischen Typen ist sehr gross. An einem einzigen Wurzelstock eines 5-jährigen Fichtensämlings wurden 5 verschiedene Typen identifiziert (POLOMSKI, 1987). Viele der morphologischen Merkmale sind jedoch unstabil und zudem nicht artspezifisch, was eine Mykorrhizabestimmung nach der Pilzart derart erschwert, dass praktisch nur morphologische Typen beschrieben werden.

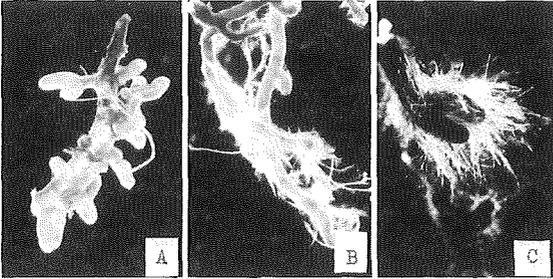


Abb. 1a, b, c  
Drei Ektomykorrhizen der Fichte, die sich bezüglich Verzweigungsgrad und -form, Farbe, Myzel- und Rhizomorphauftreten stark unterscheiden.

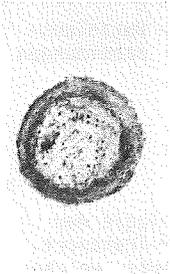


Abb. 2: Querschnitt durch die in Abb. 1a dargestellte Mykorrhiza, gekennzeichnet durch einen dicken Pilzmantel. Die Pilzhyphen zwischen den Rindenzellen bilden das sog. Hartigsche Netz, das sich normalerweise nur bis zum Zentralzylinder ausbreitet.

### Effekt der Ektomykorrhizen auf die Phosphoraufnahme

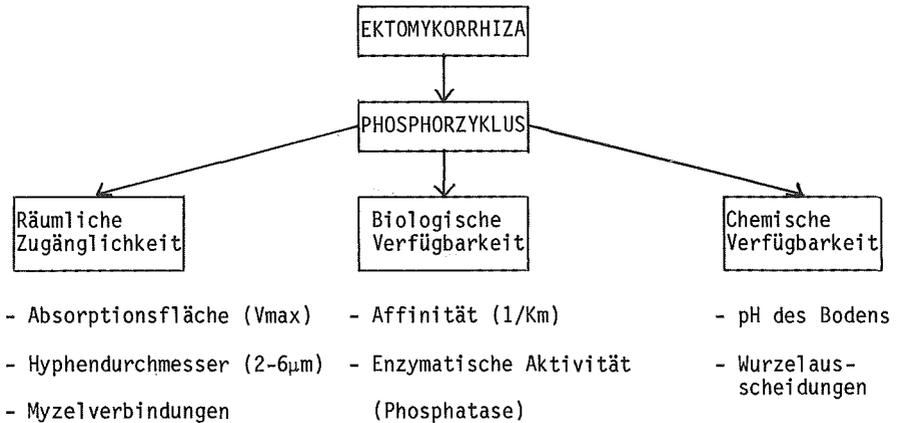
Ektomykorrhizen beeinflussen, je nach Bodenelement, verschiedene Teilprozesse des Stofftransportes: sowohl die Fliessvorgänge, da sie ein effizientes Wasseraufnahmeorgan darstellen, als auch die Quellen-Senken-Vorgänge wie Absorption, Löslichkeit, Mobilisation, da sie ihr unmittelbares Milieu verändern. Damit ist die Charakteristik der Stoffaufnahme in den Waldböden in grossem Ausmass durch Pilzkomponenten bestimmt. Dennoch konzentrieren sich die Untersuchungen betreffend Phosphorverfügbarkeit vor allem auf chemisch-physikalische Aspekte, während die biologischen unberücksichtigt bleiben.

Es ist unbestritten, dass mykorrhizierte Wurzeln mehr Phosphor aufnehmen als asymbiotische. Steigerungsraten bis 900% wurden nachgewiesen (BOWEN and THEODOROU, 1967).

Auch die Phosphorverteilung im Oekosystem deutet auf wichtige Funktionen der Ektomykorrhiza im Phosphorzyklus hin. Obwohl Ektomykorrhizapilze lediglich 3-5% der gesamten Pilzflora des Bodens ausmachen, wurde der höchste P-Anteil, bis 35% des gesamten Phosphors der Waldbäume, in den Ektomykorrhizen gefunden. (FOGEL, 1982).

Worauf ist die hohe Effizienz der Ektomykorrhiza in der P-Aufnahme zurückzuführen?

Versuchen wir das Phänomen zu erklären, indem wir den Begriff "Verfügbarkeit" in mehrere Komponenten aufgliedern und sie analysieren.



### Räumliche Zugänglichkeit

Die räumliche Zugänglichkeit, die vorwiegend durch die Morphologie der Absorptionsorgane bestimmt ist, ist ein wichtiger Faktor im P-Transport.

Viele Ektomykorrhizen bilden im Boden ein dichtes Myzelnetz, welches die Wurzeln innerhalb und ausserhalb des Wurzelstockes miteinander verbindet. Dies ist ein effizientes, sich rasch ausbreitendes (bis 9-15 cm<sup>2</sup>/Tag; FINLAY et al., 1985) zusätzliches Aufnahme- und Transportorgan der Pflanze; <sup>32</sup>P z.B. wurde innerhalb von 84 h bis 40 cm weit transportiert (FINLAY UND READ, 1985). Zudem vermögen die feinen, 3-8  $\mu$ m dicken Pilzhypen (BOWEN, 1968) in die kleinsten Mikrobereiche des Bodens einzudringen. Vermutlich werden selektiv die nährstoffreichen Mikronischen viel dichter durch das Pilzmyzel besiedelt. Diese Myzelklumpen weisen auch besonders hohe P-Konzentrationen auf (FINLAY and READ, 1985).

Die Myzelverbindungen inner- und ausserhalb des Wurzelstockes sowie die selektive Besiedlung, falls sie auch unter natürlichen Bedingungen nachweisbar ist, geben vor allem dem Jungwuchs, aber auch den Pflanzen in extremen Stresssituationen, einen Vorsprung im Konkurrenzkampf um die Nährstoffe.

### Chemische Verfügbarkeit

Der Einfluss der Mykorrhiza auf chemische Vorgänge wie Löslichkeit, Ionenaustausch, Ausfällung, welche den P-Transport im Boden dominieren, ist kaum untersucht worden.

Sicher ist, dass Pilzmetabolite die unmittelbare Umgebung der Wurzeln, die sog. Mykorrhizosphäre, stark beeinflussen. Mykorrhizapilze scheiden neben gasförmigen Substanzen, Wachstumshormonen und Antibiotika auch verschiedene organische Säuren, u.a. Oxalsäure, aus. Diese Säuren verändern

nicht nur das pH im Wurzelbereich, sondern beeinflussen auch durch Bildung von löslichen Chelatkomplexen mit verschiedenen Metallen die Austauschprozesse in der Rhizosphäre.

Die Komplexbildungsprozesse fördern die Phosphorfremsetzung und wirken gleichzeitig präventiv gegen Phosphorausfällung. Dabei ist vor allem die Wechselwirkung mit Al und Fe von Bedeutung (BARTLETT und RIEGO, 1972).

### Biologische Verfügbarkeit

Ektomykorrhizen verfügen über weitere Mechanismen, welche die Effizienz der P-Aufnahme steigern. Dazu zählen:

- enzymatische Aktivität,
- erhöhte Affinität.

Dies ist besonders für diejenigen Mykorrhizotypen wichtig, die entweder kein oder ein schwach ausgebildetes Pilznetz (Hyphennetz) besitzen (vgl. Abb. 1a).

### Phosphatase-Aktivität

Grössere Moleküle, welche nicht direkt in die Zelle eindringen können, werden zuerst durch Exoenzyme, z.B. Phosphatase, enzymatisch gespalten. Organisch gebundener Phosphor wird damit frei und für die Pflanze verfügbar.

Ektomykorrhizen weisen eine 2 bis 40 mal höhere Phosphatase-Aktivität auf, verglichen mit asymbiotischen Wurzeln (Tab.1). Verschiedene Mykorrhizotypen unterscheiden sich diesbezüglich stark voneinander. POLOMSKI (1987) fand unter 12 Typen eine Variationsbreite zwischen 0,24 und 42,4  $\mu\text{Mol Nitrophenol} \cdot \text{g}^{-1} \text{Tg} \cdot \text{min}^{-1}$ . Sogar zwischen den auf dem gleichen Wurzelstock wachsenden Mykorrhizotypen sind grosse Unterschiede beobachtet worden (POLOMSKI 1987).

Tab.1  
Vergleich der Phosphatase-Aktivität (PNPP) in nichtmykorrhizierten (100%) und mykorrhizierten Wurzeln

Pflanze	Pilzart	Zunahme- rate %	Referenz
Salix rotundifolia	Hebeloma pusillum	172	Antibus et al., 1981
	Genococcum geophilum	220	"
	Entoloma sericeum	428	"
Fagus sylvatica	nicht identifiziert	250	Bartlett und Lewis, 1972
Trifolium	Glomus E2	116	Gianinazzi-Pearson und Gianinazzi, 1986
Pinus contorta	Amanita muscaria	114	Dighton, 1983
Reinkultur (Saprophyt als Bezugsgrösse)	- " -	13'622	"
	Lactarius rufus	2'325	"

Es scheint ein Zusammenhang zwischen der Aktivität und den anatomischen Merkmalen des Pilzmantels zu bestehen (ANTIBUS et al., 1981; POLOMSKI, 1987).

Der stimulierende Mykorrhizaeffekt hängt ausserdem von externen Faktoren, vor allem von P-Konzentrationen und -Form ab. Hohe Gehalte an verfügbarem P im Substrat hemmen die Aktivität.

Die Daten in Tab. 2 zeigen Phosphatase-Aktivität und P-Aufnahme von mehreren Mykorrhizapilzen, verglichen mit dem saprophytischen Pilz Marasmius sp., in Abhängigkeit von P-Konzentration und -Form im Substrat. Auffallend sind die tiefen Werte beim saprophytischen Pilz.

Tab.2  
Phosphatase-Aktivität in Abhängigkeit von P-Form und P-Konzentrationen im Substrat

Pilz	Phosphatase-Aktivität ( $\mu\text{g Phenol mg}^{-1}$ Pilz)				PO <sub>4</sub> -P Freisetzung ( $\mu\text{g P mg}^{-1}$ Pilz)	
	P-Konzentration im Substrat (ppm)					
	PO <sub>4</sub> -P		IHP-P+			IHP-P
	10	100	10	100	10	
Paxillus	33,0	20,0	25,0	62,0	63,0	
Lactarius	9,0	30,0	23,0	31,0	86,0	
Suillus	12,0	10,0	10,0	28,0	71,0	
Marasmius	0,4	0,8	0,3	1,6	2,7	

+ IHP = Inositol-Hexaphosphat

### Höhere Affinität

Es gibt einige Hinweise, dass Mykorrhizapilze die Absorptionsparameter der Wurzeln verändern. Die Analyse der P-Absorptionskinetik ergab, dass bei tieferen P-Gehalten (bis  $20 \mu\text{M KH}_2\text{PO}_4$ ) die grössere Absorptionskapazität der Mykorrhizen viel mehr auf eine erhöhte Affinität (kleiner Km-Wert) der verpilzten Wurzeln den P-Ionen gegenüber zurückzuführen ist, als auf die vergrösserte Absorptionsfläche ( $V_{\text{max}}$ ). Erst im Bereich ab  $30 \mu\text{M KH}_2\text{PO}_4$  trug  $V_{\text{max}}$  in grösserem Ausmass zur Absorptionskapazität bei. Der Mykorrhizaeffekt war jedoch durch höhere P-Konzentrationen unterdrückt (CRESS et al., 1979).

### Zusammenfassung

Die Phosphorererschliessung stellt nur einen kleinen, relativ gut erforschten Aspekt der vielseitigen Funktionen der Ektomykorrhiza in den Waldgesellschaften dar. Über die Aufnahme anderer Nährelemente sowie über die protektive Wirkung in Stresssituationen stehen nur wenige Angaben zur Verfügung. Eine gezielte Nutzung der Ektomykorrhizen für den gefährdeten Wald oder für die Wiederaufforstung unter Stressbedingungen erfordert jedoch eine intensive Forschungsaktivität auf diesem Gebiet.

### Résumé

L'assimilation du phosphore ne constitue qu'un aspect restreint mais bien étudié des multiples fonctions que remplissent les mycorrhizes ectotrophes dans la forêt. Par contre, il n'existe que peu d'informations concernant aussi bien l'utilisation d'autres éléments que l'effet protecteur exercé par les mycorrhizes en situation de stress. Une application des ectomycorrhizes en forêt ou dans les reboisements sous des conditions critiques, exige encore une intensification des travaux de recherche dans ce domaine.

### Literatur

- ANTIBUS, R.K., CROXDALE, J.G., MILLER, O.K., and LINKINS, A.E., 1981:  
Ectomycorrhiza fungi of *Salix rotundifolia*. III. Resynthesized mycorrhizal complexes and their surface phosphatase activities. *Journ. of Bot.* 59, 2458-2465.
- BARTLETT, R.J., and RIEGO, D.C., 1972:  
Effect of chelation on the toxicity of aluminum. *Plant and Soil.* 37, 419-423.
- BARTLETT, E.M., and LEWIS, D.H., 1973:  
Surface phosphatase activity of mycorrhizal roots of beech. *Soil Biol. and Biochem.* 5, 249-257.

- BOWEN, G.D., and THEODOROU, 1967:  
Studies on phosphate uptake by mycorrhizas. Proc. Inf. Union For. Res. Org. 14, S. 116.
- BOWEN, G.D., 1968:  
Phosphate uptake by mycorrhizas and uninfected roots of *Pinus radiata* in relation to root distribution. Trans. Int. Congr. Soil Sci. 9th. 2, S. 219.
- CRESS, W.A., THRONEBERRY, G.O., and LINDSEY, L.D., 1979:  
Kinetic of phosphorus absorption by mycorrhizal and nonmycorrhizal tomato roots. Plant Physiol. 64, 484-487.
- DIGHTON, J., 1983:  
Phosphatase production by mycorrhizal fungi. Plant and Soil. 71, 455-462.
- FINLAY, R.D., and READ, D.J., 1985:  
The uptake and distribution of phosphorus by ectomycorrhizal mycelium. Proceed. of 1st. ESM/SEM, Dijon, S. 351-353.
- FINLAY, R.D., SÖDERSTRÖM, B., and READ, D.J., 1985:  
Factors influencing the flux of carbon through ectomycorrhizal mycelium forming inter plant connections. Proc. of 1st. ESM/SEM, Dijon, S. 301-306.
- FOGEL, R., and HUNT, G., 1982:  
Contribution of mycorrhizae and soil fungi to nutrient cycling in Douglas-fir ecosystem. Can. J. Res. 13, 219-232.
- GIANINAZZI-PEARSON, V., and GIANINAZZI, S., 1985:  
The physiology of improved phosphate nutrition in mycorrhizal plants. Proceed. 1st. ESM/SEM, Dijon, S. 101-109.
- ORSON, K., and MILLER, J.R., 1982:  
Taxonomy of ecto- and ectendomycorrhizal fungi. In: Methods and principles of mycorrhizal research. N.C. Schenck, ed. Amer. Phyt. Soc. Univ. Florida, S. 234.
- POLOMSKI, Janina, 1987:  
Variation in the acid phosphatase activity of morphologically different mycorrhizal types on naturally growing spruce seedlings. For. Ecol. Manage. (in Vorbereitung).

## 10 JAHRE BODENKARTIERUNG 1:25'000

---

Moritz Müller und Urs Zihlmann

Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau, 8046 Zürich-Reckenholz

### 1. EINLEITUNG

Das Projekt "Bodenkarte 1:25'000" wurde 1977 als längerfristiges Projekt des Bundes an der Forschungsanstalt Reckenholz begonnen. Die Karte sollte mithelfen, die Ansprüche des Landbaus bei der Raumplanung zu begründen, um der Landwirtschaft die fruchtbarsten Böden zu erhalten. Gleichzeitig sollte sie aber auch der Forstwirtschaft, der landwirtschaftlichen Beratung und dem Umweltschutz dienen. Betreut wird das Projekt im wesentlichen durch zwei Agronomen und einen Forstingenieur, welcher für die Kartierung der Waldflächen zuständig ist und heute hauptsächlich durch die EAFV Birmensdorf finanziert wird.

Bis 1986 wurden 7 Blätter mit den dazugehörigen Berichten publiziert: Uster (1981), Hochdorf (1983), Lyss (1984), Hörnli (1985), Grindelwald (1985, in Zusammenarbeit mit dem geogr. Institut der Uni Bern), Wohlen (1986) und Murten (1986, in Zusammenarbeit mit der EPF Lausanne und dem kantonalen Forstamt Freiburg). Ende 1987 sollen mit Zürich, Zurzach und Luzern insgesamt 10 Blätter vorliegen.

Das Projekt wurde für 10 Jahre bewilligt und muss dieses Jahr erneuert werden. Wir nehmen dies zum Anlass für einen kritischen Rückblick. Deshalb wurde Ende 1986 unter den Empfängern und bisherigen Benützern der Karte eine Umfrage durchgeführt. In den Abschnitten 4 und 5 werden die wichtigsten Ergebnisse dieser Umfrage präsentiert.

### 2. INHALT UND AUFBAU DER KARTEN

Die Bodenkarte 1:25'000 hat recht unterschiedlichen Anforderungen zu genügen. Das Spektrum der potentiellen Benutzer reicht vom interessierten Laien bis zum spezialisierten Bodenkundler. Nur eine leichtverständliche und anwendungsorientierte Karte findet in der Raumplanung und bei andern bodenbezogenen Tätigkeiten auch wirklich Verwendung. Gleichzeitig soll die Karte aber auch dem Naturwissenschaftler als Grundlage für seine Forschungsarbeit dienen.

Oekologisch und pflanzenbaulich wichtigste Bodeneigenschaften sind der Wasserhaushalt und die pflanzennutzbare Gründigkeit. Deshalb wurden Böden mit ähnlichem Wasserhaushalt und ähnlicher Gründigkeit in Gruppen zusammengefasst und auf der Karte gleich eingefärbt. Die Benennung dieser Gruppen in der Kartenlegende ist möglichst allgemeinverständlich gehalten

(Tab. 1). Gleichzeitig ist jede einzelne Teilfläche auf der Karte mit einem Buchstaben-Zahlen-Code versehen, aus welchem sich nicht nur der Bodentyp, sondern auch die Hangneigung und die Oberflächengestalt herauslesen lassen. Die ausführliche Legende im Bericht zur Bodenkarte gibt für jede Einheit zusätzlich die Untertypbezeichnung, den Skelettgehalt und die Feinerdekorung an.

Tab. 1. Legendenaufbau der Bodenkarte 1:25'000 (vereinfacht). In Klasse 1 sind die nicht oder wenig vernässen, in den Klassen 2 und 3 die eigentlichen Nassböden eingeteilt.

Benennung in der Legende	Häufigste Bodentypen
1. Senkrecht durchwaschene Böden	
a) Normal durchlässige Böden*	Braunerden, Rendzina, Podsol
b) Mässig staunasse Böden*	do., aber Untertyp pseudogleyig
c) Mässig grund-/hangnasse Böden*	do., aber Untertyp gleyig
* Weiter unterteilt nach physiologischer Gründigkeit	
2. Staunasse Böden	Pseudogleye
Weiter unterteilt nach Vernässungs- grad und physiologischer Gründigkeit	
3. Grund-/hangnasse Böden	Gleye, Moorböden
Weiter unterteilt nach Vernässungs- grad und physiologischer Gründigkeit	

### 3. BEISPIELE VON FLÄCHENAUSWERTUNGEN

In Abbildung 1 werden die Flächenanteile der verschiedenen Wasserhaushalts- und Gründigkeitsstufen in 3 Mittellandblättern verglichen.

Die Blätter Wohlen und Lyss sind typisch für Mittellandgebiete mit ausgeglichenem Niederschlagshaushalt und Jahresniederschlägen zwischen 900 und 1100 mm. Der Anteil der normal durchlässigen, tiefgründigen Böden liegt in beiden Blättern bei 50 % der kartierten Fläche. Im Blatt Wohlen nehmen die Nassböden (staunasse und grundnasse Böden) und die mässig vernässen Böden (mässig staunasse und mässig grundnasse Böden) zusammen ein Viertel, im Blatt Lyss dagegen rund die Hälfte der Fläche ein. Dieser Unterschied ist durch die unterschiedliche Geologie der beiden Gebiete zu erklären. Im Blatt Wohlen finden sich neben Moräne und Molasse auch ausgedehnte Schotterflächen. Im Blatt Lyss besteht das Ausgangsmaterial vorwiegend aus Moräne (oft vom Gletscher gepresst, mit Grundmoränencharakter), Molasse und - in der Talebene der Alten Aare - aus nacheiszeitlichen Fluss- und Seesedimenten. Während auf Schotter vorwiegend tiefgründige, gut drainierte Böden entstehen, bilden sich auf der schlecht durchlässigen Grundmoräne und in Talsohlen mit hohem Grundwasserstand häufig grund-, hang- oder stauwasserbeeinflusste Böden.

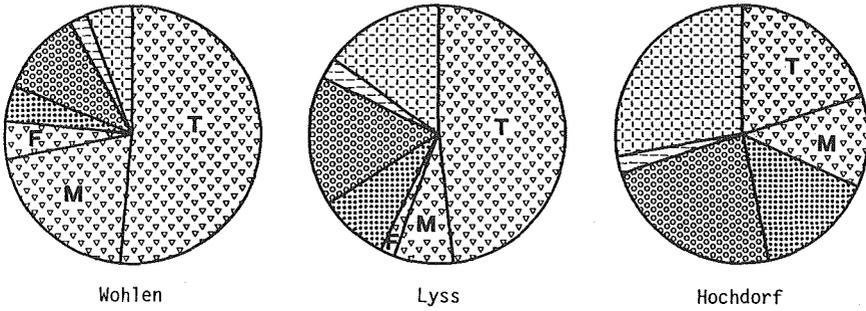


Abb. 1. Flächenanteile der verschiedenen Wasserhaushalts- und Gründigkeitsstufen in 3 Mittellandblättern der Bodenkarte 1:25'000.

1. Senkrecht durchwaschene Böden



- a) Normal durchlässige (nicht vernässte) Böden  
 T: tiefgründig bis sehr tiefgründig (>70 cm)  
 M: mässig tiefgründig (50 - 70 cm)  
 F: ziemlich flachgründig bis flachgründig (<50 cm)



- b) Mässig staunasse (pseudogleyige) Böden



- c) Mässig grund-/hangnasse (gleyige) Böden



2. Staunasse Böden (Pseudogleye)



3. Grund-/hangnasse Böden (Gleye, Moorböden)

Das Blatt Hochdorf liegt im mässig feuchten Mittelland mit Niederschlägen zwischen 1100 und 1300 mm. Der Anteil der normal durchlässigen, tiefgründigen Böden ist hier mit 20 % gering. Nassböden und mässig vernässte Böden machen je ein Drittel der kartierten Fläche aus. Gründe dafür sind nicht nur die höheren Niederschläge, sondern auch das Ausgangsmaterial, das zu einem beträchtlichen Teil aus tonreicher, schlecht durchlässiger Grundmoräne besteht.

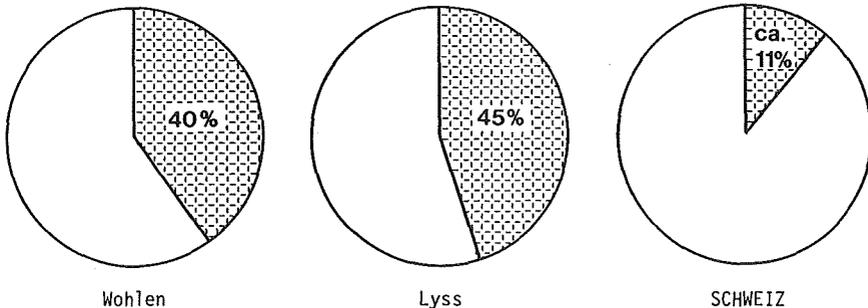


Abb. 2. Anteil der Fruchtfolgeflächen in den Kartenblättern Wohlen und Lyss und an der Gesamtfläche der Schweiz.

Auf der Grundlage der Bodenkarte können verschiedene Auswertungen erstellt werden. Ein aktuelles Beispiel ist die Ausscheidung von Fruchtfolgeflächen. Abbildung 2 zeigt den Fruchtfolgeflächen-Anteil in den Kartenblättern Lyss und Wohlen und an der Gesamtfläche unseres Landes. Er liegt in Mittellandgebieten mit ausgeglichenem Niederschlagshaushalt in der Regel zwischen 40 und 50 %.

#### 4. BISHERIGE VERWENDUNG DER KARTEN - ERGEBNISSE EINER UMFRAGE

Um über die bisherige Verwendung der Bodenkarte 1:25'000 Aufschluss zu erhalten, führten wir im Herbst 1986 eine Umfrage unter den Gratisbezügern und ausgewählten Käufern durch. Die Befragten hatten sich nicht nur über ihre bisherigen Erfahrungen mit der Karte, sondern auch grundsätzlich über eine Weiterführung des Projektes zu äussern. Auch Aenderungsvorschläge und Anregungen aller Art waren erwünscht.

Von den insgesamt 225 Fragebogen wurden 157 retourniert (Rücklaufquote 70 %). Auf die Frage, ob sie die Bodenkarte bereits benützt hätten, antworteten 104 der Befragten mit Ja. Sie waren für die Auswertungen von besonderem Interesse. Die restlichen 53 hatten noch keine Verwendung für die Karte: Meistens war ihr Arbeitsgebiet nicht durch die Karte abgedeckt (24 Fälle) oder es bot sich bisher keine Anwendungsmöglichkeit (21 Fälle).

Tab. 2. Anwendungsbereiche der Bodenkarte 1:25'000  
(Umfrage Herbst 1986)

Anwendungsbereich	Anzahl Antworten*
Landwirtschaft	29
Beurteilung der Eignung des Bodens, v.a. als Fruchtfolgefläche	24
Beurteilung der Belastbarkeit des Bodens für Gülle	5
Planung	23
Forstwirtschaft	7
Naturschutz	7
andere Bereiche	9
Unterricht (Primar- bis Hochschule)	16
Naturwissenschaften, Forschung	15
Strassenbau, Bauwesen, Kiesabbau	7
Umweltverträglichkeitsprüfungen	3
Privates Interesse	18

\* Mehrfachantworten möglich

Am häufigsten gelangte die Karte in der Landwirtschaft und bei Planungsfragen zum Einsatz (Tab. 2). Aber auch Unterricht und Forschung sind wichtige Anwendungsgebiete. In 3 Fällen wurde die Karte bereits für Umweltverträglichkeitsprüfungen eingesetzt, ein Anwendungsbereich, welcher

in den nächsten Jahren noch an Bedeutung gewinnen dürfte. Erstaunlich hoch ist die Zahl der privaten Interessenten.

23 der 104 Benützer (22 %) hätten die mit Hilfe der Bodenkarte durchgeführten Arbeiten nicht ohne diese Unterlage ausführen können, weitere 50 oder 48 % nur mit eigenen Erhebungen. Hier ersparte die Bodenkarte zeit- und kostenaufwendige Feldaufnahmen.

Gewisse Schwierigkeiten ergaben sich beim Versuch, die Bodenkarte 1:25'000 zur Lösung detaillierter, grundstückbezogener Probleme einzusetzen (Bodenbewertung, Meliorationsmassnahmen). 1:25'000 ist in erster Linie ein Uebersichtsmassstab, welcher zwar die Darstellung wichtiger Einzelheiten erlaubt, für eine grundstückbezogene Bodenbeurteilung aber doch zu klein ist (1 cm<sup>2</sup> auf der Karte entspricht 6,25 ha). Die Karten lassen sich jedoch mit relativ wenig Feldarbeit verfeinern. Dies zeigt beispielsweise die landwirtschaftliche Eignungskartierung im Massstab 1:5 000, welche in der Region Wohlen von Mitarbeitern der Abteilung Landwirtschaft des Kantons Aargau durchgeführt wurde. Solche Arbeiten lassen sich allerdings nicht ohne bodenkundliche Kenntnisse ausführen.

## 5. AUSBLICK

Fast alle (88 %) an der Umfrage beteiligten Personen und Institutionen sind an einer Weiterführung des Projektes "Bodenkarte der Schweiz 1:25'000" interessiert. Die grösste Nachfrage gilt den Blättern aus dem Mittelland, da dort nicht nur die fruchtbarsten, sondern auch die am meisten gefährdeten Böden unseres Landes liegen. Mit den heute zur Verfügung stehenden Mitteln ist die Forschungsanstalt Reckenholz jedoch kaum in der Lage, mehr als ein Kartenblatt pro Jahr fertigzustellen. Somit würde sich - ohne einen vermehrten Einsatz von Drittgeldern - allein die Kartierung der rund 40 noch verbleibenden Mittellandblätter weit bis ins nächste Jahrhundert hinein ziehen ...

85 % der Befragten beurteilten die Karten als gut lesbar. Einzig die schlechte Unterscheidbarkeit von Feld- und Waldareal wurde da und dort bemängelt. Grundsätzliche Aenderungen in der Kartendarstellung drängen sich nicht auf.

Im Gegensatz zu den geologischen Karten sind die Bodenkarten 1:25'000 noch recht wenig bekannt. Ihre Verbreitung und Anwendung kann nur mit vermehrter Oeffentlichkeitsarbeit gefördert werden. Dazu gehören noch bessere Interpretationshilfen und Kurse, welche die potentiellen Anwender mit der Karte vertraut machen. Auch die Ausarbeitung "pfannenfertiger" Interpretationskarten (z.B. Eignungskarten für Land- und Forstwirtschaft) ist geplant.

## ZUSAMMENFASSUNG

Das Projekt "Bodenkarte der Schweiz 1:25'000" wurde 1977 von der Forschungsanstalt Reckenholz in Angriff genommen. Ende 1987 werden 10 Kartenblätter vorliegen. Die Karten sind nach den ökologisch wichtigsten Bodeneigenschaften Wasserhaushalt und physiologische Gründigkeit eingefärbt, enthalten jedoch neben weiteren wichtigen Merkmalen auch Angaben

über Hangneigung und Oberflächengestalt. Häufigste Anwendungsbereiche sind Landwirtschaft, Planung, Unterricht und Forschung. Für grundstückbezogene Fragestellungen sind die Karten zu kleinmassstäbig; sie lassen sich jedoch mit verhältnismässig geringem Aufwand verfeinern. Zur besseren Bekanntmachung ist eine vermehrte Oeffentlichkeitsarbeit nötig.

#### RESUME

Le projet "Carte des sols de la Suisse au 1:25'000" a été entrepris en 1977 par la Station de recherches agronomiques de Reckenholz. 10 feuilles seront publiées à la fin de 1987. Les cartes sont coloriées d'après les plus importantes caractéristiques écologiques des sols, le régime en eau et la profondeur physiologique; mais elles fournissent en plus des indications sur d'autres propriétés importantes des sols, ainsi que sur la valeur de la pente et le modelé de la surface du terrain. Ces cartes sont le plus souvent utilisées en agriculture, en planification, pour l'enseignement et la recherche. Leur échelle est trop petite pour travailler au niveau de la parcelle, mais elles peuvent, à relativement bon compte, servir de base pour des études plus détaillées. Une information plus intensive auprès du public est nécessaire pour faire mieux connaître ces cartes.

EINFLUSS LANGJAEHRIGER BEWIRTSCHAFTUNGSMASSNAHMEN - FRUCHTFOLGE, DUENGUNG,  
HERBIZIDEINSATZ - AUF BODENPHYSIKALISCHE PARAMETER

---

W.G. STURNY<sup>1</sup>, E.R. KELLER UND F. SCHWENDIMANN, INSTITUT FUER PFLANZENWISSEN-  
SCHAFTEN, ETH, CH-8092 ZUERICH

## 1. EINLEITUNG

Der Strukturwandel in der Landwirtschaft als Folge des zunehmenden ökonomischen Druckes hat eine Spezialisierung und Rationalisierung in der modernen Pflanzenproduktion gefördert. Diese Entwicklung ist gekennzeichnet durch einseitig ausgerichtete, artenarme Fruchtfolgen sowie durch intensiven Einsatz von Mineraldüngern und bioziden Hilfsstoffen. Unter diesem Gesichtspunkt stellt sich die Frage, welche Auswirkungen dabei auf die Erhaltung der Ertragsfähigkeit des Bodens auf lange Sicht entstehen.

Im Rahmen eines langfristig konzipierten Feldversuches werden durch das Institut für Pflanzenwissenschaften der ETH auf einem Grundstück der Eidg. Forschungsanstalt (FAT) in Tänikon/TG periodische Vergleichsuntersuchungen durchgeführt, um den Einfluss von - zum Teil extremen - Fruchtfolge-, Düngungs- und chemischen Unkrautbekämpfungsmassnahmen auf biologische, chemische und physikalische Parameter des Ertragspotentials eines Bodens festzustellen. Letztere werden charakterisiert durch Parameter wie Aggregatstabilität, volumetrische Bodenfeuchtigkeit, scheinbare Dichte und Porengrössenverteilung.

## 2. MATERIAL UND METHODEN

### 2.1 Versuchstechnische Angaben

Das Versuchsgelände liegt auf 536 m ü.M. Nach seiner Textur ist der Boden ein toniger Lehm mit einem Humusgehalt von ca. 5,5 % und einem pH (KCl) von 7. Das Versuchskonzept ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

---

<sup>1</sup> z.Z. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon/TG

Tab. 1: Konzept des Feldversuches zur Erhaltung der Ertragsfähigkeit des Bodens auf lange Sicht

Faktor	Teilversuch I		Teilversuch II		
Herbizidgruppe	Harnstoffderivate		Triazinderivate		
Herbizidstufe (H)	sparsam bzw. angepasst (1) normale Dosierung (2) doppelte Dosierung (3)		sparsam bzw. angepasst (1) normale Dosierung (2) doppelte Dosierung (3)		
Düngung (D)	organisch-mineralisch (om) mineralisch (m)		organisch-mineralisch (om) mineralisch (m)		
Fruchtfolge (F)	Praxisüblich (P)	Getreidebetont (G)	Praxisüblich (P)	Getreidebetont (G)	Maisbetont (M)
Anbaujahr (1.-3. Rotation)	↓	↓	↓	↓	↓
1973 1978 1983	W <sup>1</sup>	W	W	W	W
1974 1979 1984	K	SW	K	SW	AB
1975 1980 1985	SG m.E.	SG	SG m.E.	SG	M
1976 1981 1986	KW	M	KW	M	M
1977 1982 1987	KW	AB	KW	AB	M
1978 1983 1988	W	W	W	W	W

<sup>1</sup>AB = Ackerbohnen; K = Kartoffeln; KW = Kunstwiese; M = Mais; m.E. = mit Einsaat einer Kleeegrasmischung; SG = Sommergerste; SW = Sommerweizen; W = Weizen

Im Vergleich stehen folgende Hauptfaktoren:

- Drei fünfjährige Fruchtfolgen: Eine praxisübliche (40 % Klee gras), eine getreidebetonte (60 % Getreide) und eine maisbetonte (60 % Mais).
- Zwei Düngungsvarianten: Eine ausschliesslich mineralische und eine kombiniert organisch-mineralische.
- Zwei Bodenherbizid-Wirkstoffgruppen mit je drei Herbizidstufen: Harnstoff- und Triazinderivate bei sparsamer (= Kontrollverfahren mit Kontakt-/Wuchsstoffpräparaten), normaler und doppelter Dosierung jährlich angewendet.

Die Versuchsanlage entspricht einem "split-split-plot design" und umfasst bei 6 Wiederholungen und 30 Einzelverfahren total 180 Parzellen à je 84 m<sup>2</sup> (SRZEDNICKI, KELLER und SCHWENDIMANN, 1978).

1971 bis 1973 erfolgte die parzellenweise Charakterisierung des Versuchsgrundstückes, die fortan die Vergleichsbasis für die in Abständen von fünf Jahren durchgeführten Gesamtuntersuchungen abgibt (SRZEDNICKI, 1977). Nach der ersten Fruchtfolgeperiode kam MAILLARD (1981) 1978 zur beruhigenden Schlussfolgerung, dass die Ertragsfähigkeit des Bodens durch extreme Versuchsverfahren noch nicht - oder nicht wesentlich - beeinträchtigt wurde.

Die nach zehnjähriger Versuchsdauer 1983 erzielten Resultate werden im folgenden auszugsweise behandelt. Dabei wird berücksichtigt, dass das im Frühjahr 1983 applizierte Triazinherbizid besonderer Umstände wegen (Fräs-Band-saat, mangelnde Positionselektivität und ausgiebige Niederschläge) phytotoxische Schäden an der einheitlichen Winterweizen-Testkultur (cv. Zenith) verursacht und somit zu einer nicht erwarteten experimentellen Beeinträchtigung verschiedener Untersuchungsfaktoren geführt hat.

## 2.2 Bodenphysikalische Untersuchungen

Die zur Ermittlung der **Aggregatstabilität** benutzte Methode ist detailliert bei SRZEDNICKI und KELLER (1984) beschrieben und beruht auf der Bestimmung der Sackungsstabilität. Durch rasche Auf- und Abbewegung mit Hilfe eines Stampfvolumeters erfolgt eine Einwirkung des Eigengewichts von Bodenaggregaten.

Die **volumetrische Bodenfeuchtigkeit** und die **scheinbare Dichte** wurden parallel dazu bestimmt (STURNY, 1987). Die Multiplikation des im Labor ermittelten gravimetrischen Wassergehaltes mit der scheinbaren Dichte ergibt die Bodenfeuchtigkeit in Vol.%. Die scheinbare Dichte ist die Masse der festen Bestandteile bezogen auf das gesamte Bodenvolumen.

Die Methode zur Bestimmung der **Porengrößenverteilung** basiert auf der Ermittlung der Desorptionskurve und ist bei SRZEDNICKI (1976) eingehend beschrieben. Das Prinzip beruht auf der schrittweisen Entwässerung zuvor wassergesättigter Bodenproben durch Luftdruck.

## 3. RESULTATE UND DISKUSSION

### 3.1 Aggregatstabilität

Von den untersuchten Versuchsfaktoren löste die organisch-mineralische Düngungsvariante eine - zwar minime aber dennoch signifikante ( $P=0,01$ ) - aggregatstabilisierende Wirkung aus, die sich bereits nach der ersten Fruchtfolgeperiode einstellte (Fig. 1). Nach Abschluss der zweiten Fruchtfolgeperiode blieb diese Reaktion im Triazinversuch - im Gegensatz zum Harnstoffversuch (Resultate nicht dargestellt) - aus. Im Vergleich zum Kontrollverfahren der Herbizidstufe 1 verursachte die normal bzw. doppelt dosierte Applikation des Triazinderivates unerwartet grosse Phytotoxizitätsschäden, was sich in einer signifikanten Abnahme der Aggregatstabilität auswirkte - dies unabhängig vom

## TRIAZINVERSUCH: AGGREGATSTABILITÄT

	1973	1978	1983
FRUCHTFOLGE	P 100 % = 318.0 S <sup>1</sup>	P 100 % = 307.6 S	P 100 % = 316.8 S
	G 99.1 %	G 99.5 %	G 99.1 %
	M 99.1 %	M 99.4 %	M 98.7 %
DUENGUNG	om 100 % = 316.9 S	om 100 % = 308.0 S	om 100 % = 315.1 S
	m 99.5 %	m 99.1 %	m 99.6 %
HERBIZID-STUFE	1 100 % = 317.8 S	1 100 % = 307.4 S	1 100 % = 317.5 S
	2 99.2 %	2 99.6 %	2 98.7 %
	3 99.3 %	3 99.6 %	3 98.5 %

Fig. 1: Aggregatstabilität (Index S, 0-20 cm) in den drei Vergleichsjahren im Triazinversuch unter dem Einfluss von Fruchtfolge, Düngung und Herbiziden

(Fruchtfolge : P=Praxisüblich, G=Getreidebetont, M=Maisbetont;  
 Düngung : om=organisch-mineralisch, m=mineralisch;  
 Herbizidstufe: 1=sparsam, 2=normal, 3=doppelt)

<sup>1</sup>zunehmender Index S bedeutet Verbesserung der Aggregatstabilität

Düngungsregime. Dieser Momenteffekt war dem fehlenden Pflanzenbewuchs und somit der schwach durchwurzelten und schlecht geschützten Ackerkrume zuzuschreiben.

### 3.2 Volumetrische Bodenfeuchtigkeit

Die Parzellen der praxisüblichen Fruchtfolge wiesen Anfang Juni 1983 geringere Bodenfeuchtigkeitsgehalte auf als diejenigen der getreide- und maisbetonten Fruchtfolge (Resultate nicht dargestellt). Diese Feststellung ist mit den gesichert höheren Bestandesdichten in den Parzellen der praxisüblichen Fruchtfolge zu begründen, die dadurch grössere Mengen an Bodenwasser nutzen. Das differenzierte Düngungsregime beeinträchtigte die Feuchtigkeitsgehalte nicht. Dagegen wiesen die mit doppelter Herbiziddosierung behandelten Parzellen im Triazinversuch - im Vergleich zur normalen Dosierung - die signifikant höchsten Gehalte auf, welche infolge starker Phytotoxizitätsschäden mit dem geringeren Wasserbedarf der Pflanzen übereinstimmen.

### 3.3 Scheinbare Dichte

Im Vergleich zur praxisüblichen Fruchtfolge verursachte das langjährig angewendete Bewirtschaftungssystem eine signifikante Zunahme der scheinbaren

Dichte um 10 % ( $P=0,001$ ) in der maisbetonten Fruchtfolge und um 3 % ( $P=0,05$ ) in der getreidebetonten (Resultate nicht dargestellt). Bei letzterem Fruchtfolgetyp vermochten die regelmässig eingearbeiteten organischen Substanzen wie Pflanzenrückstände und Festmist - im Vergleich zu den Mineraldüngern - die Dichtlagerung der Bodenbestandteile zu vermindern.

### 3.4 Porengrößenverteilung

Wiesen die verschiedenen Versuchsfaktoren beider Teilversuche im Startjahr 1973 eher unausgeglichene Grobporenanteile auf, so stellten wir nach nur wenigen Jahren (1978) ein Einpendeln und nach zehnjähriger Versuchsdauer (1983) markante Resultate fest (Fig. 2): Im Vergleich zur praxisüblichen Fruchtfolge - mit dem grobporenfördernden zweijährigen Klee grasbestand - bewirkte die getreidebetonte eine statistisch gesicherte Reduktion der Grobporenanteile ( $P=0,05$ ), und diese wiederum hob sich signifikant von der am wenigsten Grobporen aufweisenden maisbetonten Fruchtfolge ab ( $P=0,05$  bzw.  $0,01$ ). Folglich nahm der Bereich der engen Mittelporen (690 - 15000 cm WS) mit schwer pflanzenverfügbarem Wasser zu. Eine Weiterentwicklung in diese Richtung könnte sich zunehmend negativ auf das Pflanzenwachstum auswirken, da bei einem weiteren Rückgang der Grobporen die Durchlüftung zum limitierenden Faktor werden könnte. Auf unserem ohnehin reichlich mit Wasser versorgten tonigen Lehmboden (langjähriges Niederschlagsmittel: 1186 mm) würde eine Verbesserung des Wasserhaushaltes, das heisst höhere Anteile an wasserspeichernden Mittelporen auf Kosten der Grobporen (vgl. Tab. 2), eine Verschlechterung des Lufthaushaltes nach sich ziehen. Bei zunehmend anaeroben Verhältnissen könnte sich der  $O_2$ -Nachschub und der  $CO_2$ -Wegtransport im Wurzelraum als ungenügend erweisen. Demgegenüber kommen wir mit den Auswirkungen einer mehrjährigen Klee graswiese unserer Zielvorstellung näher, nämlich der "Entstehung von eigentlichen 'Poren' vor allem durch grabende, wühlende Tiere oder infolge absterbender Wurzeln" (FLUEHLER, 1985). Die besten Porenverhältnisse in den Parzellen der praxisüblichen Fruchtfolge deckten sich denn auch mit den von WEISSKOPF (1986) ermittelten höchsten Kennwerten für bodenbiologische Aktivität, Regenwurmbesatz und Humusgehalt.

Die Applikation von Bodenherbiziden in doppelter Dosierung bewirkte gegenüber der Kontrolle eine tendenzielle Abnahme der Grobporen. Der unverhofft zunehmende Trend dieses bodenphysikalischen Parameters beim Triazinversuch

Tab. 2: Porengrößenverteilung (10 - 15 cm, Vol.% bzw. [in % des GPV]) auf organisch-mineralisch gedüngten Parzellen im Triazinversuch unter dem Einfluss von Fruchtfolge und Herbiziden nach 10-jähriger Versuchsdauer, 12. Juli 1983

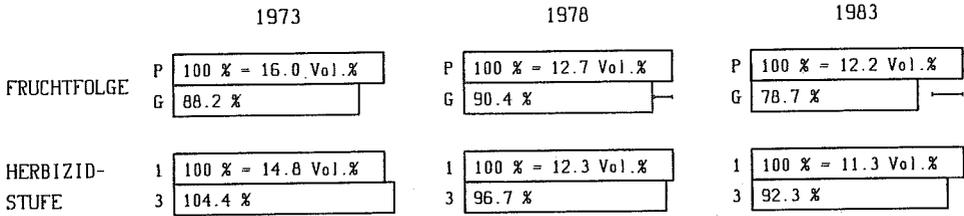
Parameter Verfahren	Gesamtporenvol. (GPV) 1 cm WS <sup>1</sup>		Groporen (GP) 1-80 cm WS		Mittelporen (MP) 690-15000 cm WS		GP + MP 1-15000 cm WS	Feinporen >15000 cm WS				
	Vol. %	[relativ]	Vol. %	[% GPV]	Vol. %	[% GPV]	Vol. %	[% GPV]				
<b>p<sup>2</sup></b>	54.2	[100]	10.5	[19.4]	3.7	[6.8]	14.9	[27.5]	18.6	[34.3]	[53.7]	[46,3]
<b>G</b>	55.7	[100]	8.9	[16.0]	3.8	[6.7]	16.9	[30.3]	20.6	[37.0]	[53.0]	[47,0]
<b>M</b>	54.0	[100]	7.0	[13.0]	3.6	[6.6]	17.7	[32.8]	21.3	[39.4]	[52.4]	[47,6]
F-Test/kgD	*/1.4		**/2.2		n.s./-		*/1.9		*/2.0			
<b>1<sup>3</sup></b>	53.1	[100]	8.7	[16.4]	3.5	[6.6]	15.7	[29.6]	19.2	[36.2]	[52.6]	[47,4]
<b>3</b>	56.2	[100]	8.9	[15.8]	3.9	[6.9]	17.3	[30.8]	21.2	[37.7]	[53.5]	[46,5]
F-Test/kgD	***/2.4		n.s./-		n.s./-		*/1.2		**/1.6			
<b>P1</b>	52.9	[100]	10.8	[20.4]	3.5	[6.6]	14.4	[27.2]	17.9	[33.8]	[54.2]	[45,8]
<b>G1</b>	55.0	[100]	8.3	[15.1]	3.8	[6.9]	16.5	[30.0]	20.3	[36.9]	[52.0]	[48,0]
<b>M1</b>	51.4	[100]	7.2	[14.0]	3.3	[6.4]	16.1	[31.3]	19.4	[37.7]	[51.7]	[48,3]
<b>P3</b>	55.5	[100]	10.3	[18.6]	3.9	[7.0]	15.4	[27.8]	19.3	[34.8]	[53.4]	[46,6]
<b>G3</b>	56.4	[100]	9.6	[17.0]	3.7	[6.6]	17.2	[30.5]	20.9	[37.1]	[54.1]	[45,9]
<b>M3</b>	56.5	[100]	6.9	[12.2]	4.0	[7.1]	19.3	[34.1]	23.3	[41.2]	[53.4]	[46,6]
F-Test/kgD	n.s./-		n.s./-		n.s./-		n.s./-		*/1.9			

<sup>1</sup> WS = Wassersäule (Saugspannung)

<sup>2</sup> Fruchtfolge: P = Praxisüblich, G = Getreidebetont, M = Maisbetont

<sup>3</sup> Herbizidstufe: 1 = sparsam, 3 = doppelt

## HARNSTOFFVERSUCH: GROBPORENANTEIL



## TRIAZINVERSUCH: GROBPORENANTEIL

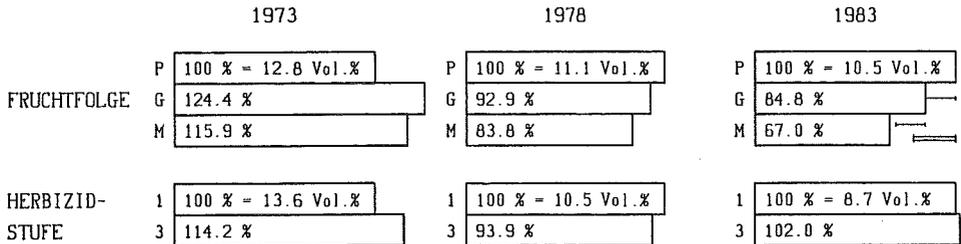


Fig. 2: **Grobporenanteil** (Vol.%, 10-15 cm) in den drei Vergleichsjahren auf organisch-mineralisch gedüngten Parzellen im **Harnstoff-** und **Triazin-**versuch unter dem Einfluss von Fruchtfolge und Herbiziden  
(Fruchtfolge : P = Praxisüblich, G = Getreidebetont, M = Maisbetont; Herbizidstufe: 1 = sparsam, 3 = doppelt)

im 2. Stichjahr 1983 gegenüber dem 1. Stichjahr 1978 war, wie bereits erwähnt, auf die Herbizidschäden zurückzuführen. Der dezimierte Weizenbestand und die somit fehlenden Wurzelgänge hatten eine Bodensackung ausgelöst, die insbesondere den Mittelporenbereich vergrößert hatte (Tab. 2).

## 4. RESUME

Il est décrit un essai en champ conçu de longue durée. Il comprend trois types d'assolement en combinaison avec deux variantes de fumure ainsi qu'avec une application systématique d'herbicides rémanents du groupe des dérivés de triazine et d'urée. L'essai a pour but d'étudier l'influence de ces facteurs sur le potentiel de rendement du sol.

Après dix années d'essai, parmi les **propriétés physiques du sol**, une augmentation de la densité apparente ainsi qu'une diminution du volume des pores grossiers furent constatées dans l'assolement céréalière et davantage encore dans l'assolement riche en maïs, ceci comparé à l'assolement usuel. Dans l'essai avec les triazines, le volume des pores moyens et plus particulièrement celui de la classe des pores fins-moyens, s'agrandit. Par conséquent, la teneur en humidité du sol fut augmentée ainsi que le volume total des pores dans les parcelles de l'assolement céréalière. Dans l'essai avec les phénylurées, la fumure organo-minérale créa un effet positif sur la stabilité des agrégats en y réduisant simultanément la densité apparente. Mis à part les dégâts

causés sur le blé, l'application des triazines en dosage double diminua la stabilité des agrégats du sol mais augmenta le volume total des pores, en particulier celui des pores moyens.

## 5. VERDANKUNGEN

An dieser Stelle danken wir dem Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, Bern, für die langjährige finanzielle Unterstützung dieses Forschungsprojektes. Dank gebührt auch der Direktion und den Mitarbeitern der Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon, für die Bereitstellung der Versuchsfläche und die Ausführung von Feldarbeiten. Ebenso gilt unser Dank den verschiedenen Instituten, die uns interdisziplinär bei den diversen Versuchsanalysen unterstützt haben, namentlich dem Institut für Wald- und Holzforschung der ETH, Fachbereich Bodenphysik.

## 6. LITERATUR

- FLUEHLER, H., 1985: Bodenstruktur als Voraussetzung für einen Kompromiss zwischen Wasser- und Lufthaushalt. SVIAL-Weiterbildungskurs vom 17./18. 4. 1985 in Frick (SVIAL-Sekretariat, Zollikofen).
- MAILLARD, A., 1981: Entretien de la fertilité du sol à long terme sous l'enjeu des assolements, des amendements fertilisants et des traitements herbicides. II - Bilan comparatif des variations de quelques paramètres bio-chimico-physiques du potentiel de rendement d'un sol après cinq années d'essais. Thèse no. 6925 à l'EPF Zurich. pp. 143.
- SRZEDNICKI, G., 1976: Methodensammlung zum Versuch Tänikon. Inst. f. Pflanzenbau, ETH Zürich (unveröffentlicht).
- SRZEDNICKI, G., 1977: Erhaltung der Ertragsfähigkeit des Bodens auf lange Sicht unter dem Einfluss von Fruchtfolge, Düngung und Herbizideinsatz. I - Charakterisierung des Standortes vor Beginn eines langdauernden Feldversuches und Methodik der Versuchsdurchführung. Diss. Nr. 5958, ETH Zürich. pp. 200.
- SRZEDNICKI, G., KELLER, E.R. und SCHWENDIMANN, F., 1978: Planung und Anlage eines langdauernden Feldversuches zwecks Abklärung von Veränderungen in der Ertragsfähigkeit eines Bodens unter dem Einfluss von Fruchtfolge, Düngung und Herbizideinsatz. Schweiz. Landw. Forschung. 17 (1/2) : 89-107.
- SRZEDNICKI, G., and KELLER, E.R., 1984: Volumeter test - a valuable auxiliary for the determination of the stability of soil aggregates. Soil and Tillage Res. 4 (5) : 445-457.
- STURNY, W.G., 1987: Erhaltung der Ertragsfähigkeit des Bodens auf lange Sicht unter dem Einfluss von Fruchtfolge, Düngung und Herbizideinsatz. IV - Vergleichsuntersuchungen über chemische, physikalische und herbologische Parameter des Ertragspotentials eines Bodens unter Berücksichtigung der Ertragsentwicklung während 12 Jahren. Diss. Nr. 8220, ETH Zürich, pp. 253.
- WEISSKOPF, P. 1986: Erhaltung der Ertragsfähigkeit des Bodens auf lange Sicht unter dem Einfluss von Fruchtfolge, Düngung und Herbizideinsatz. III - Vergleich verschiedener humuschemischer und bodenbiologischer Parameter sowie Beeinflussung von Qualitätsmerkmalen der Vergleichskultur Winterweizen nach 10 Versuchsjahren. Diss. Nr. 8019, ETH Zürich. pp. 247.

## JAHRESBERICHT / RAPPORT D'ACTIVITE 1986

1. Tagungen und Exkursionen

## 1.1 Jahrestagung

Die Jahrestagung 1986 fand am 7. März im Centre Horticole von Lullier bei Genf statt und wurde organisatorisch von Jean-August Neyroud vor Ort betreut. Rund 60 Mitglieder unserer Gesellschaft trafen sich hier im üblichen Rahmen zur wissenschaftlichen Sitzung und Generalversammlung. Die wissenschaftliche Sitzung war dieses Mal thematisch frei und es wurden demzufolge sieben Referate aus den verschiedensten Bereichen der Bodenkunde vorgetragen. Die wichtigsten Traktanden der Generalversammlung waren die Wahl eines neuen Redaktors (Dr. M. Müller), die Einrichtung der Dokumentationsverteilstelle, die Richtlinien für die Herausgabe von Dokumenten und die Verleihung von zwei Auszeichnungen im Rahmen der Nachwuchsförderung.

## 1.2 Jahresexkursion

Die Jahresexkursion fand am 12. September im Zürcher Oberland statt und behandelte das Thema Kompostierung. Sie wurde von Dr. Manfred Meyer (KEZO Hinwil) mit Erfolg organisiert und durchgeführt. Wegen des grossen Engagements einer Reihe von Gesellschaftsmitgliedern im Rahmen der ISSS-Exkursion wurde ausnahmsweise nur eine eintägige eigene Gesellschaftsexkursion veranstaltet.

1.3 Exkursion mit der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft  
(siehe 3. Internationale Beziehungen)2. Publikationen

Die Gesellschaft hat im Jahr 1986 zwei Publikationen herausgegeben:

1. Bulletin BGS Nr. 10. Referate der Jahrestagung 1986 in Lullier. Zürich 1986, 91 S.
2. Dokument Nr. 3 BGS. Bodenschädigung durch den Menschen. Referate des gemeinsamen Symposiums mit der Schweizerischen Geomorphologischen Gesellschaft im Rahmen der SNG-Jahrestagung im Oktober 1985 in Biel. Zürich 1986, 56 S.

### 3. Internationale Beziehungen

Nach praktisch dreijähriger Vorbereitungsarbeit z.T. zusammen mit den österreichischen Kollegen fand vom 22.-25. August der Schweizerteil der Alpenexkursion im Rahmen des Kongresses (Hamburg) der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft statt. Die Exkursion führte vom Weissenstein bis ins Engadin und vereinigte rund 30 Teilnehmer aus 15 Ländern aller Erdteile. Die Exkursion war für alle Mitorganisatoren ein Erlebnis und hat viele wertvolle Kontakte gebracht. Die adhoc-Arbeitsgruppe für die Vorbereitung der Exkursion unter der Leitung von Peter Lüscher hat damit ihren Auftrag erledigt.

### 4. Ausbildung und Information

Die auf das zehnjährige Jubiläum der Gesellschaft im Jahre 1985 geschaffene Ausstellung "Boden - bedrohte Lebensgrundlage?" ist nach wie vor auf der Wanderschaft durch die Schweiz und praktisch ständig ausgebucht.

### 5. Administrative Tätigkeit

Es fanden im Jahre 1986 drei Vorstandssitzungen, eine gemeinsame Sitzung des Vorstandes mit den Arbeitsgruppenpräsidenten, zwei Sitzungen von Vorstandsvertretern mit dem Ausschuss der Gruppe "Bodenschutz" im Zusammenhang mit der Problematik Kiesabbau und einige Arbeitsgruppensitzungen statt. Viele administrative Probleme wurden wie üblich per Telephon geklärt.

Die Dokumentenverteilstelle (Versand von Unterlagen und Publikationen an die Mitglieder, Publikationsverkauf) bei Peter Lüscher hat ihre Aufgabe an die Hand genommen und ist unterdessen eingespielt.

### 6. Mitgliederzahl

Per 1.1.87 umfasste die Gesellschaft 205 Einzel- und 9 Kollektivmitglieder.

Basel, den 17. Februar 1987

Th. Mosimann  
Präsident

Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz  
Ad hoc Arbeitsgruppe IBG/ISSS Exkursion 1986

Bericht über die Exkursion im August 1986

(Alpentransversale Schweiz/Oesterreich)

Die vom XIII. Kongress der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft in Hamburg als Nachexkursion C angebotene Reise durch die Schweiz und Oesterreich konnte vom 21./22.-29.8.86 programmgemäss durchgeführt werden. Die 35 Exkursionsteilnehmer kamen aus 16 Nationen. Die Zielsetzung, während der Exkursion durch die Schweiz den Teilnehmern nebst Bodenprofilen auch einen Eindruck von typischen Landschaften zu vermitteln, konnte auf der ausgewählten Route gut erfüllt werden.

Im Teil CH hat es sich bewährt, Profilstandorte auszuwählen, bei denen bereits bodenkundliche Untersuchungen stattgefunden haben. Der Einbezug von verschiedenen Instituten hat dazu geführt, dass thematische Schwergewichte z.T. mit spezifischem Datenmaterial zur Vorstellung gelangten, die die Vielfalt der bodenkundlichen Forschung unterstrichen.

Mit Prof. Arnold (USDA/Soil Conservation Service) als Exkursionsteilnehmer hatten wir eine kompetente Persönlichkeit unter uns, die es verstand, einige Grundzüge der US-Soil Taxonomy zu vermitteln. Dem meist bodenkundlich genetisch orientierten Europäer fällt es schwer, sich in das merkmalsorientierte amerikanische System hineinzudenken.

Bereits zeichnet sich ab, dass einzelne Exkursionspunkte in diesem Jahr erneut Besucher anlocken. Alle Daten sind in Einzelbeiträgen in einem Exkursionsführer (Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Band 48, 1986) in englischer Sprache zusammengestellt und kommentiert.

Zum Inhalt:

Physiogeographic Features of the Landscapes along the Transect "Jura-Gothardgebiet-Churer Rheintal-Engadin" (Th. Mosimann)

CH-1 Weissenstein SO, Schitterwald: Water Regime and Structure of a Stony Rendzina-Soil (P. Lüscher, F. Richard, B. Buchter H. Flühler)

CH-2 Orbe VD, Chassagne: Luvisols on Moraine near Orbe (M. Gratier)

CH-3 Malters-Schwarzenberg LU, Guberwald: Soils, Ecological Conditions and Tending of Forest (P. Lüscher, F. Richard, H. Flühler)

Maintenance of Mountain Forest in Switzerland (F. Pfister)

CH-4 Klosters GR, Gotschnaboden: Raw Humus Layer on Dolomitic Coppler Talus (M. Müller, K. Peyer)

CH-5 Davos GR, Delenwald: Soils on Serpentinite near Davos (S. Juchler, H. Sticher)

CH-6 Muottas Muragl GR: Soils above the Timberline in the Upper Engadine (M. Müller)

Für allfällige Interessenten stehen bei mir Exemplare zur Verfügung.

Die Durchführung, aber vor allem die Vorbereitungen waren für alle Beteiligten mit einem enormen Arbeitsaufwand verbunden. Allen, die zum guten Gelingen der Exkursion beigetragen haben, möchte ich an dieser Stelle nochmals recht herzlich danken. Der Einsatz hat sich gelohnt!

## BERICHTE DER ARBEITSGRUPPEN / RAPPORTS DES GROUPES DE TRAVAIL

## Arbeitsgruppe für KLASSIFIKATION und NOMENKLATUR

Im vergangenen Jahr war das Schwergewicht der Aktivitäten einer Mehrheit von Mitgliedern unserer Arbeitsgruppe bei den Vorbereitungen und der Durchführung der ISSS-Exkursion 86. Daher konnten die vorgesehenen Arbeiten nicht weitergeführt werden. Immerhin sei darauf hingewiesen, dass bezüglich Einblick in die US-Soil Taxonomy auf der Exkursion mit Prof. Arnold (USDA/Soil Conservation Service) als Teilnehmer einiges gezeigt wurde.

Es fand eine Sitzung statt, wo verschiedene offene Probleme erörtert wurden sowie ein künftiges Arbeitsprogramm festgelegt werden konnte. Vermehrt soll in Zukunft auch der Problemkreis Bodenkartierung als direkte Anwendung der Klassifikation in unsere Betrachtungen eingeschlossen werden. Dabei scheint eine erläuternde und umfassende Darstellung des bei der Kartierung an der FAP Reckenholz verwendeten Klassifikationssystems eine wichtige Voraussetzung zu sein.

Ein thematisches Schwergewicht soll die Umschreibung der wichtigsten schweizerischen Bodentypen mit horizontspezifischen, quantifizierten Merkmalen sein, die als eindeutige Differenzierungskriterien benutzt werden können.

Auch wenn gewisse Erwartungen und Vorstellungen dieser Arbeitsgruppe nicht oder nur in kleinen Schritten erreicht werden konnten, so bot doch dieses Forum immer wieder Gelegenheit für Diskussionen, sei es an Sitzungen oder am Profil im Gelände, um Probleme zu erörtern und Lösungsansätze zu finden.

Birmensdorf, 19. Februar 1987

P. Lüscher

Groupe Lysimètre

Le groupe arrive au bout de son premier mandat, présentation des installations en Suisse ainsi que des informations que l'on peut en tirer. Le travail de récolte des données de chaque installation a pris beaucoup plus de temps que prévu. Les dernières données sont rentrées en décembre. Le groupe de rédaction s'est réuni récemment pour terminer le manuscrit.

La présidence temporaire va être transmise au prochain institut de la liste établie. Lors de la prochaine séance du groupe le manuscrit devrait être ratifié. La publication de ce document peut être assurée pour cette année.

J-P. Ryser

## Arbeitsgruppe BODENSCHUTZ

Im Bereich des Flächenschutzes hat die Arbeitsgruppe zum Thema "Kiesabbau und Rekultivierung" die Mitarbeit an einer gemeinsam mit dem Fachverband für Sand und Kies (FSK) erarbeiteten Broschüre fortgesetzt. Leider hat sich dann aber im Berichtsjahr herausgestellt, dass der FSK wesentliche, von der Arbeitsgruppe Bodenschutz verlangte Normen und Verfahrensrichtlinien nicht akzeptieren wollte. Auch ein Kompromissvorschlag der Gruppe Bodenschutz, die Meinungsdivergenzen in der vorgesehenen Broschüre offenzulegen und differenziert darzustellen, hat der FSK abgelehnt. Daraufhin hat sich die Arbeitsgruppe im Einvernehmen mit dem Vorstand der BGS von dieser Zusammenarbeit zurückgezogen. Wesentlichste Differenzpunkte bezogen sich auf Fragen des Bodenprofils, des Auffüllmaterials, der Beurteilung des gewachsenen Bodens vor dem Kiesabbau und der Rekultivierung sowie der Begleitung der Rekultivierung durch eine anerkannte Bodenfachstelle.

Die Arbeitsgruppe hat den Vorstand der BGS jeweils über den Stand der Arbeit orientiert und an drei Ausschusssitzungen zu den vorgelegten Entwürfen ihre Stellungnahme abgegeben.

Ebenfalls im Bereich des quantitativen Bodenschutzes hat die Arbeitsgruppe sich mit der Praxis der Kantone zum Schutze der Fruchtfolgeflächen auseinandergesetzt. Mit dem Bundesamt für Raumplanung wurde diesbezüglich Kontakt aufgenommen.

Eine Exkursion der Arbeitsgruppe zur Ciba-Geigy war dem Thema der Pestizide im Rahmen des qualitativen Bodenschutzes gewidmet. Die Tätigkeit ist hier jedoch wegen Arbeitsüberlastung und Krankheit einzelner Mitglieder nicht im vorgesehenen Masse gediehen. Dies soll jedoch nachgeholt werden.

In den nächsten drei Jahren will die Arbeitsgruppe, neben den bekannten Problemen des Flächenschutzes, die Initiative zum qualitativen Bodenschutz verstärken. Dabei soll der Boden als Biomasse und deren Erhaltung in den Zusammenhang der siedlungsräumlichen Entwicklung gestellt werden.

Im weiteren ist eine Koordination mit den Tätigkeiten der übrigen Arbeitsgruppen vorgesehen. Stichworte weiterer Themenkreise sind: chemischer Bodenschutz, mechanischer Bodenschutz, Erosionsschutz und biologischer Bodenschutz.

H. Bieri

## Arbeitsgruppe KOERNUNG UND GEFUEGE

Die Arbeitsgruppe traf im Berichtsjahr zu zwei Sitzungen zusammen. Sie hat sich neu konstituiert und E. Kramer zu ihrem Präsidenten gewählt.

Die beiden Sitzungen fanden in Tänikon bzw. in Changins statt und waren jeweils auch mit einer Instituts- bzw. Laborbesichtigung verbunden, die zu einem regen Erfahrungs- und Gedankenaustausch geführt haben. (War offensichtlich ein Bedürfnis!)

Die Auswertung einer internationalen Umfrage zum Thema Bodengefüge hat gezeigt, dass die verschiedenen Institute recht unterschiedliche Methoden zur Erfassung der Bodenstruktur anwenden.

In Bearbeitung ist ein Vergleich verschiedener Aggregatstabilitäts-Untersuchungen (mit geplantem Ringversuch). Weiter sollen ein Labormethoden-Inventar der Bodenphysik erstellt und wo möglich, gewisse Abstimmungen vorgenommen werden. Für die Gefügeansprache im Feld sind die Ausarbeitung und Beschreibung der Fühl- und der Spatenprobe vorgesehen.

Wenn die vergangenen Sitzungen jeweils nur mit fünf Mitgliedern stattgefunden haben, so bleibt zu hoffen, dass künftig mehr Institute, die sich mit der Bodengefügebestimmung befassen, an unseren Sitzungen aktiv teilnehmen werden. Die Treffen fördern zudem auch den Kontakt zwischen den einzelnen Instituten.

Tänikon, 29. Januar 1987 E. Kramer

## Arbeitsgruppe ORGANISCHE SUBSTANZ

Der Generalversammlung der BGS wird beantragt, die Arbeitsgruppe Organische Substanz aufzuheben, da zur Zeit keine neuen Themen von dieser Gruppe bearbeitet werden.

Die Arbeitsgruppe hat während ihres Bestehens die folgenden Arbeiten abgeschlossen:

Im Oktober 1982 wurde im Rahmen der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Basel ein Symposium zum Thema "Bedrohte Organische Böden" mit verschiedenen Vorträgen durchgeführt. Die Publikation dieser Beiträge ist vorgesehen, zur Zeit aber immer noch nicht abgeschlossen.

Im Bulletin 9 der BGS wurde 1985 der Begriff "Kulturerde" definiert.

Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes Boden wurde 1986 ein Beitragsgesuch bewilligt zum Thema "Dokumentation Über Ausdehnung, Nutzung, Bewirtschaftung und Melioration organischer Böden in der Schweiz". Projektleiter: Ch. Gysi; Sachbearbeiter: J. Presler. Die Arbeiten sollen im Sommer 1987 aufgenommen werden und dauern ein Jahr.

Vorsitzende der Arbeitsgruppe: bis 1983: J.A. Neyroud  
ab 1983: Ch. Gysi

Wädenswil, den 6. März 1987

Christian Gysi





