

Sonderdruck aus
Beiträge zu den Wechselbeziehungen zwischen den Hochgebirgsökosystemen und dem Menschen

Schriftleitung Herbert Franz
(Veröffentlichungen des Österreichischen MaB-Programms, Band 9)
© 1985 by Universitätsverlag Wagner, A-6010 Innsbruck

**PROTOZOOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN ALMBÖDEN
IM GASTEINER TAL (ZENTRALALPEN, ÖSTERREICH).**

**II. Bodenkundliche Analysen mit besonderer
Berücksichtigung der stark belebten Zone**

Thomas PEER und Wilhelm FOISSNER

Summary

Studies on the protozoa in alpine soils from the Gastein area (Central Alps, Austria).
II. Characterization of the soils with special regard to the highly active layer.

The soils of some sites with different degrees of utilization were investigated in the Stubnerkogel and the Schloßalm area (~1.800–2.000 m above sea-level). Site (A): grazed alpine pasture, site (B): less used alpine pasture, site (C): isolated alder stand, site (D): alder stand mixed with dwarf shrubs and spruces, site (E): heavily eutrophic alpine pasture (*Rumicetum alpini*), site (F): grazed alpine pasture with many dwarf shrubs, sites (G,H): marginal area and center of disturbance of a ski trail. Besides a description of the soil profile, various chemical, physical and enzymatic investigations were performed. The soils are alpine pseudogleys with a more or less pronounced tendency to shift the sesquioxides. The soil structure is well developed at sites (D) and (F), but slightly compacted at (C), (G) and (H). The compaction increases with soil depth and causes together with the soil frost a temporary damming of the surface water. Humus quantity is highest at the dwarf shrub-rich sites (D) and (F). Highest nutrient level occurs in (E), lowest in (G) and (H). Humus, nutrient level, and enzymatic activity decrease strongly in a soil depth of about 5 cm. The pH is slightly higher in the top soil. CaCO_3 is present only at site (H). Enzymatic activity is highest at sites (B) and (F) and lowest in (C) and (H). The top layers generally show a higher activity, but the horizons 0–2 cm and 0–5 cm react often differently. Positive correlations exist between the enzymatic activities and the humus and nutrient level. But the enzymatic activities and the CO_2 -release are also influenced by the structure and the evolution of the soil, the moisture regime and local factors. Catalase activity and CO_2 -release show strong fluctuations during the vegetation period. In general they correlate better with each other than with the dehydrogenase activity which shows an inversed trend.

1. EINLEITUNG

Die bisherigen bodenkundlichen Arbeiten aus dem Gebiet der Hohen Tauern behandeln einmal den typologischen und morphologischen Aspekt, ferner Wasserhaushaltsmessungen, enzymatische und bodenzoologische Untersuchungen (siehe Literaturübersicht bei CERNUSCA 1978 und FRANZ 1980). Sie sind auf die jeweiligen spezifischen Fragestellungen ausgerichtet, wobei wichtige und für das Verständnis der Autökologie terricoler Protozoen notwendige Parameter weitgehend unberücksichtigt

blieben. Inhalt der vorliegenden Studie sind kleinstratigraphische Messungen in den Bodenhorizonten 0–2 cm, 0–5 cm und 5–10 cm. Analysiert werden die Hauptnährelemente (N, P, K), das pH, der Humus- und Karbonatgehalt, die Korngrößen, das Porenvolumen und die Dichte sowie die CO₂-Abgabe, die Katalase- und Dehydrogenaseaktivität. Die Messungen dienen neben einer erweiterten Bodenansprache vor allem der besseren Interpretation der von FOISSNER (1984) und FOISSNER und PEER (1984) durchgeführten Untersuchungen.

2. LAGE UND CHARAKTERISTIK DER PROFILSTANDORTE

Die Standorte (A) bis (E) befinden sich im Gebiet des Stubnerkogels bei Badgastein (Hohe Tauern, Salzburg, Österreich, 47°07'N, 13°07'E) in Seehöhen zwischen 1.800 und 1.900 m über Quarzphyllit; die Standorte (F) bis (H) liegen im Bereich der Schloßalm bei Bad Hofgastein (Hohe Tauern, Salzburg, Österreich, 47°08'50"N, 13°03'40"E) in einer Seehöhe von 1.950 m über Glimmerschiefer. Genauere Angaben finden sich bei WEISS (1978), THALER et al. (1978), NEUWINGER (1978) und FOISSNER und PEER (1984).

3. UNTERSUCHUNGSMETHODEN

Die Profilansprache im Gelände erfolgte in den Sommern 1981 und 1982. Nomenklatur nach FINK (1969). Die Proben für die Gesamtanalyse wurden einmal im Juni 82 (Standorte A bis E) und einmal im August 82 (Standorte F bis H) entnommen. Für die enzyrobiologischen Untersuchungen wurden von den Standorten (A) bis (E) zusätzlich noch im August und Oktober Proben eingeholt.

Die chemischen Methoden richten sich nach den Empfehlungen der „Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten in Österreich“ (ALVA 1972). Die biologischen Tests sind dem „Bodenbiologischen Praktikum“ von BRUCKNER & KALUSCHE (1976) sowie den zitierten Originalarbeiten zu entnehmen. Weitere Hinweise finden sich bei FIEDLER (1965), STEUBING (1965) und SCHLICHTING & BLUME (1966). Auf eine genaue Beschreibung des Analysenganges wird daher verzichtet.

- Bodenreaktion, pH-Wert: elektrometrisch in 0,01 M CaCl₂-Lösung, (ALVA).
 - Karbonatgehalt, CaCO₃: n. SCHEIBLER, gasvolumetrisch mit HCl 1:1, (ALVA).
 - Humusgehalt (AOS): n. De LEENHEER, durch Oxydation in schwefelsaurer Lösung, ohne Kochen. % Humus = % C x 1,724, (ALVA).
 - Gesamtstickstoff (N_{ges}): n. KJELDAHL, Aufschluß in H₂SO₄ konz. und Selenreaktionsgemisch als Katalysator, (aus STEUBING).
 - Phosphorsäure (P₂O₅) und Kali (K₂O): CAL-Methode nach SCHÜLLER (1969). P₂O₅: photometrisch (Sn-Blaumethode), K₂O: flammenphotometrisch, (ALVA).
 - Magnesium, Mg: n. SCHACHTSCHABEL, photometrisch mit Titangelb, (ALVA).
 - Korngrößen: n. ATTERBERG im Schlämmszylinder, (aus FIEDLER).
 - Raumgewicht: Volumen des trockenen Bodens bei 105°C, (aus STEUBING).
 - Spezifisches Gewicht: Gewicht des trockenen Bodens in g durch Volumen des trockenen Bodens in ml (ohne Hohlräume), (aus STEUBING).
 - Porenvolumen: rechnerisch aus Trockenvolumen und spezifischem Gewicht (aus Steubing).
- $$PV = \frac{Vt \cdot 100}{sG}$$
- Vt = Volumen des trockenen Bodens.
sG = spezifisches Gewicht
- CO₂-Ausstoß: n. ISERMEYER (1952) modifiziert (Weckglasmethode).
 - Katalaseaktivität: n. BECK (1971) (Pufferlösung n. SÖRENSEN pH 6,8).
 - Dehydrogenaseaktivität: n. LENHARD (1956, 1962) (Bebrütung mit 3 % TTC).

4. ERGEBNISSE

4.1. Profilbeschreibung

Profil A: Stubnerkogel, bewirtschaftete Almwiese, 30 m nördlich des Burgstalliftes, 1.780 m, NE, 15°, „*Festucetum rubrae*“, mäßig trocken, Quarzphyllit.
„Schwach entwickelter alpiner Pseudogley“.

O_f/A_h 0–3 cm, n: 10 YR 3/2, pH: 4,9, kein Kalk. Sandiger Schluff, krümelig, gut porös. Stark durchwurzelt, mullartiger Moder. Übergehend.

A_h/P₁ 3–6 cm, n: 10 YR 3/2, pH: 4,5, kein Kalk. Schluffiger Sand mit kleinen deutlich erkennbaren Glimmerplättchen, krümelig-blockig, mäßig dicht, mittel porös. Gut durchwurzelt, deutliche Humusflecken, vereinzelt Fe- und Mn-Konkretionen. Übergehend.

A_h/P₂ 6–10 cm, n: 10 YR 4/3–3/3, pH: 4,5, kein Kalk. Schluffiger Sand, hoher Grobanteil, un-deutlich blockig, mäßig dicht, mittel porös. Gut durchwurzelt, vereinzelt Fe- und Mn-Konkretionen.

Profil B: Stubnerkogel, Feuchtwiese bei der Salesen-Hütte, 1.810 m, E, 17°, einzelne Grünerlengebüsche, mäßig feucht, Quarzphyllit.
„Tiefgründiger alpiner Pseudogley“.

O_f/A_h 0–4 cm, n: 10 YR 3/3, pH: 4,8, kein Kalk. Sandiger Schluff, krümelig, gut porös. Stark durchwurzelt, mullartiger Moder. Übergehend.

A_h/P 4–10 cm, n: 10 YR 4/3, pH: 4,4, kein Kalk. Schluffiger Sand, zahlreiche Glimmerplättchen, vereinzelt kleinere Sandlinsen, krümelig-blockig, mäßig dicht, gut porös. Gut durchwurzelt, deutliche Fe- und Mn-Konkretionen. Übergehend.

Profil C: Stubnerkogel, isolierter Erlenbestand oberhalb Profil B, 1.820 m, E, 50°, feucht, Quarzphyllit.
„Tiefgründiger alpiner Pseudogley“.

O_f/A_h 0–3 cm, n: 10 YR 3/3, pH: 4,0, kein Kalk. Schluffiger Sand, vereinzelt Sandlinsen, krümelig, leicht verdichtet, mittel porös. Stark durchwurzelt, Wurzelfilz jedoch nicht so fest wie bei den Rasenprofilen, Moder. Übergehend.

A_h/P 3–10 cm, n: 10 YR 4/4, pH: 3,9, kein Kalk. Schluffiger Sand mit zahlreichen Glimmerplättchen, krümelig-blockig, leicht verdichtet, mittel porös. Deutliche Humusflecken, vereinzelt Fahlflecken (Marmorierung), Mn-Konkretionen. Übergehend.

Profil D: Stubnerkogel, zwergstrauchreicher Grünerlenbestand an der subalpinen Waldgrenze, 60 m unterhalb Profil B, 1.780 m, E, 22°, mäßig feucht, Quarzphyllit.
„Alpiner Pseudogley mit schwacher Podsoldynamik“.

O_{t+1} 2–0 cm, pH: 3,4, kein Kalk. Geringe Mineraleinschwemmung, torfig, locker, gut porös. Absetzend.

O_h/A_h 0–5/7 cm, n: 10 YR 2/2, pH: 3,6, kein Kalk. Schluffiger Sand, krümelig, locker, gut porös. Gut durchwurzelt, mullartiger Moder. Übergehend.

A_h/P 5/7–10 cm, n: 10 YR 3/3, pH: 3,5, kein Kalk. Schluffiger Sand, zahlreiche Glimmerplättchen, krümelig-blockig, mäßig dicht, mittel-porös. Gut durchwurzelt, deutliche Humusflecken, vereinzelt Fahlflecken und Mn-Konkretionen. Übergehend.

Profil E: Stubnerkogel, stark eutrophe, sumpfige Lägerflur unterhalb der Zitterauer Alm, 1.850 m, E, 19°, Quarzphyllit.
„Tiefgründiger alpiner Pseudogley“.

O_f/A_h 0–3 cm, n: 10 YR 2/2, pH: 4,5, kein Kalk. Sandiger Schluff, krümelig, gut porös. Intensiv durchwurzelt, mullartiger Moder. Übergehend.

A_h/P 3–10 cm, n: 10 YR 3/2, pH: 5,1, kein Kalk. Schluffiger Sand, zahlreiche Glimmerplättchen, krümelig-blockig, mäßig-dicht, mittel porös. Gut durchwurzelt, deutliche Humusflecken, vereinzelt Mn-Konkretionen. Übergehend.

Profil F: Schloßalm, bewirtschaftete Almwiese südl. „Kleine Scharte“, 1.950 m, SW, 5°, kupiert, Alpenrosen-Bürstling-Komplex, mäßig trocken, Glimmerschiefer. „Semipodsol-Podsol“ unter Zwergsträuchern. „Alpiner Pseudogley mit ausgeprägter Podsoldynamik“ unter Weiderasen.

O₁/A_h 0–1,5 cm, n: 10 YR 3/3, pH: 5,2, kein Kalk. Schluffiger Sand, krümelig, gut porös. Intensiv durchwurzelt, mullartiger Moder. Übergehend.

A_h 1,5–2 cm, n: 10 YR 2/3, pH: 4,9, kein Kalk. Schluffiger Sand, krümelig, mäßig dicht, gut porös. Intensiv durchwurzelt, Moder-Mull. Leicht absetzend.

A_h/E/P 2–10 cm, n: 10 YR 4/2, pH: 4,3, kein Kalk. Schluffiger Sand, blockig-plattig, dicht, gering porös. Kaum durchwurzelt, deutliche Fe- und Mn-Konkretionen. Übergehend in B₅.

Profil G: Schloßalm, Skipistenrand nahe Profil F, 1.950 m, SE, 10°, bewirtschaftete Almwiese, etwas gestört, mäßig trocken, Glimmerschiefer. „Gestörte Felsbraunerde mit schwacher Podsoldynamik“.

O₁/A_h 0–1,5 cm, n: 10 YR 3/2, pH: 5,9, kein Kalk. Sandig-lehmiger Schluff, krümelig, mäßig dicht, gut porös. Intensiv durchwurzelt, mullartiger Moder. Übergehend.

A_h/B_v 1,5–2,5 cm, n: 10 YR 3/4, pH: 5,7, kein Kalk. Schluffig-lehmiger Sand, zahlreiche Steinchen, schwach blockig-plattig, mäßig dicht, mittel porös. Gut durchwurzelt, vereinzelt Humusflecken. Übergehend.

A_h/B_v/C_v 2,5–10 cm, n: 10 YR 4/3, pH: 4,7, kein Kalk. Schluffiger Sand, blockig-plattig, mäßig dicht, mittel porös. Schwach durchwurzelt. Übergehend in C_v und C_n.

Profil H: Schloßalm, Skipiste nahe Profil F und G, 1.950 m, SE, 10°, lückige Rasendecke, trocken, Planierungsmaterial. „Rohboden“.

O₁/A_h 0–1 cm, n: 10 YR 3/3, pH: 6,3, Kalk: 1,2 %. Schluffiger Sand, krümelig-blockig, dicht, mittel porös. Mullartiger Moder. Absetzend.

D ab 1 cm: Planierungsmaterial bestehend aus Glimmerschiefer, Phylliten und Sandlinsen. n: 10 YR 3/1, 10 YR 3/3, 10 YR 4/2, pH: 6,4, Kalk: 0,5 %. Schluffiger Sand mit hohem Grobanteil, körnig-blockig, dicht, schwach porös. Kaum durchwurzelt.

4.2. Chemisch - physikalische Analysen

4.2.1. Bodenreaktion, pH-Wert

Am sauersten sind die Erlenstandorte (C) und (D), am basischsten ist die Skipiste (H). Auffallend ist, daß die oberen Bodenhorizonte durchwegs höhere Werte aufweisen als die tieferen Schichten. Die Unterschiede sind zwischen 0–2 cm und 0–5 cm allgemein größer als zwischen 0–5 cm und 5–10 cm; sie betragen in der Regel 2 bis 3 Zehntel, in den Böden von (F) und (G) eine pH-Einheit.

4.2.2. Karbonatgehalt, CaCO₃

Mit Ausnahme der Skipiste (H), die wahrscheinlich sekundär aufgekalkt wurde, sind alle übrigen Standorte karbonatfrei. Der Karbonatgehalt sinkt in der Skipiste von oben nach unten deutlich ab.

4.2.3. Humusgehalt, abbaubare organische Substanz (AOS)

Die höchsten Humusgehalte kommen in den zwergstrauchreichen Gesellschaften (D) und (F) vor. Am humusärmsten sind der Skipistenrand (G) und die Skipiste (H).

Tabelle 1: Chemisch-physikalische Analysen. PV = Porenvolumen, RG = Raumgewicht, sG = spezifisches Gewicht.

| Standort | pH | CaCO ₃ % | Humus % | C/N | N _{gns} | P ₂ O ₅ mg/100 g Boden | K ₂ O | Mg | Sand (2.000– 63µm) % | Grob- Schluff (63– 20µm) % | Fein- Schluff (20–2µm) % | Ton (<2 µm) % | RG | sG | PV | |
|----------|------|------------------------|------------|------|------------------|---|------------------|------|-------------------------------|--|-----------------------------------|---------------------|------|------|-------|---|
| A | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0–2 cm | 4,72 | 0,0 | 10,9 | 10,2 | 617,4 | 7,5 | 20,3 | 17,0 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 0–5 cm | 4,76 | 0,0 | 8,3 | 9,9 | 487,2 | 4,0 | 15,3 | 3,5 | – | – | – | – | 0,58 | 2,22 | 73,44 | – |
| 5–10 cm | 4,50 | 0,0 | 4,8 | 7,3 | 378,5 | 1,5 | 6,3 | 0,0 | 65,35 | 4,71 | 23,63 | 6,30 | 0,81 | 2,10 | 61,48 | – |
| B | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0–2 cm | 4,77 | 0,0 | 13,9 | 11,7 | 687,9 | 8,0 | 53,0 | 2,3 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 0–5 cm | 4,50 | 0,0 | 12,7 | 10,9 | 673,3 | 4,0 | 25,0 | 2,5 | – | – | – | – | 0,29 | 1,66 | 82,12 | – |
| 5–10 cm | 4,25 | 0,0 | 10,1 | 9,3 | 630,0 | 4,5 | 11,0 | 1,2 | 49,03 | 4,28 | 29,61 | 17,07 | 0,55 | 2,10 | 73,92 | – |
| C | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0–2 cm | 3,65 | 0,0 | 12,9 | 13,9 | 535,8 | 13,5 | 15,2 | 0,0 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 0–5 cm | 3,70 | 0,0 | 10,0 | 10,2 | 567,4 | 11,0 | 18,6 | 0,0 | – | – | – | – | 0,66 | 2,22 | 70,08 | – |
| 5–10 cm | 3,60 | 0,0 | 6,0 | 9,4 | 371,2 | 3,5 | 10,3 | 0,0 | 63,38 | 10,29 | 17,95 | 8,16 | 0,75 | 2,50 | 70,00 | – |
| D | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0–2 cm | 3,48 | 0,0 | 50,2 | 16,9 | 1.720,4 | 33,0 | 53,0 | 21,0 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 0–5 cm | 3,30 | 0,0 | 45,4 | 13,9 | 1.888,2 | 23,5 | 45,0 | 15,0 | – | – | – | – | 0,16 | 1,48 | 90,82 | – |
| 5–10 cm | 3,20 | 0,0 | 14,0 | 10,2 | 799,0 | 10,0 | 15,1 | 2,5 | 72,67 | 2,53 | 18,35 | 6,44 | 0,63 | 2,10 | 70,27 | – |
| E | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0–2 cm | 5,40 | 0,0 | 19,2 | 7,6 | 1.452,2 | 35,0 | 100,0 | 75,0 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 0–5 cm | 4,95 | 0,0 | 17,4 | 10,2 | 987,9 | 29,0 | 64,0 | 48,0 | – | – | – | – | 0,40 | 1,87 | 78,44 | – |
| 5–10 cm | 4,85 | 0,0 | 7,9 | 9,2 | 500,0 | 35,5 | 33,0 | 21,0 | 75,69 | 3,81 | 17,66 | 2,83 | 0,79 | 2,08 | 61,74 | – |
| F | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0–2 cm | 5,20 | 0,0 | 35,0 | 29,2 | 696,0 | 14,0 | 47,0 | 10,0 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 0–5 cm | 4,20 | 0,0 | 12,5 | 11,6 | 625,0 | 11,5 | 32,0 | 7,0 | – | – | – | – | 0,26 | 1,50 | 82,70 | – |
| 5–10 cm | 4,20 | 0,0 | 3,5 | 11,4 | 178,0 | 0,5 | 4,0 | 1,0 | 69,62 | 1,31 | 22,20 | 6,87 | 0,91 | 2,41 | 62,15 | – |
| G | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0–2 cm | 5,90 | 0,0 | 4,6 | 11,4 | 233,0 | 1,5 | 9,0 | 3,5 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 0–5 cm | 5,70 | 0,0 | 6,1 | 13,6 | 260,0 | 0,0 | 5,9 | 6,5 | 73,58 | 0,32 | 21,12 | 4,97 | 0,52 | 2,17 | 76,20 | – |
| 5–10 cm | 4,70 | 0,0 | 7,1 | 13,7 | 300,0 | 3,0 | 8,0 | 3,5 | 61,12 | 3,49 | 24,50 | 10,88 | 0,84 | 2,35 | 64,20 | – |
| H | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0–2 cm | 6,30 | 1,2 | 2,5 | 7,5 | 192,0 | 8,5 | 10,9 | 1,0 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 0–5 cm | 6,40 | 1,0 | 2,1 | 6,2 | 195,0 | 2,0 | 6,9 | 3,5 | 75,41 | 2,65 | 17,99 | 3,94 | 1,07 | 2,41 | 55,70 | – |
| 5–10 cm | 6,40 | 0,5 | 1,5 | 9,0 | 96,0 | 0,0 | 1,6 | 1,5 | 70,99 | 6,34 | 17,61 | 5,05 | 1,14 | 2,44 | 53,30 | – |

Mit zunehmender Bodentiefe nehmen die Humuswerte im allgemeinen ab, wobei in 5 cm Tiefe der Humusabfall fast 50 % beträgt. Eine Ausnahme stellt (G) dar, in dem die tieferen Horizonte humusreicher sind.

4.2.4. Gesamtstickstoff, N_{ges}

In Korrelation mit den Humuswerten sind die Standorte (D), (E) und (F) am stickstoffreichsten, der Skipistenrand (G) und die Skipiste (H) am stickstoffärmsten.

Was die Stickstoffverfügbarkeit betrifft, ist die Lägerflur (E) durch ein sehr enges, die zwergstrauchreiche Wiese (F) durch ein sehr weites C/N-Verhältnis charakterisiert. Relativ gute Verhältnisse weisen auch die Erlenstandorte (C) und (D) auf. Die bewirtschaftete Almwiese (A) ist etwas besser versorgt als die Feuchtwiese (B). Auch im Bereich der Skipiste (G,H) kommen auf Grund des geringen C-Angebotes noch relativ enge C/N-Verhältnisse vor; sie dürfen jedoch nicht über das an und für sich sehr geringe N-Angebot hinwegtäuschen. Mit zunehmender Bodentiefe nehmen, ähnlich dem Humus, auch die N-Gehalte ab – in der Regel in 5 cm Bodentiefe stärker als in 2 cm. Eine Ausnahme bildet auch hier wieder der Skipistenrand. Die C/N-Verhältnisse sind in den unteren Bodenschichten durchwegs enger, d.h. günstigere C/N-Versorgung in der Bodenschicht 5–10 cm!

4.2.5. Phosphorsäure (P_2O_5), Kali (K_2O) und Magnesium (Mg)

Die höchsten verfügbaren P-Mengen besitzen die Lägerflur (E) und der zwergstrauchreiche Erlenbestand (D). Alle übrigen Böden sind phosphorarm, am ärmsten ist der Skipistenrand (G). Der steile Erlenhang (C) ist etwas besser P-versorgt als die Almwiesen (A) und (B). Die Kaligehalte liegen durchwegs 3- bis 4-mal höher. Sie zeigen eine ähnliche Verteilung wie die des Phosphors; lediglich (B) ist deutlich höher. Beim Magnesium ist der Boden von (A) besser versorgt als der von (B) und (C), der völlig Mg-frei ist. Wiederum deutlich an der Spitze liegt die Lägerflur (E).

4.2.6. Korngrößenzusammensetzung

In allen Bodenproben überwiegt der Feinsand- und Grobschluffanteil mit rund 75 %, der Feinschluffanteil liegt bei 20 % und der Tonanteil bei 5 %. Zwischen den einzelnen Bodenhorizonten sind die Unterschiede geringfügig; allgemein nimmt der Feinsandanteil nach unten etwas ab, dafür steigen Grobschluff- und Tonanteil etwas an.

4.2.7. Porenvolumen (PV), Raumgewicht (RG) und spezifisches Gewicht (sG)

Das Gesamtporenvolumen ist allgemein sehr hoch. Es beträgt in den zwergstrauchreichen Gesellschaften (D) und (F) über 80 %. In den übrigen Böden schwanken die Volumina zwischen 70 und 80 %; sie sinken nur in der Skipiste auf unter 60 % ab. In der regelmäßig beweideten Stubner Alm (A) liegen die Werte etwas tiefer als in der nur zeitweise beweideten Feuchtwiese (B). Noch deutlicher kommt diese Situation in 5–10 cm Bodentiefe zum Ausdruck: (B) und (D) besitzen die höchsten, (E) und (A) die niedrigsten Werte. Das Raumgewicht ist am höchsten in der Skipiste (H), am niedrigsten in den humusreichen Böden von (D) und (F). Eine Abhängigkeit zum Porenvolumen ist damit eindeutig gegeben. Ähnliches gilt für das spezifische Gewicht. Mit zunehmender Bodentiefe werden die Lagerungsverhältnisse durchwegs dichter. Am deutlichsten kommt dies in den Böden von (D) und (F) zum Ausdruck.

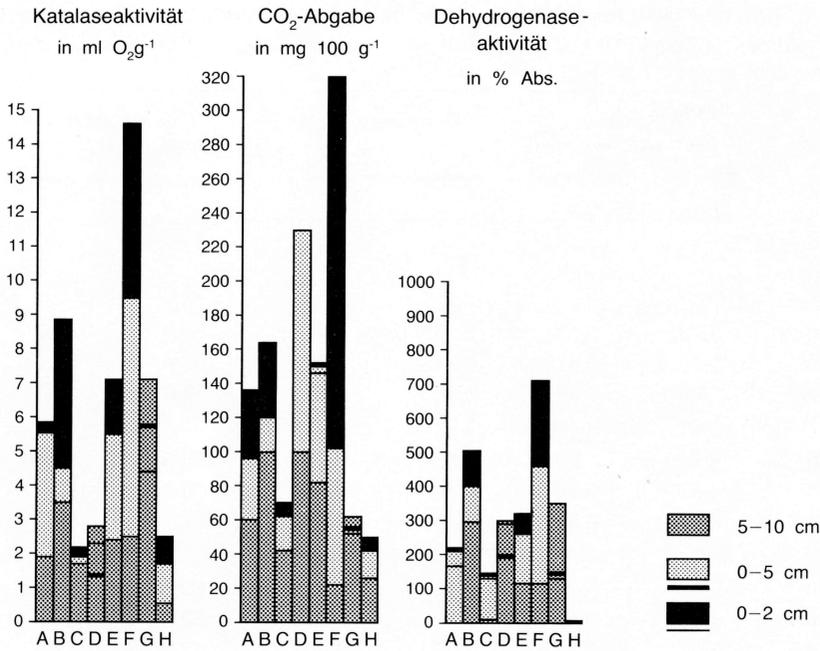


Abbildung 1: Enzymaktivitäten in 0–2 cm, 0–5 cm und 5–10 cm Bodentiefe der Standorte (A) bis (H). Werte bezogen auf lufttrockenen Boden.

4.3. Enzymbiologische Analysen

Auf den lufttrockenen Boden bezogen, besitzen übereinstimmend bei allen 3 Methoden die zwergstrauchreiche Almwiese (F) und die Feuchtwiese (B) die höchste Aktivität. Gute Enzymwerte weisen auch die Lägerflur (E) und die beweidete Almwiese (A) auf. Im zwergstrauchreichen Erlenbestand (D) ist lediglich die CO₂-Abgabe hoch. Am schlechtesten schneiden der Erlenbestand (C) und die Skipiste (H) ab. In der Horizontabfolge ist in der Regel der oberste Horizont der aktivste. Ausnahmen bilden die Standorte (D) und (G). Nur bei der Dehydrogenaseaktivität sind auch (A) und (C) in 0–5 cm, bzw. 5–10 cm Bodentiefe höher.

Auf den Humusgehalt bezogen steht ebenfalls der Boden von (F) deutlich an der Spitze, gefolgt von (D) und – mit einem deutlichen Abstand – (E) und (B). Allgemein finden sich die niedrigsten Werte in (C), (G) und (H). Sehr deutlich kommt in allen Böden, mit Ausnahme von (G), die Aktivitätsabnahme in den tieferen Horizonten zum Ausdruck.

Was den nur teilweise untersuchten Jahresrhythmus betrifft, ist vor allem die Feuchtwiese (B) durch eine starke CO₂-Dynamik geprägt, mit Spitzenwerten im August. Die übrigen Standorte zeigen zwar auch sehr unterschiedliche Ergebnisse in den einzelnen Monaten, ein einheitlicher Trend ist jedoch nicht erkennbar. So treten einmal im Juni die höchsten Werte auf, einmal im August und einmal im Oktober (siehe graphische Darstellung bei FOISSNER 1984).

Tabelle 2: Enzymbiologische Analysen. Werte bezogen auf lufttrockenen Boden und Humus (AOS)

| Standort | Katalase ml O ₂ /g | | Dehydrogenase %Abs. | | CO ₂ -Abgabe mg/100 g | |
|-----------|----------------------------------|-------|------------------------|-------|-------------------------------------|--------|
| | Boden | Humus | Boden | Humus | Boden | Humus |
| Juni 1982 | | | | | | |
| A | | | | | | |
| 0- 2 cm | 5,78 | 0,63 | 0,165 | 0,018 | 136,4 | 14,87 |
| 0- 5 cm | 5,63 | 0,47 | 0,217 | 0,018 | 96,4 | 8,00 |
| 5-10 cm | 1,88 | 0,09 | 0,000 | 0,000 | 59,0 | 2,83 |
| B | | | | | | |
| 0- 2 cm | 8,92 | 1,24 | 0,504 | 0,070 | 164,3 | 22,84 |
| 0- 5 cm | 4,62 | 0,58 | 0,402 | 0,051 | 119,7 | 15,20 |
| 5-10 cm | 3,61 | 0,36 | 0,294 | 0,029 | 101,2 | 10,22 |
| C | | | | | | |
| 0- 2 cm | 2,17 | 0,28 | 0,134 | 0,017 | 68,6 | 8,85 |
| 0- 5 cm | 1,88 | 0,18 | 0,140 | 0,014 | 62,5 | 6,25 |
| 5-10 cm | 1,67 | 0,10 | 0,023 | 0,001 | 42,2 | 2,53 |
| D | | | | | | |
| 0- 2 cm | 2,35 | 1,18 | 0,285 | 0,143 | 224,4 | 112,64 |
| 0- 5 cm | 1,44 | 0,65 | 0,196 | 0,089 | 228,8 | 103,87 |
| 5-10 cm | 2,85 | 0,34 | 0,288 | 0,040 | 99,4 | 13,92 |
| E | | | | | | |
| 0- 2 cm | 7,15 | 1,37 | 0,315 | 0,060 | 146,7 | 28,16 |
| 0- 5 cm | 5,59 | 0,97 | 0,257 | 0,045 | 151,4 | 26,34 |
| 5-10 cm | 2,53 | 0,19 | 0,123 | 0,009 | 83,2 | 6,57 |
| August 82 | | | | | | |
| F | | | | | | |
| 0- 2 cm | 14,60 | 5,11 | 0,706 | 0,247 | 320,0 | 112,00 |
| 0- 5 cm | 9,60 | 1,20 | 0,460 | 0,057 | 102,4 | 12,80 |
| 5-10 cm | 2,60 | 0,09 | 0,120 | 0,004 | 21,8 | 0,76 |
| G | | | | | | |
| 0- 2 cm | 4,40 | 0,20 | 0,132 | 0,006 | 52,6 | 2,42 |
| 0- 5 cm | 5,80 | 0,35 | 0,148 | 0,009 | 54,0 | 3,29 |
| 5-10 cm | 7,20 | 0,51 | 0,346 | 0,025 | 60,6 | 4,30 |
| H | | | | | | |
| 0- 2 cm | 2,50 | 0,06 | 0,024 | 0,000 | 49,0 | 1,22 |
| 0- 5 cm | 1,80 | 0,03 | 0,000 | 0,000 | 41,6 | 0,87 |
| 5-10 cm | 0,60 | 0,01 | 0,016 | 0,000 | 26,2 | 0,39 |

Tabelle 3: Enzymbiologische Analysen. Vergleich der Monate Juni, August und Oktober 1982. Werte bezogen auf lufttrockenen Boden

| Zeit Standort | Juni | | | August | | | Oktober | | |
|------------------|-------------------|----------------------|------------------------------|--------|---------|-----------------|---------|---------|-----------------|
| | Kat. ¹ | Dehydr. ² | CO ₂ ³ | Kat. | Dehydr. | CO ₂ | Kat. | Dehydr. | CO ₂ |
| A | | | | | | | | | |
| 0– 5 cm | 5,70 | 0,191 | 116,4 | 4,40 | 0,201 | 71,9 | 3,20 | 0,240 | 63,8 |
| 5–10 cm | 1,88 | 0,000 | 59,0 | 2,60 | 0,056 | 58,3 | 2,10 | 0,036 | 14,3 |
| B | | | | | | | | | |
| 0– 5 cm | 6,77 | 0,453 | 142,0 | 6,60 | 0,390 | 248,6 | 5,20 | 0,352 | 70,4 |
| 5–10 cm | 3,61 | 0,294 | 101,2 | 4,10 | 0,358 | 131,3 | 2,60 | 0,261 | 11,7 |
| C | | | | | | | | | |
| 0– 5 cm | 2,02 | 0,137 | 65,5 | 2,00 | 0,117 | 41,4 | 1,30 | 0,348 | 27,8 |
| 5–10 cm | 1,67 | 0,023 | 42,2 | 1,60 | 0,002 | 36,3 | 1,20 | 0,245 | 14,7 |
| D | | | | | | | | | |
| 0– 5 cm | 1,89 | 0,240 | 226,6 | 2,00 | 0,128 | 128,7 | 0,40 | 0,125 | 202,4 |
| 5–10 cm | 2,85 | 0,288 | 99,4 | 3,20 | 0,271 | 66,0 | 0,50 | 0,437 | 42,5 |
| E | | | | | | | | | |
| 0– 5 cm | 6,37 | 0,286 | 149,0 | 3,70 | 0,350 | 68,2 | 2,20 | 0,304 | 47,7 |
| 5–10 cm | 2,53 | 0,123 | 83,2 | 2,10 | 0,119 | 68,7 | 1,50 | 0,075 | 25,7 |

¹ Kat. = Katalase in ml O₂/g Boden

² Dehydr. = Dehydrogenase in % Absorption

³ CO₂ = CO₂-Abgabe in mg/100 g Boden

5. DISKUSSION

Die Böden lassen sich generell den alpinen Pseudogleyen (BURGER und FRANZ 1969, POSCH 1980) zuordnen. Es sind dies Böden, deren Dynamik durch temporären Wasserstau, unter Mitwirkung des winterlichen Bodenfrostes und durch die Tendenz der Podsolierung bestimmt wird (FRANZ 1980). In den Profilen (A), (B), (C) und (E) ist die Podsoldynamik weniger ausgeprägt. Es überwiegt die Naßbleichung mit Tagwasserstau. Sie werden deshalb als „Schwach entwickelte“, bzw. bei entsprechender Gründigkeit (> 80 cm) als „Tiefgründige alpine Pseudogleye“ bezeichnet. Die Profile (D) und (F) weisen eine stärkere podsolige Zersetzung des Tons auf, mit Sesquioxidverlagerung und zudem Tagwasserstau. Sie werden als „Alpine Pseudogleye mit mehr oder weniger deutlicher Podsolierungsdynamik“ bezeichnet. Die Profile (G) und (H) sind durch Planierungsmaßnahmen im Skipistenbereich gestört.

Auf Grund der Hanglage und des leicht verwitterbaren Ausgangsgesteins neigen die Böden (A), (B), (C), (D) und (E) zur Solifluktion, die Horizonte sind kolluvial überprägt und es haben sich Stockwerkprofile ausgebildet.

Was die Humus- und Nährstoffgehalte betrifft, so fallen die zwergstrauchreichen Gesellschaften (D) und (F) durch sehr hohe Humuswerte auf; die Lägerflur (E) ist durch ein außerordentlich reichhaltiges Nährstoffangebot charakterisiert. Zu den ärm-

sten Standorten zählen die Skipiste (H) und der Skipistenrand (G). Von den Almwiesen besitzt die nur teilweise bewirtschaftete Feuchtwiese (B) eine günstigere P- und K-Versorgung als die ständig bewirtschaftete Almwiese (A). Der Mg-Gehalt ist bei (A) höher. Außerordentlich nährstoffreich ist nach (E) auch der zwergstrauchreiche Erlenbestand (D). (C) kann bezüglich der P- und K-Versorgung als mittelgut eingestuft werden; die verfügbare P-Menge liegt sogar über der der Almwiesen, Magnesium hingegen fehlt vollkommen. Die allgemein höheren P-Gehalte im Oberboden stehen im Zusammenhang mit dem Humusgehalt (Humateffekt). Möglicherweise spielen in den tieferen Horizonten mit niedrigerem pH auch P-Fixierungen durch freiwerdendes Aluminium eine Rolle. Bei den z.T. sehr hohen Kaliwerten könnten Verstaubungseffekte mitgewirkt haben. Darauf deuten auch die höheren pH-Werte im Oberboden hin. Nach unten nehmen die Nährstoffgehalte mit einem mehr oder weniger deutlichen Sprung in 5 cm Tiefe rasch ab. In dieser Bodentiefe ist nur noch die Lägerflur (E) gut und der Erlenbestand (D) mäßig gut versorgt, alle übrigen Standorte sind extrem verarmt. Einen umgekehrten Nährstoffgradienten weist der Skipistenrand (G) auf. Hier dürfte es zu einer mechanischen Umschichtung gekommen sein, da auch die Humusgehalte im Unterboden höher liegen.

Die N-Verfügbarkeit ist in (E) – durch langjährige organische N-Zufuhr – besonders hoch, in (F) auf Grund des weiten C/N-Verhältnisses sehr gering. (A) besitzt eine bessere N-Ausnutzung als (B) und (C), in denen einmal Auswaschungsverluste eine größere Nährstoffansammlung verhindern und zum anderen der kühlfeuchte Standort schlechtere Mineralisierungsbedingungen schafft. Die Ergebnisse korrelieren relativ gut mit denen von NEUWINGER (1978), die die Almwiese (A) bezüglich der verfügbaren Bioelemente als Magerweide einstuft, sie bezüglich der N-Versorgung jedoch vor die Feuchtwiese (B) und den Erlenbestand (C) stellt.

Die Korngrößenzusammensetzung ist in allen Böden sehr ähnlich. Es überwiegt der Sand mit wenig Schluff und kaum Ton. Die Bodenart entspricht einem schluffigen Sand, bzw. schluffig-lehmigen Sand bei (B) und (G). Was die Lagerungsdichte betrifft, sind die Verhältnisse in der Skipiste (H) am schlechtesten; es folgen der Erlenbestand (C), die Almwiese (A), der Skipistenrand (G) und die Lägerflur (E). Gute Strukturverhältnisse besitzen die zwergstrauchreichen Gesellschaften (D) und (F), aber auch die Feuchtwiese (B) ist relativ locker. In 5–10 cm Bodentiefe nimmt die Verdichtung zu, am stärksten in (D) und (F), am geringsten in (C) und (H). Für den Wasserhaushalt bedeutet das: gute Wasserleitfähigkeit im Oberboden, periodischer Wasserstau – vor allem bei hohem Wasserangebot – im Unterboden, wozu in den Böden von (C), (E) und (H) eine größere Bereitschaft besteht als in denen von (B), (D) und (F). Daß dennoch die Vergleyung, vor allem bei (B), intensiver ist als bei (A), hängt einerseits mit der Muldenlage, andererseits mit dem wasserstauenden kolluvialen Untergrund zusammen; auch die längere Frostdauer im Unterboden könnte eine Rolle spielen. Im steilen Erlenhang (C) hat die ständige Infiltration mit Feinmaterial sukzessiv die Poren verstopft und auf diese Weise den Boden verdichtet (vgl. NEUWINGER 1978, GUGGENBERGER 1978, PRETTEREBNER 1980).

Als besonders schwierig erweist sich die Interpretation der bodenbiologischen Daten. Durch die Überlagerung der verschiedensten Extremfaktoren im Hochgebirge kommt es immer wieder zu sehr divergierenden Reaktionen, die nicht eindeutig erklärbar sind. Dazu kommen noch Fehler bei der Probennahme sowie Unsicherheiten bei der Reproduzierbarkeit der Methoden (s. CASIDA et al. 1964, AHRENS 1975,

1977). Dennoch sind Tendenzen erkennbar. So wurden in der zwergstrauchreichen Almwiese (F) eindeutig die höchsten Aktivitäten gemessen, während in der Skipiste (H) und im Erlenbestand (C) kaum nennenswerte Gehalte auftraten. Je nach Bezugsgröße (Bodengewicht oder Humus) folgen in der Aktivitätsskala die Feuchtwiese (B), bzw. der zwergstrauchreiche Erlenbestand (D) und die Lägerflur (E). In der Sukzession: beweidete Almwiese (A), Feuchtwiese (B) und Erlenbestand (C) lautet die Abfolge: (B)>(A)>(C). Sie steht im Gegensatz zu der von SCHINNER und PFITSCHER (1978) gefundenen Reihenfolge, die sowohl bei der Katalaseaktivität als auch bei der CO₂-Abgabe in (A) die besseren Ergebnisse erzielten; hingegen war bei der Dehydrogenaseaktivität (B) aktiver (SCHINNER und GURSCHLER 1978). Auch die Lägerflur (E) besitzt bei SCHINNER einen anderen Stellenwert. Es könnte hierbei der Jahresrhythmus eine Rolle spielen, der vor allem bei der Katalaseaktivität und bei der CO₂-Abgabe sehr ausgeprägt ist. So zeigen (A) und (E) einen markanten Abfall von Juni bis Oktober, (B) ist im August am aktivsten. Wesentlich schwächer sind die monatlichen Schwankungen bei der Dehydrogenaseaktivität.

Was die Vergleichbarkeit der Methoden betrifft, scheinen die Katalaseaktivität und die CO₂-Abgabe besser übereinzustimmen als die Dehydrogenaseaktivität, die z.T. gegenläufige Tendenzen aufzeigt (vgl. SCHINNER und GURSCHLER 1978, BENEFIELD et al. 1977). Auch zu den übrigen Bodenparametern bestehen eher lockere Beziehungen. Zweifellos sind der Humusgehalt und die Nährstoffversorgung maßgebende Faktoren, die vor allem für die hohen Werte in den Böden (F), (D) und (E) verantwortlich sind. Daneben spielen aber auch die Strukturverhältnisse, der Wasserhaushalt und der Standort eine wichtige Rolle. Sie dürften für die Abfolge: (B)>○(A)>(C) mitverantwortlich sein. Nicht minder bedeutend ist die Bodenentwicklung, wobei sich vor allem Störungen (siehe H) sehr nachteilig auswirken.

Sehr differenzierte Beziehungen bestehen zu den von FOISSNER (1984) für die genannten Standorte untersuchten Protozoen (Testaceen und Ciliaten). Sie zeigen eine stärkere Bindung zum Anthropogengrad, wobei speziell die Standorte (H und E) und (C und D) klar abgrenzbare Gruppierungen ausbilden. Von den einzelnen Bodenparametern scheinen Phosphor und Stickstoff sowie die Humusform für die Individuenzahl die größte Bedeutung zu haben (FOISSNER und PEER 1984).

ZUSAMMENFASSUNG

8 Standorte unterschiedlichen Nutzungsgrades wurden im Bereich der Stubner- und Schloßalm bodenkundlich untersucht. Neben den Profilbeschreibungen wurden in 0–2 cm, 0–5 cm und 5–10 cm Bodentiefe chemische, physikalische und enzyrobiologische Messungen durchgeführt. Bei den Böden handelt es sich durchwegs um alpine Pseudogleye mit mehr oder weniger starker Tendenz zur Sesquioxidverlagerung. Am humusreichsten sind die zwergstrauchreichen Standorte (D) und (F), am nährstoffreichsten ist die Lägerflur (E). Vollkommen verarmt sind der Skipistenrand (G) und die Skipiste (H). Die Humus- und Nährstoffgehalte nehmen in 5 cm Bodentiefe deutlich ab. Das pH ist in den oberen Horizonten etwas höher; Kalk besitzt nur die Skipiste (H). Die Bodenart entspricht bei allen Böden einem schluffigen Sand bzw. schluffig-lehmigen Sand. Die Strukturverhältnisse sind in (D) und (F) sehr gut, (C), (G) und (H) sind leicht verdichtet. Die Bodenverdichtung nimmt in den tieferen Bodenschichten zu und ist zusammen mit dem Bodenfrost Ursache für periodischen Wasserstau. Die Enzymuntersuchungen bringen übereinstimmend die besten Ergebnisse in den Böden (B) und (F), am schlechtesten schneiden (C) und (H) ab. Im zwergstrauchreichen Standort (D) ist lediglich die CO₂-Abgabe hoch. Gute Enzymwerte treten auch in den Böden von (A) und (E) auf. In der Horizontabfolge sind durchwegs die höheren Schichten aktiver, wobei die Horizonte 0–2 cm und 0–5 cm unterschiedlich reagieren. Erst in 5 cm Bodentiefe erfolgt ein deutlicher Abfall. Positive Korrelationen ergeben die Enzymaktivitäten vor allem mit dem

Humus- und Nährstoffgehalt, aber auch die Strukturverhältnisse, der Wasserhaushalt, die Bodenentwicklung und der Standort sind prägende Faktoren. Die CO_2 -Abgabe und die Katalaseaktivität unterliegen einer starken jahreszeitlichen Dynamik. Sie stimmen im allgemeinen besser miteinander überein als die Dehydrogenaseaktivität, die z.T. gegenläufige Tendenzen aufweist.

DANKSAGUNG

Die Untersuchungen wurden mit finanzieller Unterstützung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften im Rahmen des von Herrn Univ.-Prof. Dipl.Ing. DDr. Herbert FRANZ geleiteten Projekts 2.794 „Dynamik der Hochgebirgsböden“ durchgeführt. Für die Bestimmung des CO_2 -Ausstoßes danken wir Herrn Dr. W. STROBL.

LITERATUR

- AHRENS, E. (1975): Zur Frage der Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Dehydrogenaseaktivität bei lufttrockenen und feuchten Bodenproben. *Landwirtsch.Forsch.*, 28, S. 310–316.
- (1977): Beitrag zur Frage der Indikatorfunktion der Bodenorganismen am Beispiel von drei verschiedenen Nutzungsstufen eines Sandbodens. *Soil Biol. Biochem.*, 9, S. 185–191.
- ALVA (1972): Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten in Österreich. p.A. Bundesanstalt für Bodenkartierung und Bodenwirtschaft. 1200 Wien, Denisgasse 31.
- BECK, Th. (1971): Die Messung der Katalaseaktivität von Böden. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkde.*, 130, S. 68–81.
- BENEFIELD, C.B., P.J.A. HOWARD und D.M. HOWARD (1977): The estimation of dehydrogenase activity in soil. *Soil Biol. Biochem.*, 9, S. 67–70.
- BRUCKER, G. und KALUSCHE, D. (1976): *Bodenbiologisches Praktikum*. Quelle & Meyer, Heidelberg. 215 S.
- BURGER, R. und H. FRANZ (1969): Die Bodenbildung in der Pasterzenlandschaft. *Deutscher Alpenverein*, München, S. 253–266.
- CASIDA, L.E., D.A. KLEIN und T. SANTORO (1964): Soil dehydrogenase activity. *Soil Science*, 98, S. 371–376.
- CERNUSCA, A. (Hgb.) (1978): Ökologische Analysen von Almflächen im Gasteiner Tal. *Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern*, Band 2, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck, 390 S.
- FIEDLER, H.J. (1965): Die Untersuchung der Böden. Theodor Steinkopff, Dresden und Leipzig. Band 1: 235 S., Band 2: 256 S.
- FINK, J. (1969): Nomenklatur und Systematik der Bodentypen Österreichs. *Mitt. Bodenkundl. Ges.*, 13, 95 S.
- FOISSNER, W. (1984): Protozoologische Untersuchungen an Almböden im Gasteiner Tal (Zentralalpen, Österreich). III. Struktur und Dynamik der Testaceen- und Ciliatentaxozönose. *Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern* (in diesem Band).
- FOISSNER, W. und T. PEER (1984): Protozoologische Untersuchungen an Almböden im Gasteiner Tal (Zentralalpen, Österreich). I. Lage und Charakteristik der Taxotope, Faunistik und Autökologie der Testacea und Ciliophora. *Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern* (in diesem Band).
- FRANZ, H. (1960): *Feldbodenkunde*. G. Fromme & Co, Wien und München. 583 S.
- (Hgb.) (1980): Untersuchungen an alpinen Böden in den Hohen Tauern 1974–1978. Stoffdynamik und Wasserhaushalt. *Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern*, Band 3, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck, 295 S.
- GUGGENBERGER, H. (1978): Untersuchungen zum Wasserhaushalt von Almböden bei Badgastein. *Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern*, 2, S. 113–123.
- ISERMEYER, F. (1952): Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkde.*, 56, S. 26–38.
- LENHARD, G. (1956): Die Dehydrogenaseaktivität des Bodens als Maß für die Mikroorganismenaktivität im Boden. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkde.*, 73, S. 1–16.
- (1962): Bestimmung der verfügbaren Pflanzennährstoffe durch Ermittlung der Dehydrogenaseaktivität des Bodens. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkde.*, 99, S. 182–190.
- NEUWINGER, I. (1978): Vergleichende Untersuchungen an Almböden bei Badgastein. *Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern*, 2, S. 241–251.
- POSCH, A. (1980): Bodenkundliche Untersuchungen im Bereich der Glocknerstraße in den Hohen Tauern. *Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern*, 3, S. 91–109.
- PRETTEREBNER, R. (1980): Wasserhaushalt einiger Böden bei Badgastein (Hohe Tauern). *Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern*, 3, S. 187–223.
- SCHINNER, F. und A. PFITSCHER (1978): Urease- und Katalaseaktivität sowie CO_2 -Freisetzung in verschiedenen Böden der oberen subalpinen Stufe. *Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern*, 2, S. 275–286.
- SCHINNER, F. und A. GURSCHLER (1978): Saccharase- und Dehydrogenaseaktivitätsmessungen in verschiedenen Böden der oberen subalpinen Stufe. *Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern*, 2, S. 275–289.
- SCHLICHTING, E. und H.P. BLUME (1966): *Bodenkundliches Praktikum*. P. Parey, Hamburg und Berlin. 209 S.
- SCHÜLLER, H. (1969): Die CAL-Methode, eine neue Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphates in Böden. *Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkde.*, 123, S. 48–63.

- STEUBING, L. (1965): Pflanzenökologisches Praktikum. P. Parey, Hamburg und Berlin, 262 S.
- THALER, K., I. DE ZORDO, E. MEYER, H. SCHATZ und H. TROGER (1978): Arthropoden auf Almflächen im Raum von Badgastein. Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, 2, S. 195–235.
- WEISS, E. (1978): Makroklimatische Hinweise für den Almbereich im Gasteiner Tal und Beschreibung des Witterungsablaufes während der Ökosystemstudie 1977. Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, 2, S. 29–47.
-

Anschrift der Verfasser: Univ.Doz. Dr. Thomas PEER
Institut für Botanik der Universität Salzburg
Freisaalweg 16
A–5020 Salzburg

Univ.Doz. Dr. Wilhelm FOISSNER
Institut für Zoologie der Universität Salzburg
Akademiestraße 26
A–5020 Salzburg
und Forschungsinstitut Gastein-Tauernregion
Badbergstraße
A–5640 Badgastein.