

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

III. Struktur und Dynamik der Testaceen- und Ciliatentaxozönose

Wilhelm FOISSNER

INHALTSVERZEICHNIS

Summary	66
1. Einleitung	67
2. Abkürzungen	67
3. Lage und Charakteristik der Taxotope	67
4. Klima und Witterung	68
5. Methodik	68
5.1. Entnahme der Proben	68
5.2. Abundanzermittlung	69
5.3. Ermittlung der Artenzahl, Speciesdetermination	69
5.4. Berechnung der Biomasse	69
5.5. Ermittlung des Bodengewichtes, bodenkundliche Analysen, Terminologie	69
6. Statistische Auswertung	70
7. Ergebnisse und Diskussion	70
7.1. Statik der Gemeinschaftsstruktur	70
7.1.1. Abundanz der Ciliaten, Rotatorien und Nematoden in frischen Bodenproben	70
7.1.2. Artenbestand und Artenzahl	71
7.1.3. Abundanz, Biomasse, Vertikalverteilung	72
7.1.4. Diversität und Evenness	73
7.1.5. Arten-, Dominanz- und Arten-Abundanzidentität	80
7.1.6. Dominanzstruktur und Charakterisierung der Taxozönosen	80
7.1.7. Indikatorarten für milden und sauren Humus	83
7.2. Beziehungen zwischen Abundanzdynamik der Ciliaten und Testaceen, CO ₂ -Ausstoß, Katalase- und Dehydrogenaseaktivität	84

7.3.	Reihung der Taxotope nach protozoologischen und pedologischen Faktoren	87
8.	Eingliederung der Ergebnisse in die Ökosystemstudie von CERNUSCA (1978 a)	89
8.1.	Abschätzung der Zoomasse in den Taxotopen (B) und (C)	89
8.2.	Abhängigkeit der Zoomasse von der Meereshöhe	92
8.3.	Anteil der Protozoen an der Zoomasse	92
	Zusammenfassung	93
Dank		93
Literatur		93

Summary

Studies on the protozoa in alpine soils from the Gastein area (Central Alps, Austria).
III. Structure and dynamics of the testacean and ciliate community.

The structure and dynamics of the terrestrial testacean and ciliate community were investigated at 5 sites of the subalpine timberline (~ 1.800 m above sea-level) of the "Hohe Tauern". 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*). Concerning the vegetation and the degree of utilization the sites (A) to (D) represent a succession from a used to an abandoned alpine pasture. Soil type: alpine pseudogleys with more or less pronounced podzol dynamics. Kind of humus: mull-like moder (A,B,E), moder (C,D), raw humus (D). pH: 4,2–5,4 (A,B,E), 3,2–3,7 (C,D). Abundance and species number were estimated by direct microscopy of freshly collected water-suspended soil samples. For the ciliates also some culture methods were used. The soil parameters are quoted from PEER and FOISSNER (1984).

Active ciliates occur only in 15 of 30 fresh soil samples. Their abundance increases from (A) to (E) and shows a positive correlation ($P \leq 0,05$) with the P_2O_5 level of the soil. Species number of both communities is highest at sites (C) and (D). Testacea are lowest at site (A) and ciliates at site (E). Diversity and evenness show a similar relationship. These and other results suggest that a site has to be investigated two times a year to gather its content of testacean species, and three times to gather the ciliate species. Species number, abundance, and biomass of the testacea increase from (A) to (D) and show a negative correlation ($P \leq 0,05$) with the catalase activity. Abundance and biomass of the ciliates increase from (E) to (D) and coincides ($P \leq 0,1$) with the soil respiration (CO_2). On the whole, many parameters of the protozoan community and of the soil show a trend to increase with the above described succession $A < B < C < D$, but some of them show an inversed relationship, for instance the pH and dehydrogenase activity. There is no strong relationship between the dynamics of the protozoa and the dynamics of the soil enzymes and the soil respiration (CO_2). However, the abundance of the testacea is frequently similar to the dehydrogenase activity and the abundance of the ciliates shows a reversed trend to the changes of the CO_2 -release.

Concerning the species identity the testacea assemble into the groups (A,E) and (B,C,D), the ciliates to (A,B,E) and (C,D). These relationships correspond with the expectation that woodland and grassland sites have the most dissimilar species composition. Dominance identity and species-abundance identity produce less pronounced separations of the sites. The structure of both communities is similar to that described by FOISSNER (1981) and FOISSNER and ADAM (1981) for the Grossglockner area. The testacean species which are common to mild humus occur preferably at sites (A), (B), and (E), species that are common to acid humus predominate at sites (C) and (D). Some ciliate species which could be indicators for mull-like moder and for moder are selected.

The zoobiomasses/m² of the sites (B) and (C) are estimated by means of the data of MEYER (1981) and GERBER (1984). They are compared with those of 4 sites of the Grossglockner area. There is a negative correlation ($P = 0,1$) between zoobiomass and sea-level. The biomass of the protozoa amounts to at least one third of the whole zoomass in 2 of the 6 sites. Taking into account the high P/B-quotient of the protozoa, it is apparent that they are one of the most important groups of animals in terrestrial ecosystems.

1. EINLEITUNG

Bei den bisher durchgeführten Studien über die terricolen Protozoen der Österreichischen Zentralalpen standen phänologische, populationsökologische und praktische Aspekte im Vordergrund (LAMINGER 1972, LAMINGER et al. 1980, 1982, FOISSNER 1981, FOISSNER und ADAM 1980, 1981, FOISSNER et al. 1982, VERGEINER et al. 1982). Da die begleitenden bodenkundlichen Untersuchungen recht unvollständig waren, konnten viele Beobachtungen nicht mit dem biotischen und abiotischen Faktorengefüge des Bodens korreliert werden. Auch autökologische und experimentelle Untersuchungen fehlten. Wir stellten uns daher in dieser Studie, die vier Teile umfaßt, das Ziel, einige dieser Probleme näher zu analysieren. Im ersten Teil werden faunistische und autökologische Daten zusammengestellt (FOISSNER und PEER 1984), im zweiten Abschnitt werden bodenkundliche Aspekte besprochen (PEER und FOISSNER 1984), im vorliegenden dritten Teil wird versucht, die Struktur und Dynamik der Testaceen- und Ciliatentaxozönose mit den Daten der zwei ersten Teile zu korrelieren, und im vierten Abschnitt werden experimentelle Untersuchungen über die Auswirkungen der Bodenverdichtung auf die Protozoenfauna vorgelegt (BERGER et al. 1984).

Für zwei Standorte, an denen MEYER (1981) und GERBER (1984) die Biomasse der Makrofauna bestimmten, ist eine Abschätzung ihrer Zoomasse möglich. Unter Einbeziehung der Daten aus dem Großglocknergebiet, die FRANZ (1981) zusammenfaßte, erhalten wir damit eine genauere Vorstellung über die Bedeutung der terricolen Protozoen im alpinen Ökosystem.

2. ABKÜRZUNGEN

Folgende Abkürzungen werden im Text und in den Abbildungs- und Tabellenlegenden verwendet: (A), (B), (C), (D), (E) = Taxotope (A) bis (E), AP = Artenzahl, ermittelt mit der Petrischalen-Methode, AZ = Artenzahl, AZB = Artenzahl, ermittelt mit der Kulturmethode von BUITKAMP (1979), BM = Biomasse, BT = Bodentiefe, BW = Wassergehalt des Bodens in % des Trockengewichtes (Lufttrocknung!), I = Individuen, pH = Wasserstoffionenkonzentration (in H_2O), TG = Trockengewicht.

3. LAGE UND CHARAKTERISTIK DER TAXOTOPE

Eine ausführliche Beschreibung des Untersuchungsgebietes findet sich bei FOISSNER und PEER (1984). Die dazugehörigen bodenkundlichen Analysen können bei PEER und FOISSNER (1984) nachgelesen werden. Die Taxotope liegen knapp oberhalb der Waldgrenze am Osthang des Stubnerkogels bei Badgastein (Hohe Tauern, Bundesland Salzburg, Österreich) in rund 1.800 m Meereshöhe. Sie stimmen weitgehend mit jenen überein, an denen THALER et al. (1978), MEYER (1981), GERBER (1984), SCHINNER und GURSCHLER (1978) und SCHINNER (1978) ihre bodenzoologischen und mikrobiologischen Untersuchungen durchführten. Daher ist eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse gesichert.

Alle Böden besitzen ein stark bis sehr stark saures pH (3–5) und weisen keinen Kalkgehalt auf. Die dominierende Humusform ist mullartiger Moder, im Taxotop (D) kommt auch Rohhumus vor. Das anstehende Gestein ist Quarzphyllit.

Taxotop (A): Stubnerkogel – bewirtschaftete, stark mit Germer verunkrautete Almwiese im Randbereich einer Schipiste (Nähe Burgstallift). Vegetation: „*Festucetum rubrae*“. Bodentyp: Schwach entwickelter Alpiner Pseudogley.

Taxotop (B): Stubnerkogel – wenig bewirtschaftete, stark mit Germer verunkrautete Almwiese bei der Salesen-Hütte. Ende der intensiven Bewirtschaftung um 1964. Leichte Schibefahrung. Vegetation: Feuchtwiese mit aufkommenden Grünerlen. Bodentyp: Tiefgründiger Alpiner Pseudogley.

Taxotop (C): Stubnerkogel – isolierter Erlenbestand, etwa 30 m oberhalb Taxotop (B). Alter des Bestandes mindestens 17 Jahre. Vegetation: *Alnetum viridis*. Bodentyp: Tiefgründiger Alpiner Pseudogley.

Taxotop (D): Stubnerkogel – Erlenbestand an der subalpinen Waldgrenze etwa 60 m unterhalb von Taxotop (B). Vegetation: *Alnetum viridis*, durchsetzt mit Zwergsträuchern, Vogelbeere und Fichte. Bodentyp: Alpiner Pseudogley mit schwacher Podsolldynamik.

Taxotop (E): Stubnerkogel – stark eutrophe, sumpfige Lägerflur, etwa 20 m unterhalb des Wirtschaftsgebäudes der seit 15 Jahren nicht mehr bewirtschafteten Zitterauer Alm. Vegetation: *Rumicetum alpini*. Bodentyp: Tiefgründiger Alpiner Pseudogley.

Die Taxotope (A) bis (D) stellen hinsichtlich der Vegetation und des Nutzungsgrades eine Sukzession von einer bewirtschafteten zu einer aufgelassenen Almfläche dar (CERNUSCA 1978 b). Taxotop (E) repräsentiert einen extrem nährstoffreichen Sonderstandort mit einseitiger Pflanzendecke.

4. KLIMA UND WITTERUNG

Eine ausführliche Beschreibung der Klima- und Witterungssituation des Untersuchungsgebietes findet sich bei WEISS (1978). Im langjährigen Durchschnitt treten 187 Tage mit Schneedecke auf. Aus Abbildung 1 ist ersichtlich, daß die Untersuchungen während einer ungewöhnlich niederschlagsarmen Periode durchgeführt wurden. Die Niederschlagskurven der aktuellen und der 10-jährigen Monatsmittel verlaufen vom Juni bis zum August entgegengesetzt. Das 10-jährige Mittel liegt auch im September noch deutlich über dem aktuellen Monatsmittelwert.

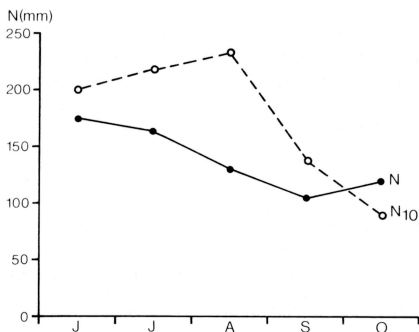


Abbildung 1: Aktuelle (N) und zehnjährige (1965 bis 1974) Durchschnitte (N₁₀) der monatlichen Niederschlagssummen am Meßpunkt Stubneralm (Taxotop A). Nach unveröffentlichten (N) und veröffentlichten (N₁₀) Angaben von WEISS (1978).

5. METHODIK

5.1. Entnahme der Proben

Für jede Untersuchung wurden innerhalb des gleichen, ungefähr 2 m² großen Areals 5 etwa 5 x 5 cm große Bodenproben ausgestochen und mit einem Messer in der gewünschten Tiefe zerlegt. Die einzelnen Schichten wurden erst kurz vor der Verarbeitung gut durchmischt und von groben Wurzelteilen befreit („Mischprobe“). Diese erfolgte bis spätestens 4 Tage nach der Probenahme, in der Zwischenzeit wurden die Proben bei etwa +3°C gelagert. Die dem Mineralboden aufliegende Streuschicht wurde nicht entfernt. Nur die lebenden Pflanzen wurden an der Basis abgeschnitten. Der Transport und die Lagerung erfolgten in gut verschlossenen Kunststoffsäckchen.

5.2. Abundanzermittlung

Zur Direktbestimmung der Abundanz der Testaceen und der aktiven Ciliaten wurden aus der Mischprobe 10 Stichproben zu je 0,01 g entnommen und auf der Analysenwaage insgesamt 0,1 g Erde eingewogen. Diese wurden dann mit 5 ml Wasser verdünnt. Die so gewonnene Bodensuspension wurde auf etwa 20 Objektträger verteilt und bei 100-facher Vergrößerung ausgezählt. Frühere Untersuchungen zeigten, daß mit dieser Methode für die Testaceen das Gruppen-Minimalareal leicht erreicht wird und für die Ciliaten zumindest eine grobe Abschätzung ihrer Abundanz möglich ist (FOISSNER und ADAM 1981, FOISSNER 1983).

Zur Bestimmung der Abundanz der Ciliaten wurde außerdem die Kulturmethode von BUITKAMP (1979) verwendet, und zwar mit den bei FOISSNER (1981) angeführten geringen Abänderungen. Da die Methode wiederholt beschrieben wurde, erübrigt sich eine neuerliche Darstellung (BUIKAMP 1979, FOISSNER 1981, FOISSNER et al. 1982).

5.3. Ermittlung der Artenzahl, Speciesdetermination

Die Artenzahl der Testaceen wurde in der oben beschriebenen Bodensuspension bestimmt, und zwar getrennt für belebte und unbelebte Schalen. Die zur Determination verwendete Literatur ist bei FOISSNER und ADAM (1981) angeführt.

Die Artenzahl der Ciliaten wurde einerseits mit der oben angeführten Kulturmethode von BUITKAMP (1979), andererseits mit der schon früher beschriebenen Petrischalen-Methode bestimmt, da mit der BUITKAMP-Methode nur ein Teil der vorhandenen Species erfaßt wird (FOISSNER 1981). In einer 10–15 cm durchmessenden Petrischale wurden 15–30 g luftgetrocknete „Mischprobe“ (s. oben) gegeben und bis zur Sättigung mit Wasser versetzt. Nach 6 Tagen preßt man durch leichten Fingerdruck einen Teil des Wassers aus. Daraus werden 4 Stichproben mit je 0,1 ml entnommen und die darin vorkommenden Arten notiert. Mit vier Stichproben dieser Größe wird das Arten-Minimalareal leicht erreicht. Untersucht wurden mit der Petrischalen-Methode die Bodenschichten von 0–2 cm, 0–5 cm, 5–10 cm. Bei den Ciliaten gibt es daher 3 Artenzahlen: 1) die mit der BUITKAMP-Methode bestimmte (AZB), 2) die mit der Petrischalen-Methode erhobene (AP) und 3) die Gesamtartenzahl, die alle in 0–2 cm, 0–5 cm und 5–10 cm BT mit den oben angeführten Methoden festgestellten Arten umfaßt. Beispiele für die angewandte Methodik bei der Determination der Arten finden sich bei FOISSNER (1980, 1982).

5.4. Berechnung der Biomasse

Zur Bestimmung der Biomasse wurden je 10 Individuen vermessen und danach jeder Art ein geometrisch einfacher (ähnlicher) Körper zugeordnet, der das individuelle Durchschnittsvolumen annähernd repräsentiert; das spezifische Gewicht wurde gleich 1 gesetzt. Die Kalkulation der Populations-Biomasse ergab sich aus der Summation der Volumina der spezifischen Modellkörper. Bei den Testaceen erfolgte die Berechnung nach den Maßen der Schalen. Bei den Ciliaten wurden fixierte und präparierte Exemplare vermessen, da sich die früher verwendete Methode, lebende Tiere zu vermessen, als zu umständlich und ungenau erwies. Die Fixierung und Präparation führt zu einer Schrumpfung der Tiere. Sie beträgt bei der Protargolmethode von FOISSNER (1982) etwa 25 %, bei der CHATTON-LWOFF-Methode nach CORLISS (1953) etwa 15 % und bei der Silbercarbonatmethode von FERNANDEZ-GALIANO (1976) etwa 35 % (vgl. FOISSNER 1980). Diese Schrumpfungsfaktoren wurden bei der Berechnung der Biomasse berücksichtigt.

5.5. Ermittlung des Bodengewichtes, bodenkundliche Analysen, Terminologie

Die Bodengewichte/m² wurden auf der Basis der von PEER und FOISSNER (1984) ermittelten Raumgewichte errechnet (Tabelle 1). Dieser Arbeit sind auch alle für die Korrelationsberechnungen verwendeten bodenkundlichen Daten entnommen.

Die Terminologie orientiert sich an den Arbeiten von SCHÖNBORN (1966, 1967), SCHWERTDTER (1975) und FRANZ (1975).

Tabelle 1: Gewicht der untersuchten Böden in $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$

Taxotop	Bodentiefe (cm)	
	0–5	5–10
A	29,15	40,55
B	14,90	27,45
C	33,25	37,50
D	8,00	31,30
E	20,15	39,85

6. STATISTISCHE AUSWERTUNG

Zur Berechnung von Korrelationen und zum Vergleich von Abundanzen dienten der verteilungsfreie Rangkorrelationskoeffizient von SPEARMANN und der Chiquadrat-Test (s. MÜHLENBERG 1976). Die Diversität und die Evenness wurden nach SHANNON-WEAVER nach der Anleitung von MÜHLENBERG (1976) errechnet. Die Dominanzklassifizierung erfolgte nach SCHWERDTFEGGER (1975). Die Artenidentität wurde mit den Indices von JACCARD (1902) und SØERENSEN (1948), die Dominanzidentität nach RENKONEN (1938) berechnet. Die Bestimmung der Arten-Abundanzidentität erfolgte mit den Indices von BRAY und CURTIS (1957) und MORISITA (1959). Nach WOLDA (1981) besitzt der MORISITA-Index eine hohe Trennschärfe und hängt weniger stark von der Probengröße und der Diversität ab als andere ähnliche Indices. Er ist nach oben theoretisch nicht begrenzt, in der Praxis werden Werte >1 aber selten erreicht. Die Ähnlichkeitsdiagramme wurden nach der Anleitung von SOUTHWOOD (1966) konstruiert.

7. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

7.1. Statik der Gemeinschaftsstruktur

7.1.1. Abundanz der Ciliaten, Rotatorien und Nematoden in frischen Bodenproben

In 15 der 30 Proben sind keine aktiven Ciliaten nachweisbar. Auch bei den meisten positiven Proben ist ihre Abundanz im Vergleich zu den mit der Kulturmethode erhaltenen Werten sehr gering (vgl. Tabelle 2 mit Tabellen 8–12). Das deckt sich mit den Befunden aus dem Glocknergebiet und der dort getroffenen Aussage, daß zur Erfassung der tatsächlichen Protozoendichte nur direkte Methoden geeignet sind (FOISSNER 1981, 1983). Nach den Mittelwerten sind die 5 Taxotope in 0–5 cm und 5–10 cm BT wie folgt zu reihen: $B < A < C < D < E$ bzw. $A < B < C < D < E$. Diese Reihen zeigen nur zum Phosphorgehalt eine signifikante Korrelation ($r_s + 0,975$, $P = 0,01$ bzw. $r_s + 0,825$, $P = 0,05$). Ein bemerkenswerter Befund, dessen Bedeutung aber nicht abgeschätzt werden kann, da vergleichbare Untersuchungen fehlen.

Bei den Rotatorien sind 17 der 30 Proben positiv (Tabelle 2). Insbesondere in 0–5 cm BT zeigt ihre Abundanz signifikante Korrelationen ($P \leq 0,1$) zum Wassergehalt, zum CO_2 -Ausstoß, zur Katalaseaktivität, zum Humusgehalt, zum C/N-Verhältnis und zum Porenvolumen. Auch bei den Nematoden finden sich besonders in 0–5 cm BT signifikante Korrelationen ($P \leq 0,1$) zwischen der Abundanz und dem Wassergehalt, dem CO_2 -Ausstoß, dem Humusgehalt, dem C/N-Verhältnis, dem Porenvolumen und dem Phosphorgehalt. Obwohl diese vielen positiven Korrelationen vorerst nicht geklärt werden können, so geben sie doch wichtige Hinweise für künftige Studien. Außerdem sind sie ein Indikator dafür, daß die sehr einfache Methode der Direktzählung auch bei diesen Taxa brauchbare Resultate liefert. Dies umso mehr, als es für

die Rotatorien und Nematoden leicht wäre, größere Probemengen als die für Protozoen verwendeten auszuzählen, da mit kleinerer Vergrößerung gearbeitet werden kann. Die Taxotope (A,B,C) wurden auch von GERBER (1984) mit der Methode von SEINHORST untersucht. Die Werte stimmen größenordnungsmäßig überein.

Tabelle 2: Abundanz der aktiven Ciliaten, Rotatorien und Nematoden nach Zählungen in frischen Bodenproben. Alle Angaben in l/g TG. Den Werten liegt die Durchsicht von je 0,05 bis 0,1 g Boden zugrunde.

Taxozönose		Ciliophora		Rotatoria		Nematoda	
Taxotop	Datum	0–5 cm BT	5–10 cm BT	0–5 cm BT	5–10 cm BT	0–5 cm BT	5–10 cm BT
A	17. 6.82	31	0	0	59	794	412
	11. 8.82	183	0	61	0	672	571
	6.10.82	0	0	61	0	1.030	115
	$\bar{x}$	71,3	0	40,7	19,7	832	366
B	17. 6.82	0	0	101	0	1.515	692
	11. 8.82	0	0	44	0	881	717
	6.10.82	157	0	157	0	1.097	107
	$\bar{x}$	52,3	0	100,7	0	1.164	505
C	17. 6.82	15	0	92	141	800	847
	11. 8.82	253	93	0	0	1.139	772
	6.10.82	0	0	127	0	1.079	1.727
	$\bar{x}$	89,3	31	73	47	1.006	1.124,3
D	17. 6.82	195	0	292	0	2.238	75
	11. 8.82	210	357	105	179	1.785	1.071
	6.10.82	40	0	0	159	1.753	794
	$\bar{x}$	148,3	119	132,3	112,7	1.925,3	646,7
E	17. 6.82	338	0	211	35	1.772	561
	11. 8.82	233	231	78	0	1.634	331
	6.10.82	611	65	0	65	2.290	523
	$\bar{x}$	394	128,7	96,3	33,3	1.901,7	471,7

7.1.2. Artenbestand und Artenzahl

Der Artenbestand und seine Besonderheiten sind bei FOISSNER und PEER (1984) aufgelistet und besprochen.

Die Artenzahl ist bei beiden Taxozönosen in den humusreichen, sich wieder dem natürlichen Zustand nähernden Taxotopen (C) und (D) am höchsten (Abbildungen 2,3). Für die Ciliaten ist dies wegen des niedrigen pH dieser Biotope bemerkenswert; offensichtlich sind aber genügend Arten daran angepaßt. Die Testaceen sind ohnehin acidophil und erreichen bei einem pH von 3–4 ihre größte Entfaltung (GROSPIETSCH 1965, SCHÖNBORN 1966). Die intensiv bewirtschaftete Fläche (A) ist zumindest hinsichtlich der Testaceen am artenärmsten, was mit dem geringen Humusgehalt gut korreliert (vgl. PEER und FOISSNER 1984). Bei den Ciliaten sind dagegen in der Lägerflur (E) die wenigsten Arten vorhanden, was im Gegensatz zu dem Befund von FOISSNER (1981) steht, der in einem ähnlichen Biotop eine vergleichsweise hohe Artenzahl findet. Die Lägerflur im Glocknergebiet ist jedoch noch stark beweidet, was vielleicht diesen Unterschied bewirkt.

In den Abbildungen 2 und 3 ist die Gesamtartenzahl nach verschiedenen Untersuchungsmethoden aufgetrennt. Prinzipiell ergibt sich ein der Gesamtartenzahl ähnliches Bild, jedoch liegen die Artenzahlen im Durchschnitt beträchtlich niedriger, besonders bei den Ciliaten. Das ist auf methodische Schwierigkeiten zurückzuführen (FOISSNER 1981). Ein Vergleich der Abbildungen 2 und 3 mit den Tabellen 3–12 zeigt, daß bei den Testaceen durch eine einmalige Untersuchung immerhin etwa 60–80 %, bei den Ciliaten je nach Methode etwa 50 % (qualitativ) oder nur mehr 20–30 % (quantitativ) des Artenbestandes erfaßt werden. Man wird für viele praktische Belange (z.B. Bestandsaufnahme, Indikation anthropogener Einflüsse) bei den Testaceen daher mit einer zweimaligen, bei den Ciliaten dagegen mit einer dreimaligen Untersuchung im Jahresverlauf ausreichen.

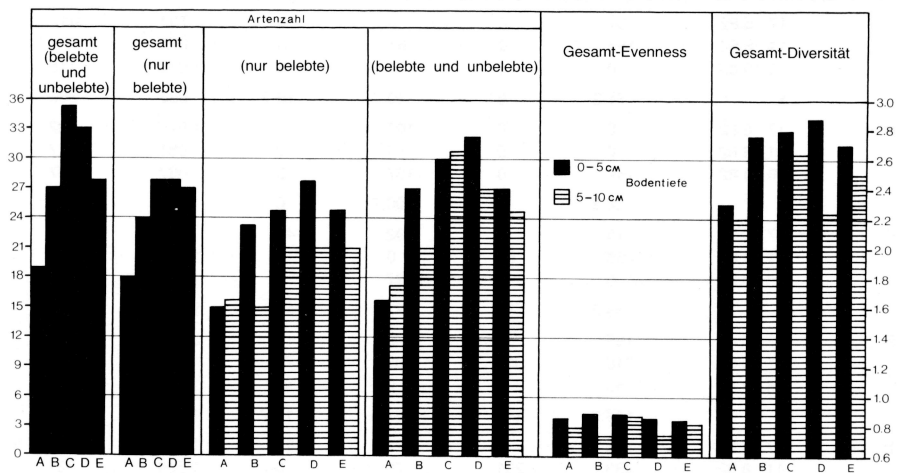


Abbildung 2: Artenzahl, Diversität und Evenness der Testaceen. Abszisse: Taxotope; linke Ordinate: Artenzahl; rechte Ordinate: Diversität und Evenness. Für die gesamte Artenzahl (belebte und unbelebte) zwischen den Taxotopen (A) bis (E) kann H_0 nicht abgelehnt werden ($P > 0,05$); zwischen den Taxotopen (A) und (C) und (A) und (D) ist sie jedoch signifikant verschieden ($P < 0,05$).

7.1.3. Abundanz, Biomasse, Vertikalverteilung

Die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungstermine sind in den Tabellen 3–12 zusammengestellt. Nach den auf 10 cm BT umgerechneten Werten weisen die Testaceen in den Taxotopen (A) und (B) die niedrigsten, in (C) und (D) die höchsten Individuen- und Biomassenwerte auf (Tabelle 13). Im Vergleich zum Glocknergebiet (FOISSNER und ADAM 1981) und zur Schloßalm (FOISSNER et al. 1982) sind die meisten Werte beträchtlich höher. Sie liegen in einer ähnlichen Größenordnung wie in den Waldböden des Hochsolling, der Pfalz und Belgiens (VOLZ 1967, COÛTEAUX 1969, MEISTERFELD 1980). Auch die Vertikalverteilung zeigt bemerkenswerte Abweichungen. Während in den Böden des Glocknergebietes und der Schloßalm eine starke Abnahme der Abundanz von 0–10 cm BT festzustellen ist, erfolgt in den Böden des Stubnerkogels die Verringerung der Arten- und Individuenzahl viel weniger rasch, wenn auch die Unterschiede der Siedlungsdichten in 0–5 cm und 5–10 cm BT meist statistisch signifikant sind (Tabellen 3–12). Die auf m^2 umgerechneten Wer-

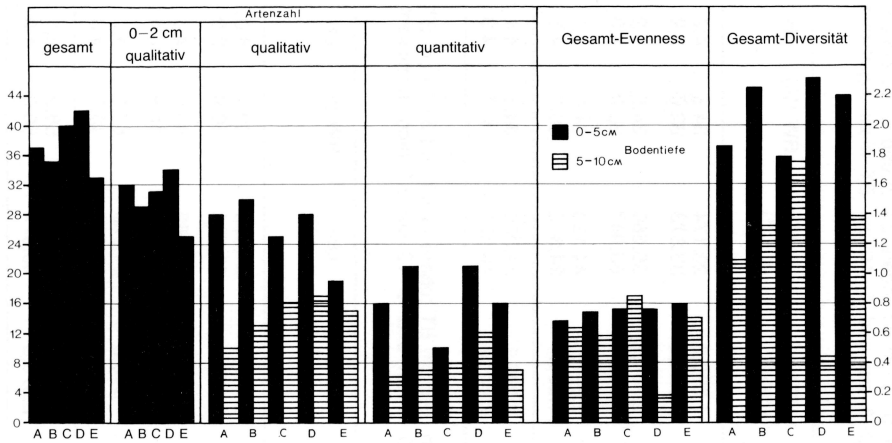


Abbildung 3: Artenzahl, Diversität und Evenness der Ciliaten. Abszisse: Taxotope; linke Ordinate: Artenzahl; rechte Ordinate: Diversität und Evenness. Die Artenzahl (gesamt und qualitativ in 0–2 cm) ist insgesamt und zwischen den höchsten und den niedrigsten Werten statistisch nicht signifikant verschieden ($P > 0,05$).

te sind in 5–10 cm BT häufig sogar höher als in 0–5 cm BT, da hier ja das Raumgewicht in die Berechnung eingeht. Diese Unterschiede sind offensichtlich durch die Meereshöhe und Vegetation verursacht (vgl. Kapitel 8). Die Taxotope im Glocknergebiet und auf der Schloßalm liegen um 200–600 m höher und vor allem deutlich über der Waldgrenze. LAMINGER et al. (1982) finden allerdings eine Magerwiese in 1.000 m Seehöhe weniger tief besiedelt als eine in 2.000 m Seehöhe.

Die Ergebnisse für die Ciliaten ähneln jenen des Glocknergebietes und der Schloßalm (vgl. FOISSNER 1981, FOISSNER et al. 1982). Am schwächsten besiedelt sind die Taxotope (E) und (C), am stärksten (A) und (D) (Tabellen 8–13). Bemerkenswert sind die geringen Abundanzen im Taxotop (C), der hinsichtlich der Vegetation und der Testaceen dem Taxotop (D) stark ähnelt. Dieser Befund ist schwer erklärlich, korreliert jedoch mit dem sehr niedrigen CO_2 -Ausstoß und der geringen Enzymaktivität. Vielleicht bewirkt die extreme Hangneigung diesen Unterschied. Die niedrige Abundanz in (E) deckt sich mit einem Befund aus dem Glocknergebiet (FOISSNER 1981). In diesem Taxotop treten allerdings die meisten aktiven Ciliaten auf (Tabelle 2). Ihre Abundanz übersteigt sogar die mit der Kulturmethode festgestellte.

7.1.4. Diversität und Evenness

Diese Parameter zeigen eine ähnliche Verteilung wie die Artenzahl (Abbildungen 2,3, Tabellen 3–12). Die Diversität der Testaceen ist entsprechend der höheren Artenzahl im Durchschnitt um etwa 0,6 Einheiten größer als die der Ciliaten. Im Vergleich zu den Werten von MEISTERFELD (1980) ist sie aber um etwa 1 Einheit niedriger. Die Diversitäten der Einzeluntersuchungen sind jenen von FOISSNER und ADAM (1981) vergleichbar. Die Ciliaten zeigen im Taxotop (C) ein auffallendes Diversitätsminimum, was darauf zurückzuführen ist, daß mit der Kulturmethode stets sehr niedrige Artenzahlen festgestellt wurden. Da die Gesamtartenzahl sehr hoch ist, dürfte es sich eher um eine methodische Schwäche als um eine ökologische Realität handeln.

Tabelle 3: Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse über die Testaceen des Taxotops (A) in 0–5 cm BT (obere Zeile) und 5–10 cm BT (untere Zeile). Nur belebte Schalen berücksichtigt! Unterschiede zwischen l/g TG in 0–5 cm und 5–10 cm BT nicht signifikant ($P>0.05$).

Datum	l/g TG	BM in mg/ 1.000 g TG	AZ (belebte Schalen)	AZ (belebte und unbeleb- te Schalen)	Diversität	Evenness	BM in mg/m ²	l/m ² (x 10 ⁶)	BW (%)	pH
17. 6.82	795 823	42,4 73,1	9 6	15 13	2,0219 1,5444	0,9202 0,8619	1,236,0 2,964,2	23,174 33,373	34,5 32,0	4,2 3,9
11. 8.82	1,224 1,577	94,5 86,4	12 14	15 15	2,1453 2,1451	0,8633 0,8128	2,754,7 3,503,5	35,680 63,947	34,5 30,0	4,2 4,3
6.10.82	1,514 606	99,4 37,1	13 11	14 12	2,1729 2,2017	0,8472 0,9182	2,897,5 1,504,4	44,133 24,573	34,0 30,2	4,7 4,6
Σ	1,178	78,8	11,3	14,7	2,1134	0,8769	2,296,1	34,329	34,3	4,4
n	1,002	65,5	10,3	13,4	1,9637	0,8643	2,657,4	40,631	30,7	4,3

Tabelle 4: Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse über die Testaceen des Taxotops (B) in 0–5 cm BT (obere Zeile) und 5–10 cm BT (untere Zeile). Nur belebte Schalen berücksichtigt! Unterschiede zwischen l/g TG in 0–5 cm und 5–10 cm BT nicht signifikant ($P>0.05$).

Datum	l/g TG	BM in mg/ 1.000 g TG	AZ (belebte Schalen)	AZ (belebte und unbeleb- te Schalen)	Diversität	Evenness	BM in mg/m ²	l/m ² (x 10 ⁶)	BW (%)	pH
17. 6.82	4,316 1,850	251,5 110,5	18 11	21 18	2,5009 1,9422	0,8652 0,8099	3,747,3 3,033,2	64,308 50,782	60,4 50,9	4,0 3,9
11. 8.82	3,125 3,007	160,7 135,6	21 10	24 14	2,6824 1,6292	0,8811 0,7075	2,394,4 3,722,2	46,562 82,542	54,6 55,4	4,0 3,8
6.10.82	1,616 605	61,5 13,5	12 4	18 9	2,0269 0,8893	0,8157 0,6415	916,3 370,6	24,078 16,607	67,1 43,7	4,3 4,3
Σ	3,019	157,9	17,0	21,0	2,4034	0,8540	2,352,7	44,983	58,9	4,1
n	1,821	86,5	8,3	13,7	1,4869	0,7196	2,375,3	49,977	50,0	4,0

Tabelle 5: Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse über die Testaceen des Taxotops (C) in 0–5 cm BT (obere Zeile) und 5–10 cm BT (untere Zeile). Nur belebte Schalen berücksichtigt! Unterschiede zwischen l/g TG in 0–5 cm und 5–10 cm BT statistisch signifikant ($P < 0,05$).

Datum	l/g TG	BM in mg/ 1.000 g TG	AZ (belebte Schalen)	AZ (belebte und unbeleb- te Schalen)	Diversität	Evenness	BM in mg/m ²	l/m ² (x 10 ⁶)	BW (%)	pH
17. 6.82	7.355 4.591	374,4 265,6	19 19	25 21	2,7499 2,5519	0,9339 0,8667	12.448,8 9.960,0	244,554 172,162	35,0 43,3	3,3 3,2
11. 8.82	4.905 4.259	231,0 269,8	18 18	20 24	2,5706 2,5550	0,8894 0,8840	7.680,7 10.117,5	163,091 159,712	36,8 35,2	3,3 3,3
6.10.82	11.105 6.971	382,3 441,0	22 18	25 25	2,4731 2,5131	0,8000 0,8695	12.711,5 16.537,5	369,241 261,412	37,0 34,0	3,4 3,4
Σ	7.788	329,2	19,7	23,3	2,5979	0,8744	10.947,0	258,962	36,3	3,3
$\bar{n}$	5.274	325,5	18,3	23,3	2,5400	0,8734	12.205,0	197,762	37,5	3,3

Tabelle 6: Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse über die Testaceen des Taxotops (D) in 0–5 cm BT (obere Zeile) und 5–10 cm BT (untere Zeile). Nur belebte Schalen berücksichtigt! Unterschiede zwischen l/g TG in 0–5 cm und 5–10 cm BT statistisch signifikant ($P < 0,05$).

Datum	l/g TG	BM in mg/ 1.000 g TG	AZ (belebte Schalen)	AZ (belebte und unbeleb- te Schalen)	Diversität	Evenness	BM in mg/m ²	l/m ² (x 10 ⁶)	BW (%)	pH
17. 6.82	14.015 2.771	571,0 73,3	23 10	25 23	2,8247 1,9693	0,9009 0,8553	4.568,0 2.294,3	112,120 86,723	58,9 46,6	3,0 3,1
11. 8.82	12.285 4.047	523,2 113,8	23 14	28 19	2,7096 1,8315	0,8642 0,6940	4.185,6 3.561,9	98,280 126,671	61,9 49,6	2,8 2,9
6.10.82	6.471 1.747	199,0 113,8	20 10	31 22	2,6526 1,9602	0,8855 0,8513	1.592,0 3.561,9	51,768 54,681	63,5 49,6	3,2 3,1
Σ	10.924	431,0	22,0	28,0	2,7290	0,8835	3.448,5	87,389	61,4	3,0
$\bar{n}$	2.855	100,3	11,3	21,3	1,9203	0,8002	3.139,4	89,361	48,6	3,0

Tabelle 7: Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse über die Testaceen des Taxotops (E) in 0–5 cm BT (obere Zeile) und 5–10 cm BT (untere Zeile). Nur belebte Schalen berücksichtigt! Unterschiede zwischen l/g TG in 0–5 cm und 5–10 cm BT statistisch signifikant ($P < 0,01$).

Datum	l/g TG	BM in mg/ 1.000 g TG	AZ (belebte Schalen)	AZ (belebte und unbeleb- te Schalen)	Diversität	Evenness	BM in mg/m ²	l/m ² (x 10 ⁶)	BW (%)	pH
17. 6.82	9.588 4.419	427,5 257,0	23 17	25 20	2,6791 2,2612	0,8544 0,7981	8.614,1 10.241,4	193,198 176,097	52,6 43,0	4,3 4,5
11. 8.82	3.813 1.585	170,0 101,4	16 14	21 16	2,4556 2,2155	0,8857 0,8395	3.425,5 4.040,8	76,832 63,162	48,6 39,5	4,8 4,4
6.10.82	5.026 2.383	246,4 137,6	18 17	23 21	2,5559 2,5331	0,8843 0,8941	4.965,0 5.483,4	101,274 94,963	47,6 38,8	4,8 4,3
Σ $\bar{n}$	6.142 2.796	281,3 165,3	19,0 16,0	23,0 19,0	2,5635 2,3366	0,8748 0,8439	5.668,2 6.588,5	123,768 111,407	49,6 40,4	4,6 4,4

Tabelle 8: Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse über die Ciliaten des Taxotops (A) in 0–5 cm BT (obere Zeile) und 5–10 cm BT (untere Zeile) (Kulturmethode). Unterschiede zwischen l/g TG in 0–5 cm und 5–10 cm BT statistisch signifikant ($P \leq 0,05$).

Datum	l/g TG	BM in mg/ 1.000 g TG	AZB	AP	AP	Diversität	Evenness	BM in mg/m ²	l/m ² (x 10 ⁶)	BW (%)	ph
					0–2 cm						
17. 6.82	789 738	274,9 84,2	7 5	10 6	14 –	1,3078 0,7889	0,6619 0,4902	8.013,6 3.412,7	22,999 29,926	34,5 32,0	4,2 3,9
11. 8.82	488 911	107,7 49,0	7 2	10 5	12 –	1,5743 0,0605	0,8090 0,0873	3.140,0 1.989,0	14,225 36,941	34,5 30,0	4,2 4,3
6.10.82	616 1.056	135,2 305,3	11 3	16 8	25 –	1,4716 0,6527	0,6137 0,5941	3.939,9 12.381,9	17,956 42,821	34,0 30,2	4,7 4,6
Σ $\bar{n}$	631 902	172,6 146,2	8,3 3,3	12,0 6,3	17,0 –	1,4512 0,5007	0,6949 0,3905	5.031,2 5.927,9	18,394 36,563	34,3 30,7	4,4 4,3

Tabelle 9: Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse über die Ciliaten des Taxotops (B) in 0–5 cm BT (obere Zeile) und 5–10 cm BT (untere Zeile) (Kulturmethode). Unterschiede zwischen l/g TG in 0–5 cm und 5–10 cm BT statistisch signifikant ($P \leq 0,05$).

Datum	l/g TG	BM in mg/ 1.000 g TG	AZB	AP	AP 0–2 cm	Diversität	Evenness	BM in mg/m ²	l/m ² ($\times 10^6$)	BW (%)	pH
17. 6.82	1.288 1.549	151,7 29,6	9 4	11 7	7 –	1,0914 0,8030	0,4967 0,5792	2.260,8 813,3	19,191 42,520	60,4 50,9	4,0 3,9
11. 8.82	788 170	203,0 26,0	8 3	11 6	11 –	1,6828 0,8212	0,8093 0,7475	3.024,4 712,9	11,741 4,666	54,6 55,4	4,0 3,8
6.10.82	1.054 145	219,2 9,6	12 5	18 5	26 –	2,2645 1,3817	0,9113 0,8585	3.266,2 262,7	15,705 3,980	67,1 43,7	4,3 4,3
Σ $\bar{n}$	1.043 621	191,3 21,7	9,7 4,0	13,3 6,0	14,7 –	1,6796 1,0020	0,7391 0,7284	2.850,5 596,3	15,546 17,056	58,9 50,0	4,1 4,0

Tabelle 10: Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse über die Ciliaten des Taxotops (C) in 0–5 cm BT (obere Zeile) und 5–10 cm BT (untere Zeile) (Kulturmethode). Unterschiede zwischen l/g TG in 0–5 cm und 5–10 cm BT statistisch signifikant ($P \leq 0,05$).

Datum	l/g TG	BM in mg/ 1.000 g TG	AZB	AP	AP 0–2 cm	Diversität	Evenness	BM in mg/m ²	l/m ² ($\times 10^6$)	BW (%)	pH
17. 6.82	129 107	4,6 9,1	4 4	11 3	15 –	0,9347 1,1255	0,6742 0,8119	154,3 340,5	4,289 4,012	35,0 43,3	3,3 3,2
11. 8.82	452 15	84,6 1,1	6 3	14 10	17 –	1,2420 1,0986	0,6932 1,0000	2.812,9 43,1	15,029 0,562	36,8 35,2	3,3 3,3
6.10.82	345 78	46,2 4,1	6 3	18 6	26 –	1,4160 0,7134	0,7903 0,6494	1.536,8 155,6	11,471 2,925	37,0 34,0	3,4 3,4
Σ $\bar{n}$	309 67	45,1 4,8	5,3 3,3	14,3 6,3	19,3 –	1,1976 0,9792	0,7192 0,8204	1.501,3 179,7	10,596 2,500	36,3 37,5	3,3 3,3

Tabelle 11: Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse über die Ciliaten des Taxotops (D) in 0–5 cm BT (obere Zeile) und 5–10 cm BT (untere Zeile) (Kulturmethode). Unterschiede zwischen l/g TG in 0–5 cm und 5–10 cm BT statistisch signifikant ($P \leq 0,05$).

Datum	l/g TG	BM in mg/ 1.000 g TG	AZB	AP	AP 0–2 cm	Diversität	Evenness	BM in mg/m ²	l/m ² ($\times 10^6$)	BW (%)	pH
17. 6.82	7.447 18	2.864,9 1,8	8 3	10 3	13 –	0,2828 1,0986	0,1360 1,0000	22.919,4 57,0	59,576 0,563	58,9 46,6	3,0 3,1
11. 8.82	1.361 748	321,6 286,4	8 5	15 10	19 –	1,3494 0,2832	0,6489 0,1760	2.573,1 8.964,6	10,888 23,412	61,9 49,6	2,8 2,9
6.10.82	6.556 768	461,4 287,0	17 5	18 7	27 –	1,8108 0,3710	0,6391 0,2305	3.691,2 8.984,7	52,448 24,038	63,5 49,6	3,2 3,1
Σ	5.121	1.216,0	11,0	14,3	19,7	1,1477	0,4747	9.727,9	40,971	61,4	3,0
n	511	191,8	4,3	6,7	–	0,5843	0,4688	6.002,1	16,005	48,6	3,0

Tabelle 12: Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse über die Ciliaten des Taxotops (E) in 0–5 cm BT (obere Zeile) und 5–10 cm BT (untere Zeile) (Kulturmethode). Unterschiede zwischen l/g TG in 0–5 cm und 5–10 cm BT statistisch signifikant ($P \leq 0,05$).

Datum	l/g TG	BM in mg/ 1.000 g TG	AZB	AP	AP 0–2 cm	Diversität	Evenness	BM in mg/m ²	l/m ² ($\times 10^6$)	BW (%)	ph
17. 6.82	106 155	8,7 41,8	3 5	6 7	13 –	0,5636 0,9742	0,5130 0,6053	175,5 1.664,1	2,136 6,177	52,6 43,0	4,3 4,5
11. 8.82	192 72	83,9 24,3	10 3	8 5	15 –	1,0838 0,8702	0,9050 0,7921	1.690,2 969,9	3,869 2,869	48,6 39,5	4,8 4,4
6.10.82	258 79	33,9 17,8	11 4	11 9	18 –	2,0165 0,9184	0,8409 0,8360	682,7 701,9	5,199 3,148	47,6 38,8	4,8 4,3
Σ	185	42,2	8,0	8,3	15,3	1,5546	0,7530	849,5	3,734	49,6	4,6
n	102	28,0	4,0	7,0	–	0,9209	0,7445	1.112,0	4,065	40,4	4,4

Tabelle 13: Einheitlich auf eine BT von 0–10 cm transformierte Werte der Durchschnittsgrößen ($\bar{x}$) einiger Parameter in den Taxotopen (A) bis (E). Individuenzahl (l/g TG) bei den Testaceen und Ciliaten insgesamt und zwischen den einzelnen Taxotopen statistisch signifikant verschieden ($P < 0.05$). Nur für die Abundanz der Testaceen in den Taxotopen (C) und (D) kann H_0 nicht abgelehnt werden ($P > 0.05$). Korrelation zwischen l/g TG, Gesamtartenzahl, BM in g/m² Testacea und Katalaseaktivität statistisch signifikant ($P \leq 0.05$; $r_s = -0.8, -0.9, -0.9$). Korrelation zwischen l/g TG, BM in g/m² Ciliaten und CO₂-Ausstoß statistisch signifikant ($P < 0.1$; $r_s = +0.7, +0.7$).

Taxozönose			Ciliophora									
Testacea												
Taxotop	l/g TG	BM in mg/ 1.000g TG	Gesamt- artenzahl	l/m ² (x 10 ⁶)	BM in g/m ²	Katalase- aktivität	l/g TG	BM in mg/ 1.000g TG	Gesamt- artenzahl	l/m ² (x 10 ⁶)	BM in g/m ²	CO ₂ - Ausstoß
A	1.090	72	19	74,960	5,0	3,3	766	159	37	54,957	11,0	60,6
B	2.420	122	27	94,960	4,7	4,4	832	106	36	32,602	3,4	113,8
C	6.531	327	35	456,724	23,2	1,6	188	25	40	13,096	1,7	37,5
D	6.889	266	33	176,750	6,7	1,7	2.816	704	42	56,976	15,7	127,9
E	4.469	223	28	235,175	12,3	2,9	143	35	33	7,799	2,0	74,1

Die Evenness ist bei beiden Taxozönosen in 0–5 cm BT relativ hoch und den Werten von MEISTERFELD (1980), FOISSNER (1981) und FOISSNER und ADAM (1981) vergleichbar. Im Taxotop (D) herrscht in 5–10 cm BT ein Aquitäts- und Diversitätsminimum der Ciliaten. Es ist durch die hohe Dominanz von *Colpoda inflata* verursacht.

7.1.5. Arten-, Dominanz- und Arten-Abundanzidentität

Die fünf Taxotope trennen sich nach der Artenidentität der Testaceen in die Gruppen (A,E) und (B,C,D) auf, wobei (B) auch zur Gruppe (A,E) eine hohe Ähnlichkeit besitzt (Abbildung 4). Diese Trennung entspricht der Erwartung, nach der die Wald- und Wiesenstandorte die geringste Ähnlichkeit im Artenspektrum besitzen. Eine ähnliche Gruppierung ergibt auch die Dominanzidentität, obwohl hier die Trennung weniger scharf ist, da (C) zu (A,B,E) gleich hohe Ähnlichkeit aufweist. Mit den Indices, die Arten und Abundanz berücksichtigen, ergeben sich die Gruppen (A,B) und (C,D,E), die nicht ganz mit jenen der Artenidentität übereinstimmen. Aber auch hier ist die Tendenz zur Trennung der Wiesen- und Waldstandorte erkennbar. Die beiden extremsten Biotope, die stark eutrophe Lägerflur (E) und das auf einem Steilhang angesiedelte *Alnetum* (C), werden besonders durch den MORISITA-Index auf hohem Ähnlichkeitsniveau vereinigt.

Bei den Ciliaten sind die Wald- und Wiesenstandorte im Artenspektrum noch deutlicher getrennt als bei den Testaceen (Abbildung 5). Hier ergeben sich die Gruppen (A,B,E) und (C,D), wobei (E) noch merkbar von (A,B) abgegrenzt ist. Die Arten-Abundanzindices weisen 2 wenig den Erwartungen entsprechende Gruppen aus: (A,D) und (B,E,C). In Anbetracht der methodischen Schwierigkeiten bei der Abundanzbestimmung verwundert dies wenig. Die Taxotope (A,D) werden durch die Eudominanz von *Colpoda inflata* vereinigt.

Insgesamt ist nicht zu übersehen, daß die „sinnvollste“ Trennung bei beiden Taxozönosen mit den Artenidentitätsindices erreicht wird (vgl. FOISSNER und PEER 1984). Die durchschnittliche Ähnlichkeit im Artenspektrum ist ziemlich groß (Testaceen: JACCARD 61 %, SØRENSEN 75 %, Ciliaten: JACCARD 42 %, SØRENSEN 59 %), was auf eine relativ hohe Homogenität der Besiedlung hinweist.

7.1.6. Dominanzstruktur und Charakterisierung der Taxozönosen

Mit Ausnahme von (C), in dem keine Testaceenspecies über 12 % Dominanz erreicht, besitzen alle Taxotope eine oder mehrere Arten mit 15–23 % Dominanz (Abbildung 4). Nach der von BONNET (1964) vorgenommenen Gliederung der Testaceen-Gemeinschaften sind die 5 Taxotope in die Ordnung *Plagiopyxidetalia* einzureihen, die humusreiche, evolvierte Böden charakterisiert, was sich mit den bodenkundlichen Analysen deckt (PEER und FOISSNER 1984). Innerhalb dieser Ordnung ist die Allianz *Tracheleuglyphion acollae* abgegrenzt, die die Assoziation *Centropyxidatum aerophilae sphagnicolae* enthält. Dahin kann man die Gemeinschaft der Taxotope (A,B,C) stellen. In derselben Allianz befindet sich das *Trinemetum*, in das man (E) und (D) einreihen kann. In den Taxotopen (B,C,E,D) tritt außerdem eine sehr kleine Art in den Vordergrund, vermutlich *Schoenbornia humicola* (SCHÖNBORN 1964). Leider ist gerade die Determination dieser kleinen Formen allgemein sehr unsicher und umstritten. Meine *S. humicola* unterscheidet sich in der Schalenmorphologie kaum von *Pseudodiffugia gracilis*, *Diffugiella* sp. und *Diffugia* spp. Sie hat lobose Pseudo-

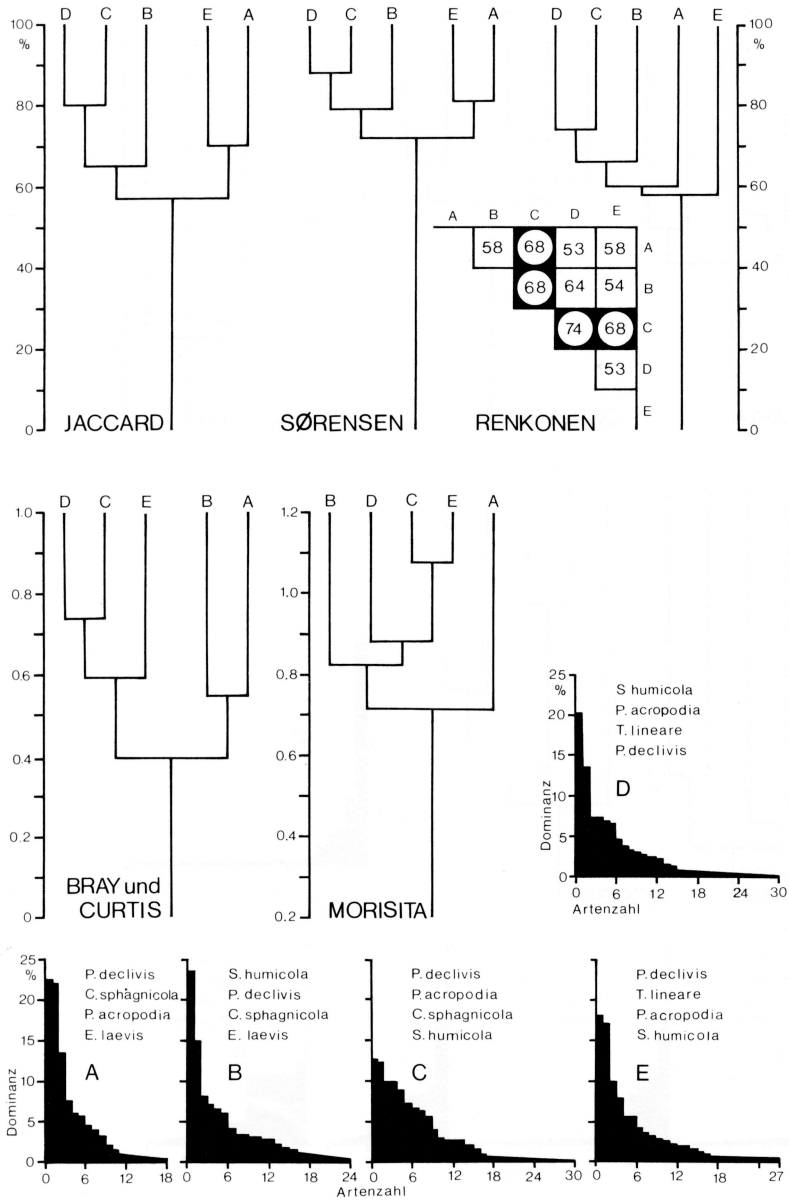


Abbildung 4: Artenidentität, Dominanzidentität, Arten-Abundanzidentität und Dominanzstruktur der Testaceen. In die Berechnung der Artenidentität sind alle in 0–5 cm und 5–10 cm BT gefundenen belebten und unbelebten Schalen eingeschlossen. Bei der Dominanzidentität, der Dominanzstruktur und der Arten-Abundanzidentität sind nur belebte Schalen berücksichtigt, und zwar die Summe der l/g TG in 0–5 cm und 5–10 cm BT. Angeführte eudominante und dominante Arten: *Centropyxis sphagnicola*, *Euglyphia laevis*, *Phryganella acropodia*, *Plagiopyxis declivis*, *Schoenbornia humicola*, *Trinema lineare*.

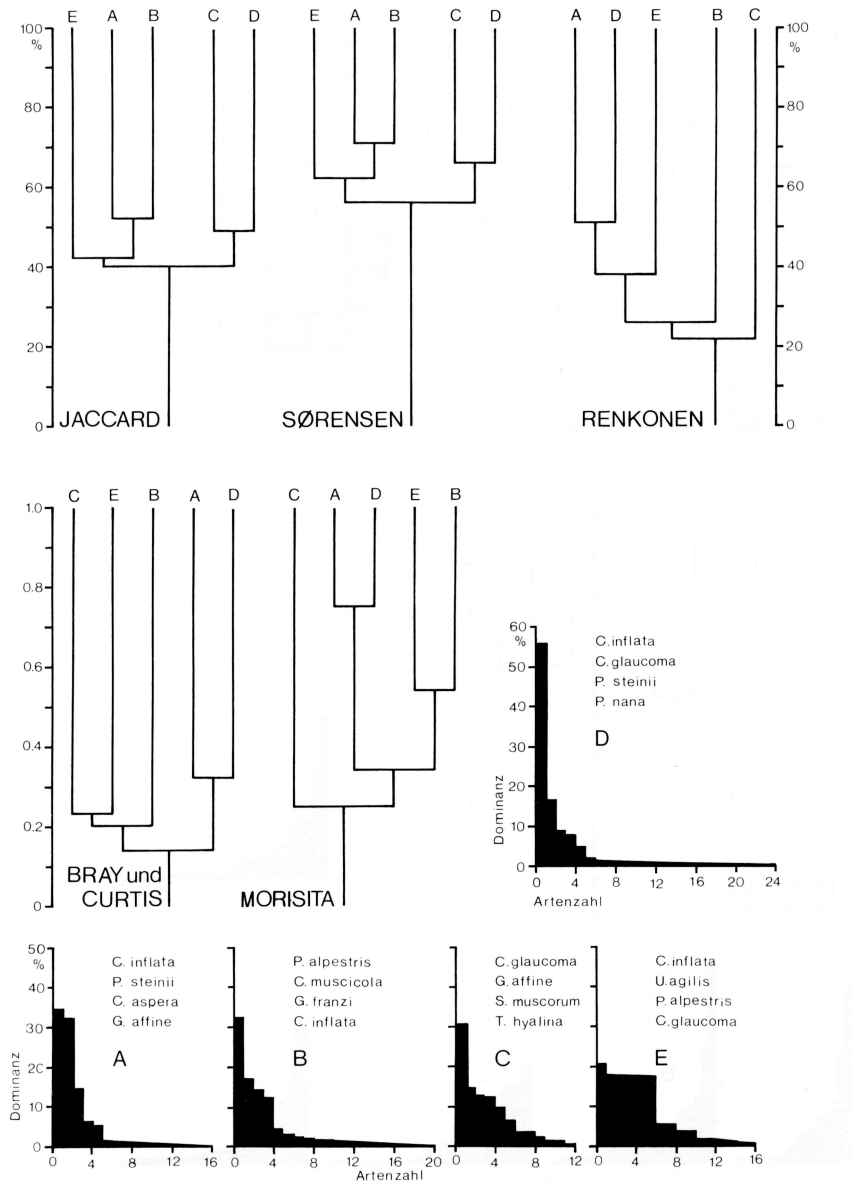


Abbildung 5: Artenidentität, Dominanzidentität, Arten-Abundanzidentität und Dominanzstruktur der Ciliaten. In die Berechnung der Artenidentität sind alle in 0–2 cm, 0–5 cm und 5–10 cm BT festgestellten Arten eingeschlossen. Die Berechnung der Dominanzidentität, der Dominanzstruktur und der Arten-Abundanzidentität stützt sich auf die mit der Kulturmethode erhaltenen summierten Werte aus 0–5 cm und 5–10 cm BT für l/g TG. Angeführte eudominante und dominante Arten: *Colpoda aspera*, *Colpoda inflata*, *Cyrtolophos glaucoma*, *Cyrtolophos mucicola*, *Gonostomum affine*, *Paracolpoda steinii*, *Pseudocyrtolophos alpestris*, *Pseudoplatyophrya nana*, *Sathrophilus muscorum*, *Tachysoma hyalina*, *Urosomoida agilis*.

podien, während *Pseudodifflugia* Filopodien besitzt. Da die terricolen Testaceen ihre Pseudopodien nur sehr selten ausstrecken, scheint es zweifelhaft, ob BONNET (1964) und ich diese verschiedenen Arten – wenn es überhaupt verschiedene sind! – sauber trennen konnten. Die von LAMINGER et al. (1982) als *Difflugiella sacculus* bezeichnete Art dürfte damit ebenfalls identisch sein. Es wäre daher möglich, daß die Taxotope (B,D) besser in der Allianz *Pseudodifflugion gracilis terricolae* untergebracht wären. Im großen und ganzen decken sich die Befunde aber mit jenen von FOISSNER und ADAM (1981). Hinzugekommen ist das *Trinemetum*, da im Glocknergebiet keine vergleichbaren Biotope untersucht wurden.

In der Dominanzstruktur der Ciliaten grenzen sich die Taxotope (E,D) von den Taxotopen (A,B,C) ab. In (E) besitzt keine Art eine Dominanz $>21\%$, in (D) dominiert *Colpoda inflata* mit fast 60 % extrem stark. Eine Gliederung der edaphischen Ciliaten-Gemeinschaften ist erst ansatzweise durchgeführt worden (FOISSNER 1981). Im vorliegenden Fall ist dazu vermutlich die Individuendominanz am sinnvollsten, da die Konstanz auf Grund der nur dreimaligen Untersuchung nicht dazu herangezogen werden kann. Fünf der 11 in Abbildung 5 angeführten Arten (*C. inflata*, *P. steinii*, *G. affine*, *P. alpestris*, *C. glaucoma*) besitzen auch in den Böden des Glocknergebietes hohe Konstanz und/oder Dominanz. Drei weitere Species (*C. mucicola*, *G. franzi*, *S. moscorum*) sind in einigen Taxotopen dieser Region sehr konstant (FOISSNER 1981). Damit ergibt sich eine weitgehende Übereinstimmung der Ciliaten-Gemeinschaft des Stubnerkogels mit der des Glocknergebietes.

7.1.7. Indikatorarten für milden und sauren Humus

Nach den bodenkundlichen Untersuchungen tritt in den Taxotopen (A), (B) und (E) vorwiegend mullartiger Moder, in (C) und (D) überwiegend Moder auf. Die Böden weisen ein $\text{pH} < 5$ auf (PEER und FOISSNER 1984). Entsprechend der sauren Bodenreaktion, der übergangsartigen Humusform in (A,B,E) und dem ebenfalls nicht rein ausgeprägten Moder in (D) kann man erwarten, daß die von BONNET (1964) und SCHÖNBORN (1973) für sauren und milden Humus angeführten Charakterarten eine leicht „gemischte“ Verteilung zeigen. Tatsächlich ist die nach diesen Arten vorgenommene Trennung der Taxotope nicht so scharf wie bei den reinen Mull- und Moderböden von SCHÖNBORN (1973). Dennoch ist klar ersichtlich, daß die Charakterarten für milden Humus (*C. elongata*, *C. plagiotoma*, *P. minuta*) fast nur in den Taxotopen (A,B,E) vorkommen, die Indikatorarten für sauren Humus (*T. arcula*, *P. declivis*, *N. parvula*, *Assulina* ssp., *Corythion* spp.) dagegen in (C) und (D) einen Dominanzschwerpunkt besitzen (Tabelle 14). *Plagiopyxis declivis* verhält sich allerdings indifferent.

Seit den Untersuchungen von VOLZ (1951), ROSA (1962) und SCHÖNBORN (1973) ist ferner bekannt, daß vom Mull zum Rohhumus hin die Individuendichte und das Verhältnis der Zahl lebender Tiere zu leeren Schalen stark zunimmt. Dieses Verhältnis ist im Mull $< 1:2$, im Moder etwa $1:2$ bis $1:10$ und im Rohhumus meist $> 1:10$. Die vorliegenden Untersuchungen bestätigen auch diesen Sachverhalt. Die höchste Individuendichte weisen die Taxotope (C) und (D) auf (Tabelle 13) und (D) besitzt das weiteste Verhältnis belebter und leerer Schalen (Abbildung 6).

Bei den Ciliaten ist bisher von niemandem der Versuch unternommen worden, Indikatorarten für milden und sauren Humus aufzustellen. Ein auf den vorliegenden Resultaten basierender Vorschlag, der freilich beim derzeitigen Wissensstand fast

leichtsinnig erscheint, ist in Tabelle 15 zusammengestellt. Ein Vergleich mit anderen Untersuchungen ist nicht möglich, da bisher zu wenige verlässliche taxonomische Arbeiten über die Ciliaten der schwer zersetzbaren Humusformen Moder und Rohhumus vorliegen.

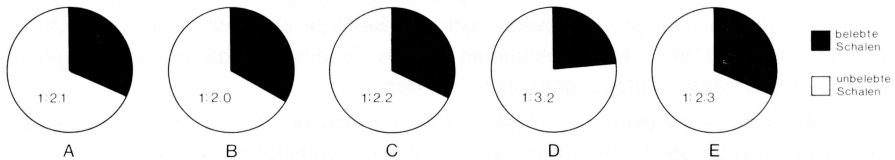


Abbildung 6: Verhältnis der belebten und unbelebten Testaceen-Schalen in den Taxotopen (A) bis (E). Eingetragen sind die Mittelwerte aus den 3 Probenahmen und den Bodentiefen 0–5 cm und 5–10 cm.

Tabelle 14: Dominanz (%) der Indikatorarten (Testaceen) für Mull und Moder in den Taxotopen (A) bis (E). Nur belebte Schalen berücksichtigt!

Taxotop	A	B	E	C	D
Humusform	mullartiger Moder			Moder	
<i>Plagiopyxis minuta</i>	0,4	0,0	5,6	0,0	0,0
<i>Centropyxis plagiostoma</i>	0,4	0,0	2,3	0,0	0,0
<i>Centropyxis elongata</i>	1,8	6,0	0,9	0,4	0,0
<i>Trigonopyxis arcula</i>	0,0	0,0	0,0	1,1	1,6
<i>Nebela parvula</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9
<i>Corythion</i> spp.	0,0	0,0	0,5	1,4	1,3
<i>Assulina</i> spp.	1,3	1,7	0,0	2,2	4,5
<i>Plagiopyxis declivis</i>	22,2	14,8	17,9	12,7	7,2

7.2. Beziehungen zwischen Abundanzdynamik der Ciliaten und Testaceen, CO₂-Ausstoß, Katalase- und Dehydrogenaseaktivität

Da nur 3 Untersuchungstermine vorliegen, ist eine statistische Auswertung der Daten nicht möglich. Eventuell vorhandene starke Bindungen zwischen einzelnen Faktoren sollten aber doch erkennbar sein. Da 5 Taxotope und 2 Strata analysiert wurden, ist die höchste mögliche Anzahl gleicher oder mehr oder minder stark entgegengesetzter Dynamiken 10. Dies wird in keinem Fall erreicht (Abbildung 7). Bei den meisten Kombinationen (z.B. Ciliaten und Testaceen, CO₂-Ausstoß und Dehydrogenaseaktivität) treten nur je 0 bis 3 gleiche oder entgegengesetzte Dynamiken auf. Je 6 gleiche und nur 1 entgegengesetzten Verlauf weisen die Abundanz der Testaceen und die Dehydrogenaseaktivität sowie der CO₂-Ausstoß und die Katalaseaktivität auf. Da die Dehydrogenase beim Abbau der Kohlehydrate, Proteine und Fette eine wichtige Rolle spielt (LENHARD 1956), weist dies darauf hin, daß der Abundanzverlauf der

Tabelle 15: Dominanz (%) möglicher Indikatorarten (Ciliaten) für mullartigen Moder und Moder in den Taxotopen (A) bis (E). + = nur qualitativ nachgewiesen!

Taxotop	A	B	E	C	D
Humusform	mullartiger Moder			Moder	
<i>Colpoda fastigata</i>	1,2	0,9	0,0	0,0	0,0
<i>Fuscheria terricola</i>	+	2,5	2,8	0,0	0,0
<i>Protospathidium serpens</i>	+	+	0,0	0,0	0,0
<i>Spathidium caudatum</i>	+	+	0,0	0,0	0,0
<i>Spathidium muscicola</i>	0,2	+	+	0,0	0,0
<i>Steinia candens</i>	+	0,0	+	0,0	0,0
<i>Urosomoida agilis</i>	+	0,0	17,9	0,0	0,0
<i>Urosomoida agiliformis</i>	+	+	+	0,0	0,0
<i>Bryometopus pseudochildon</i>	0,0	0,0	0,0	+	+
<i>Bryometopus sphagni</i>	0,0	0,0	0,0	+	+
<i>Frontonia depressa</i>	0,0	0,0	0,0	+	0,1
<i>Holosticha sigmoidea</i>	0,0	0,0	0,0	+	+
<i>Phacodinium metchnikoffi</i>	0,0	0,0	0,0	+	+
<i>Tachysoma hyalina</i>	0,0	0,0	0,0	13,0	0,3

Testaceen mit dem mikrobiellen Abbau der organischen Substanz korreliert ist. MEISTERFELD (1982) stellt eine vergleichbare Beziehung zwischen der mikrobiellen Biomasse und der Testaceen-Produktion fest. Zwischen der Abundanz der Ciliaten und dem CO₂-Ausstoß sind 4 entgegengesetzte und 1 gleiche Dynamik vorhanden. Diese angedeutete negative Korrelation könnte auf einem „grazing-Effekt“ beruhen, da die Ciliaten überwiegend Bakterienfresser sind. Auch bei dieser Untersuchung findet sich ein Trend, daß bei der Maximalentwicklung der einen Taxozönose die andere ein Minimum aufweist (vgl. FOISSNER und ADAM 1981). Dies ist bei 6 von den 10 möglichen Fällen mehr oder minder stark ausgeprägt.

Auffallend ist der ziemlich gegensätzliche Verlauf der Abundanz der Ciliaten und der Dehydrogenaseaktivität in 0–5 cm und 5–10 cm BT. Eine Erklärung für diese Beobachtung, die auch für die Testaceen der Taxotope (A,B,D) zutrifft, ist schwer zu finden, da der CO₂-Ausstoß, die Katalaseaktivität und zum Teil auch die Testaceen und die Dehydrogenaseaktivität (Taxotop C) eine eher gleichsinnige Verteilung zeigen. Möglicherweise ist er darauf zurückzuführen, daß sich in den tieferen Bodenschichten, die bereits weitgehend abgebautes organisches Material enthalten, zwangsläufig ein Minimum ergibt, wenn in der Förna ein Abbaumaximum herrscht. Sobald der oberflächliche Streuabbau durch ungünstige klimatische Verhältnisse (Abbildung 1!) oder durch fehlendes organisches Material gehemmt ist, kann die Aktivität in den unteren Bodenschichten vergleichsweise stärker sein, da sich dort kurzfristige ungünstige klimatische Ereignisse sicherlich weniger stark auswirken.

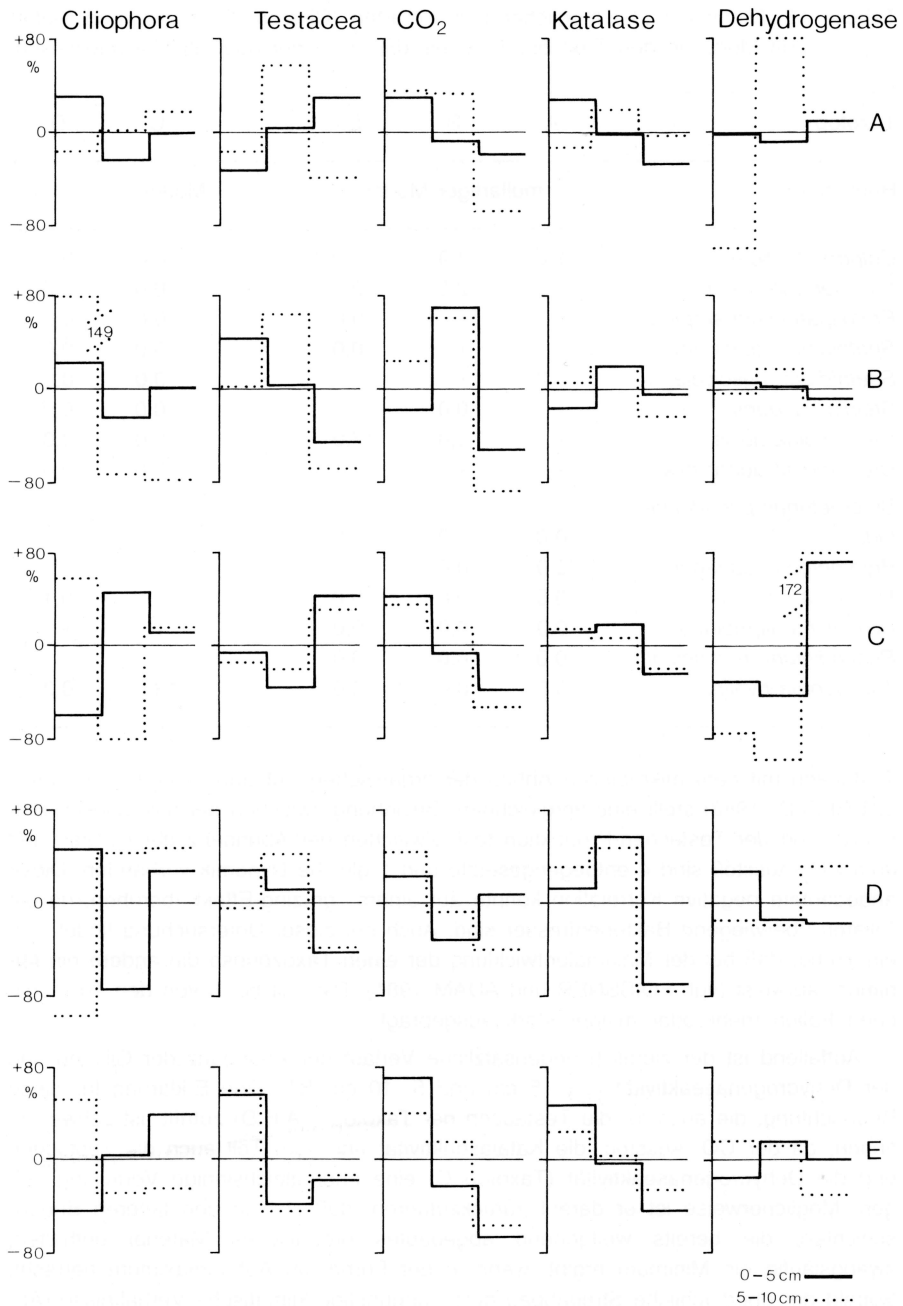


Abbildung 7: Abundanzdynamik der Ciliaten und Testaceen sowie Verlauf des CO₂-Ausstoßes und der Katalase- und Dehydrogenaseaktivität in den Taxotopen (A) bis (E), aufgetragen als prozentuelle Abweichung vom Mittelwert ($\bar{x}$). Enzymbiologische Daten aus PEER und FOISSNER (1984).

Hinsichtlich der Lage der „Maxima“ und „Minima“ sind keine Aussagen möglich, da diese nur auf Grund häufiger Untersuchungen im Jahresverlauf ermittelt werden können. Es ist nur festzustellen, daß die „Maxima“ und „Minima“ der untersuchten Parameter sowohl in den einzelnen Taxotopen als auch in den verschiedenen BT zu sehr verschiedenen Zeiten auftreten, was sich mit früheren Befunden deckt (FOISSNER und ADAM 1981). Übereinstimmungen finden sich lediglich bei den Ciliaten der Taxotope (A,B,D) in 0–5 cm BT („Maximum“ im Frühjahr, „Minimum“ im Sommer), bei den Testaceen der Taxotope (A,B,D) in 5–10 cm BT („Maximum“ im Sommer, „Minimum“ im Frühjahr) und beim CO₂-Ausstoß der Taxotope (A,C,D,E) in 5–10 cm BT („Maximum“ im Frühjahr, „Minimum“ im Herbst) (Abbildung 7).

7.3. Reihung der Taxotope nach protozoologischen und pedologischen Faktoren

Die Beurteilung der Flächen (A) bis (D) als Sukzessionsserie wird dadurch erschwert, daß sie sich in den abiotischen Voraussetzungen ziemlich stark unterscheiden (vgl. THALER et al. 1978).

Die Individuen- und Artenzahl (letztere zum Teil auch bei den Ciliaten; vgl. Abbildungen 2,3), die Biomasse und die Diversität der Testaceen sowie das Phosphat und etwas weniger ausgeprägt auch der Humusgehalt, das C/N-Verhältnis und der Wassergehalt steigen von (A) nach (D) an. Auch die Rotatorien und Nematoden zeigen diesen Trend (Tabelle 2). Der pH-Wert fällt dagegen entsprechend der zunehmenden Dicke der Streuschicht von (A) nach (D) ab. Bei den Ciliaten bietet sich kein so einheitliches Bild wie bei den Testaceen, wofür sicherlich methodische Mängel mitverantwortlich sind (Kulturmethode!). Hier findet man ähnlich wie beim CO₂-Ausstoß und dem Porenvolumen häufig die Gruppierung (C,B,A,D) bzw. (C,A,B,D), so bei der Individuenzahl, der Biomasse, der Artenzahl und der Diversität (Abbildung 8).

Vergleicht man die BT 0–5 cm und 5–10 cm, so zeigen sich genau genommen fast keine Übereinstimmungen. Ordnet man die Taxotope aber zu je 2 Gruppen, (A,B) bzw. (B,A) und (C,D) bzw. (D,C), kann man doch eine weitgehende Ähnlichkeit der Sukzessionen der beiden Strata feststellen (Abbildung 8).

Bemerkenswert wenige gleiche Sukzessionen ergeben sich zwischen den Testaceen und Ciliaten. In 0–5 cm BT stimmt lediglich die Artenzahl (AP $\bar{x}$) überein, in 5–10 cm BT ähneln sich die Artenzahl und die Evenness (Abbildung 8).

Die Gesamtartenzahl, die Abundanz und die Biomasse/m² der Testaceen nehmen mit steigender Katalaseaktivität statistisch signifikant ab (Tabelle 13). Ein schwer erklärbarer Befund, da man erwartet, daß diese Parameter positiv korrelieren, so wie die mikrobielle Biomasse und die Katalaseaktivität (SCHINNER 1978). Es entspricht der Erfahrung, daß in (D) und (C) mehr Testaceen vorhanden sind als in (A), (B) und (E). Da die mikrobielle Bodenatmung (CO₂) einen der Katalaseaktivität entgegengesetzten Trend aufweist, muß damit gerechnet werden, daß die festgestellte negative Korrelation auf methodische Schwierigkeiten oder andere Ursachen, die bei SCHINNER (1978) und BURNS (1982) besprochen sind, zurückzuführen ist. Dies wird durch die der Erwartung entsprechende positive Korrelation zwischen dem CO₂-Ausstoß und der Individuenzahl und der Biomasse der Ciliaten unterstrichen. Auch die abnorm geringe Niederschlagsmenge könnte dafür mitverantwortlich sein (Abbildung 1).

TAXOZÖNOSE	TESTACEA			CILIOPHORA
	0-5	5-10	0-5	5-10
BODENTIEFE(cm)				
INDIVIDUEN/g TG (x)	A<B<C<D	A<B<D<C	C<A<B<D	C<D<B<A
INDIVIDUEN/m ² (x)	A<B<D<C	A<B<D<C	C<B<A<D	C<D<B<A
BIOMASSE/1.000g TG (x)	A<B<C<D	A<B<D<C	C<A<B<D	C<B<A<D
BIOMASSE/m ² (x)	A<B<D<C	B<A<D<C	C<B<A<D	C<B<A<D
GESAMT-ARTENZAHL (belebte und unbelebte Schalen bzw. qualitativ)	A<B<C<D	A<B<D<C	C<A<B<D	A<B<C<D
GESAMT-ARTENZAHL (belebte Schalen bzw. quantitativ)	A<B<C<D	B<A<D<C	C<A<B<D	A<B<C<D
ARTENZAHL (belebte u. unbelebte Schalen bzw. AP) (x)	A<B<C<D	A<B<D<C	A<B<C<D	B<A<C<D
ARTENZAHL (belebte Schalen bzw. AZB) (x)	A<B<C<D	B<A<D<C	C<A<B<D	C<B<A<D
GESAMT-DIVERSITÄT	A<B<C<D	B<A<D<C	C<A<B<D	D<B<A<C
DIVERSITÄT (x)	A<B<C<D	B<D<A<C	D<C<A<B	A<D<C<B
GESAMT-EVENNESS	A<D<C<B	B<D<A<C	A<B<D<C	D<B<A<C
EVENNESS (x)	B<C<A<D	B<D<A<C	D<A<C<B	A<D<B<C
WASSERGEHALT (%) (x)	A<C<B<D	A<C<D<B	A<C<B<D	A<C<D<B
pH (x)	D<C<B<A	D<C<B<A	D<C<B<A	D<C<B<A
CO ₂ -AUSSTOSS (x)	C<A<B<D	C<A<D<B	C<A<B<D	C<A<D<B
KATALASE-AKTIVITÄT (x)	D<C<A<B	C<D<A<B	D<C<A<B	C<D<A<B
DEHYDROGENASE-AKTIVITÄT (x)	D<C<A<B	A<C<B<D	D<C<A<B	A<C<B<D
HUMUSGEHALT (%)	A<C<B<D	A<C<B<D	A<C<B<D	A<C<B<D
C/N-VERHÄLTNIS	A<C<B<D	A<B<C<D	A<C<B<D	A<B<C<D
P ₂ O ₅ (mg/100g)	A<B<C<D	A<C<B<D	A<B<C<D	A<C<B<D
PORENVOLUMEN (%)	C<A<B<D	A<C<D<B	C<A<B<D	A<C<D<B

Abbildung 8: Reihung der Taxotope (A) bis (D) nach protozoologischen und pedologischen Faktoren. Alle Werte sind nach abnehmender Größe geordnet. Bodenkundliche Daten aus PEER und FOISSNER (1984).

8. EINGLIEDERUNG DER ERGEBNISSE IN DIE ÖKOSYSTEMSTUDIE VON CERNUSCA (1978 a)

8.1. Abschätzung der Zoomasse in den Taxotopen (B) und (C)

FRANZ (1981) führt für 4 Standorte des Großglocknergebietes eine größenordnungsmäßige Abschätzung der Zoomasse durch und diskutiert die sich dabei ergebenden Schwierigkeiten. Mit Hilfe der vorliegenden und den Untersuchungen von MEYER (1981) und GERBER (1984) kann dies in ähnlicher Weise nun auch für 2 Standorte des Stubnerkogels versucht werden. Das Resultat ist in den Tabellen 16 und 17 zusammengestellt. Die Zoomasse des Erlenbestandes ist deutlich größer als die der wenig bewirtschafteten, an ihn angrenzenden Feuchtwiese, vor allem wegen der hohen Biomasse der Testaceen (Abbildung 9).

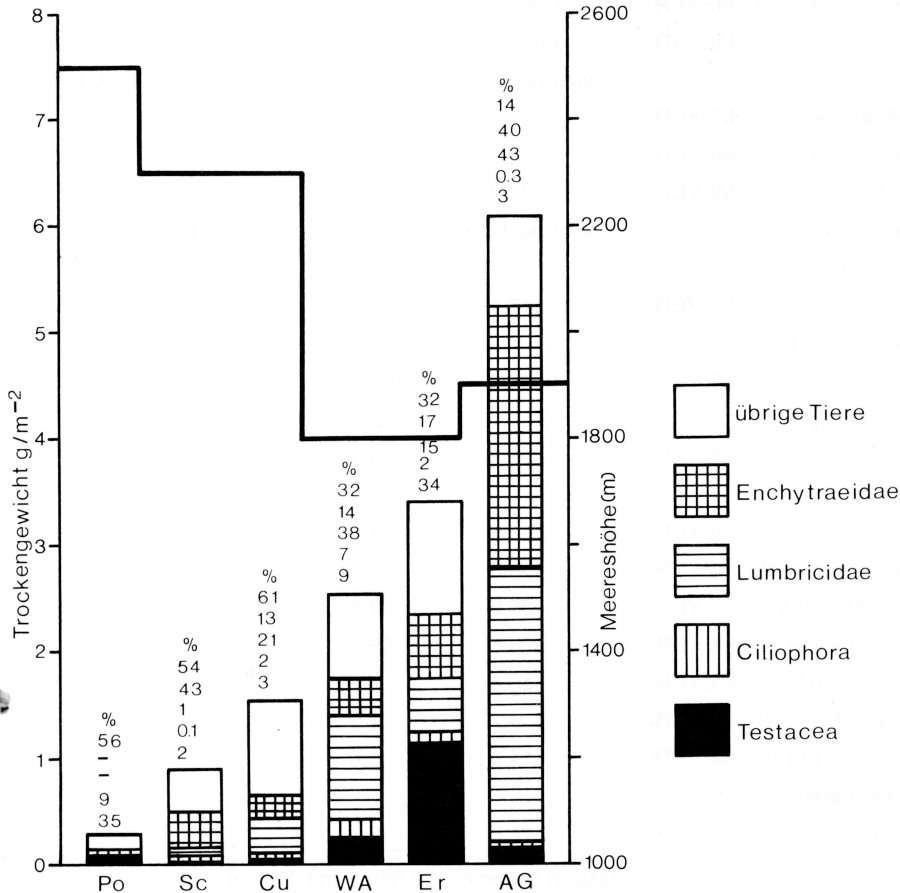


Abbildung 9: Vergleich der Zoomassen und prozentueller Anteil einiger Tiergruppen an der Zoomasse in der Polsterpflanzenstufe (Po), einem Schneetälchen (Sc), einem *Curvuletum*-Rasen (Cu), einer wenig bewirtschafteten Almweide am Stubnerkogel (WA), einem Grünerlenbestand (Er) und einer bewirtschafteten Almweide im Guttal (AG). Das Diagramm zeigt ferner die negative Korrelation zwischen Zoomasse und Meereshöhe ($r_s = -0.74$, $P = 0.1$). Die Werte für Po, Sc, Cu und AG sind der Arbeit von FRANZ (1981) entnommen, jene für die Polsterpflanzenstufe (Po) sind durch die Daten von FOISSNER (1981), FOISSNER und ADAM (1981) und GERBER (1981) ergänzt.

Tabelle 16: Zoomasse der wenig bewirtschafteten Almwiese bei der Saleser-Hütte (Taxotop B), 1.810 m ü.d.M., $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$

Tiergruppe	Autor	Lebend- gewicht	Trocken- gewicht	Anmerkungen
<i>Ciliata</i> ¹	FOISSNER	3.447,0	172,3	TS mit 5 % d.LG geschätzt
<i>Testacea</i>	FOISSNER	4.728,0	236,4	TS mit 5 % d.LG geschätzt
<i>Nematoda</i>	GERBER	1.596,0	79,8	TS mit 5 % d.LG geschätzt
<i>Arionidae</i>	MEYER	132,6	27,8	
<i>Vitrinidae</i>	MEYER	513,6	133,5	
<i>Enchytraeidae</i> ²	MEYER	1.950,0	351,0	
<i>Lumbricidae</i>	MEYER	4.036,0	968,6	
<i>Acari</i> ³		nicht bestimmt	129,0	Zahl von PERSSON & LOHM
<i>Araneae</i>	MEYER	22,2	6,4	
<i>Opiliones</i>	MEYER	8,5	1,7	
<i>Chilopoda</i>	MEYER	39,4	10,2	
<i>Collembola</i> ³		nicht bestimmt	142,0	Zahl von PERSSON & LOHM
<i>Coleoptera</i>				
(L) ⁴	MEYER	318,1	58,6	
<i>Coleoptera</i>				
(I) ⁴	MEYER	367,2	131,2	
<i>Hymenoptera</i>				
(L)	MEYER	2,3	1,7	
<i>Hymenoptera</i>				
(I)	MEYER	3,2	1,5	TS geschätzt
<i>Lepidoptera</i> (L)	MEYER	55,0	5,5	
<i>Nematocera</i> (L)	MEYER	25,9	2,8	
<i>Brachycera</i> (L)	MEYER	328,6	88,7	
<i>Diptera</i> (P) ⁴	MEYER	10,6	2,7	
<i>Nematocera</i> (I)	MEYER	8,7	2,2	
<i>Brachycera</i> (I)	MEYER	14,5	3,6	
Hol. Larven				
indet.	MEYER	12,8	2,3	

Zoomasse in Summe: 2.559,5 mg TS $\cdot \text{m}^{-2}$

¹ Werte nach der Kulturmethode von BUITKAMP (1979); sicher zu hoch (s. Tabelle 2 und FOISSNER 1981).

² Werte aus den Prozentangaben von MEYER (1981) berechnet.

³ In Anlehnung an FRANZ (1981) wurde für die *Acari* und *Collembola* der von PERSSON und LOHM (1977) in einer degradierten Kunstwiese ermittelte Wert genommen.

⁴ Es bedeuten L = Larven, I = Imagines, P = Puppen.

Tabelle 17: Zoomasse des isolierten Erlenbestandes bei der Salesen-Hütte (Taxotop C), 1.820 m ü.d.M., mg · m⁻²

Tiergruppe	Autor	Lebend- gewicht	Trocken- gewicht	Anmerkungen
<i>Ciliata</i> ¹	FOISSNER	1.681,1	84,1	TS mit 5 % d.LG geschätzt
<i>Testacea</i>	FOISSNER	23.152,0	1.157,6	TS mit 5 % d.LG geschätzt
<i>Nematoda</i>	GERBER	3.531,0	176,6	TS mit 5 % d.LG geschätzt
<i>Arionidae</i>	MEYER	27,5	5,8	
<i>Vitrinidae</i>	MEYER	9,2	2,4	
<i>Enchytraeidae</i> ²	MEYER	3.296,7	593,4	
<i>Lumbricidae</i>	MEYER	2.153,0	516,7	
<i>Acari</i> ³		nicht bestimmt	129,0	Zahl von PERSSON & LOHM
<i>Araneae</i>	MEYER	18,7	5,4	
<i>Pseudoscorpiones</i>	MEYER	30,9	9,3	
<i>Chilopoda</i>	MEYER	151,6	25,8	
<i>Diplopoda</i>	MEYER	125,2	45,1	
<i>Collembola</i> ³		nicht bestimmt	142,0	Zahl von PERSSON & LOHM
<i>Coleoptera</i>				
(L) ⁴	MEYER	363,4	87,6	
<i>Coleoptera</i>				
(I) ⁴	MEYER	338,0	115,1	
<i>Hymenoptera</i>				
(I)	MEYER	2,5	0,8	
<i>Nematocera</i>				
(L)	MEYER	1.703,0	187,3	
<i>Brachycera</i> (L)	MEYER	396,9	107,2	
<i>Diptera</i> (P) ⁴	MEYER	36,4	9,1	
<i>Nematocera</i> (I)	MEYER	8,8	2,2	
<i>Brachycera</i> (I)	MEYER	11,8	3,0	

Zoomasse in Summe: 3.405,5 mg TS · m⁻²¹ Werte nach der Kulturmethode von BUITKAMP (1979); sicher zu hoch (s. Tabelle 2 und FOISSNER 1981).² Werte aus den Prozentangaben von MEYER (1981) berechnet.³ In Anlehnung an FRANZ (1981) wurde für die *Acari* und *Collembola* der von PERSSON und LOHM (1977) in einer degradierten Kunstwiese genommen.⁴ Es bedeuten L = Larven, I = Imagines, P = Puppen.

8.2. Abhängigkeit der Zoomasse von der Meeres- höhe

FRANZ (1981) folgert aus den ihm vorliegenden Daten, daß die Zoomasse auch unter ähnlichen Pflanzenbeständen mit der Seehöhe stark abnimmt. Dies wird durch die vorliegenden Untersuchungen bestätigt und auf eine sichere statistische Basis gestellt (Abbildung 9). Die niedrigste Zoomasse findet man in der Polsterpflanzenstufe 2.500 m ü.d.M., eine bereits deutlich höhere im *Curvuletum*-Rasen 2.300 m ü.d.M. und eine nochmals merklich höhere in der Feuchtwiese 1.800 m ü.d.M. Der sehr hohe Wert in der Almweide/Guttal dürfte überwiegend auf die vergleichsweise günstigen klimatischen Verhältnisse dieses Standortes zurückzuführen sein. ZICSI (1981) findet an diesem Standort übrigens bedeutend weniger Regenwürmer als MEYER (1981).

8.3. Anteil der Protozoen an der Zoomasse

Bemerkenswert ist der hohe Beitrag der Protozoen, besonders der Testaceen zur Zoomasse. Er beläuft sich in der Polsterpflanzenstufe und im Erlenbestand auf rund ein Drittel! Nicht eingerechnet sind dabei die vielleicht nicht unbeträchtlich hohen Biomassen der Nacktamoeben und Flagellaten (PUSSARD 1971, MEISTERFELD 1982). Allerdings stützen sich diese Werte, so wie die der Ciliaten, nur auf Kulturmethode, mit denen keine richtige Abschätzung der Biomasse möglich ist (FOISSNER 1981, 1983). Die Überschätzung der Biomasse der Ciliaten wird aber zumindest in den Proben vom Stubnerkogel dadurch ausgeglichen, daß die der Testaceen sicher zu niedrig ausgefallen ist, da nur eine 10 cm dicke Bodenschicht als belebt angenommen wurde. Die noch hohen Biomassen in 5–10 cm BT lassen erwarten, daß auch die Zone in 10–15 cm BT noch ziemlich stark besiedelt ist. Außerdem ist das angenommene Trockengewicht von 5 % des Feuchtgewichtes vermutlich beträchtlich zu niedrig (ROGERSON 1981, GATES et al. 1982). Auch an den übrigen Standorten übertrifft die Biomasse der Protozoen die vieler anderer Taxa. Sie dürfen daher bei Ökosystemstudien sicherlich nicht vernachlässigt werden. Dies umso mehr, als sie mit einem P/B-Quotienten bis 110 : 1 (SCHÖNBORN 1982) eine sehr hohe Umsatzrate besitzen und ihr Anteil an der Produktion daher noch weitaus größer sein muß als der an der „standing crop“. Im Glocknergebiet beträgt der P/B-Quotient für die Testaceen allerdings nur 0,7 : 1 und 5 : 1 (FOISSNER und ADAM 1981). Er liegt damit in der gleichen Größenordnung wie der der Makrofauna gemäßigter Biotope. Allerdings dürfte im Hochgebirge der P/B-Quotient für die Makrofauna bedeutend niedriger sein (CERMAK 1981). Die früher getroffene Feststellung (FOISSNER und ADAM 1981), daß die Testaceen im Energiehaushalt alpiner Graslandböden eine eher geringe Rolle spielen, muß daher teilweise revidiert werden. Die vorliegenden (Abbildung 9), uns damals nicht bekannten Daten zeigen, daß die Protozoen wegen der relativ niedrigen Biomasse der übrigen Tiere stärker ins Gewicht fallen als ursprünglich angenommen.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden die Struktur und die Dynamik der terrestrischen Testaceen- und Ciliatentaxozönose an 5 Standorten der subalpinen Waldgrenze (~ 1.800 m ü.d.M.) der Hohen Tauern untersucht. Taxotop (A): bewirtschaftete Almweide, Taxotop (B): wenig bewirtschaftete Almweide, Taxotop (C): isolierter Erlenbestand, Taxotop (D): Erlenbestand, durchsetzt mit Zwergsträuchern und Fichten, Taxotop (E): stark eutrophe Lägerflur. Die Taxotope (A) bis (D) repräsentieren hinsichtlich der Vegetation eine Sukzession von einer bewirtschafteten zu einer aufgelassenen Almfläche. Boden-

typ: Alpiner Pseudogley mit mehr oder minder stark ausgeprägter Podsolodynamik. Humusform: mullartiger Moder (A,B,E), Moder (C,D), Rohhumus (D). pH: 4,2–5,4 (A,B,E), 3,2–3,7 (C,D). Die Abundanz und die Artenzahl wurden durch Direktzählung in wässrigen Bodensuspensionen bestimmt. Für die Ciliaten wurden auch Kulturmethoden verwendet. Die bodenkundlichen Daten sind der Arbeit von PEER und FOISSNER (1984) entnommen.

Nur in 15 der 30 Proben sind aktive Ciliaten nachweisbar. Ihre Abundanz steigt von (A) nach (E) und korreliert positiv ($P \leq 0,05$) mit dem Phosphorgehalt des Bodens. Die Artenzahl ist bei beiden Taxozönosen in (C) und (D) am höchsten und bei den Testaceen in (A), bei den Ciliaten in (E) am niedrigsten. Ähnlich verhalten sich die Diversität und die Evenness. Diese und andere Untersuchungen weisen darauf hin, daß zur Aufnahme des Artenspektrums bei den Testaceen eine zweimalige, bei den Ciliaten eine dreimalige Untersuchung im Jahresverlauf ausreicht. Die Artenzahl, die Abundanz und die Biomasse der Testaceen steigen von (A) nach (D) an und zeigen eine negative Korrelation ($P \leq 0,05$) mit der Katalaseaktivität. Die Abundanz und die Biomasse der Ciliaten steigen dagegen von (E) nach (D) an und korrelieren positiv ($P \leq 0,1$) mit dem CO_2 -Ausstoß. Im großen und ganzen folgen viele der untersuchten Parameter der Testaceen- und Ciliaten-taxonose und des Bodens der oben beschriebenen Sukzession $A < B < C < D$. Einige verlaufen aber auch entgegengesetzt, zum Beispiel der pH-Wert und die Dehydrogenaseaktivität. Die Abundanzdynamik der Protozoen zeigt nur undeutliche Beziehungen zur Dynamik der Bodenenzyme und des CO_2 -Ausstoßes. Die Abundanz der Testaceen folgt jedoch häufig der Dehydrogenaseaktivität, während die Bodenrespiration und die Abundanzdynamik der Ciliaten einen entgegengesetzten Trend aufweisen.

Hinsichtlich der Artenidentität trennen sich die 5 Taxotope bei den Testaceen in die Gruppen (B,C,D) und (A,E) auf, die Ciliaten bilden die Gemeinschaften (A,B,E) und (C,D). Diese Gruppierungen entsprechen der Erwartung, daß die Wald- und Wiesenstandorte die geringste Ähnlichkeit im Artenspektrum aufweisen. Mit der Dominanzidentität und der Abundanzidentität ist die Trennung unschärfer. Die Struktur beider Taxozönosen ähnelt jener, die FOISSNER (1981) und FOISSNER und ADAM (1981) im Großglocknergebiet feststellten. Die für milden Humus charakteristischen Testaceen-Arten treten bevorzugt in den Taxotopen (A), (B) und (E) auf, die für sauren Humus typischen Arten überwiegen in (C) und (D). Einige Ciliaten-Arten, die vielleicht Indikatoren für mullartigen Moder und für Moder sind, werden angeführt.

Für die Taxotope (B) und (C) werden mit Hilfe der Daten von MEYER (1981) und GERBER (1984) die Zoomassen/ m^2 abgeschätzt und mit 4 Biotopen des Glocknergebietes verglichen. Es ist eine negative Korrelation ($P = 0,1$) zwischen der Zoomasse und der Meereshöhe festzustellen. In 2 der 6 Biotope beträgt die Biomasse der Protozoen mindestens ein Drittel der gesamten Zoomasse. Stellt man den hohen P/B-Quotienten der Protozoen in Rechnung, so ist offensichtlich, daß sie in terrestrischen Ökosystemen eine der wichtigsten Tiergruppen sind.

DANK

Für die Anregung dieser Arbeit danke ich Herrn Univ.-Prof. Dipl.Ing. DDr. Herbert FRANZ, der sie aus dem Projekt 2.794 „Dynamik der Hochgebirgsböden“ beim Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung auch finanziell unterstützte.

LITERATUR

- BERGER, H., W. FOISSNER und H. ADAM (1984): Protozoologische Untersuchungen an Almböden im Gasteiner Tal (Zentralalpen, Österreich). IV. Experimentelle Studien zur Wirkung der Bodenverdichtung auf die Struktur der Testaceen- und Ciliatentaxonose. Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern (in diesem Band).
- BONNET, L. (1964): Le peuplement thécamoebien des sols. Rev. Ecol. Biol. Sol, 1, S. 123–408.
- BRAY, J.R. und J.T. CURTIS (1957): An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol. Monogr., 27, S. 325–349.
- BUITKAMP, U. (1979): Vergleichende Untersuchungen zur Temperaturadaptation von Bodenciliaten aus klimatisch verschiedenen Regionen. Pedobiologia, 19, S. 221–236.
- BURNS, R.G. (1982): Enzyme activity in soil: location and a possible role in microbial ecology. Soil. Biol. Biochem., 14, S. 423–427.
- CERNUSCA, A. (Hgb.) (1978 a): Ökologische Analysen von Almfächen im Gasteiner Tal. Veröff. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, 2, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck, 390 S.
- (1978 b): Ökologische Veränderungen im Bereich aufgelassener Almen. Veröff. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, 2, S. 7–27.

- CORLISS, J.O. (1953): Silver impregnation of ciliated protozoa by the Chatton-Lwoff technic. *Stain Technol.*, 28, S. 97–100.
- COÛTEAUX, M.-M. (1969): Étude de la communauté de thécamoebiens d'une chaîne à luzule (Moyenne-Belgique). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 269, S. 335–338.
- CZERMAK, B. (1981): Autökologie und Populationsdynamik hochalpiner Araneen unter besonderer Berücksichtigung von Verteilung, Individuendichte und Biomasse in Grasheidebiotopen. Veröff. Österr. Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, 4, S. 101–151.
- FERNANDEZ-GALIANO, D. (1976): Silver impregnation of ciliated protozoa: procedure yielding good results with the pyridinated silver carbonate method. *Trans. Amer. Micros. Soc.*, 95, S. 557–560.
- FOISSNER, W. (1980): Colpodide Ciliaten (Protozoa: Ciliophora) aus alpinen Böden. *Zool. Jb. Syst.*, 107, S. 391–432.
- (1981): Die Gemeinschaftsstruktur der Ciliatenzönose in alpinen Böden (Hohe Tauern, Österreich) und Grundlagen für eine Synökologie der terricolen Ciliaten (Protozoa, Ciliophora). Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, 4, S. 7–52.
- (1982): Ökologie und Taxonomie der Hypotrichida (Protozoa: Ciliophora) einiger österreichischer Böden. *Arch. Protistenk.*, 126, S. 19–143.
- (1983): Estimation of numbers of Protista in soil: A test of the "direct method". *J. Protozool.* (in press).
- und H. ADAM (1980): Abundanz, Vertikalverteilung und Artenzahl der terrestrischen Ciliaten und Testaceen einer Almweide und einer Schipiste auf der Schloßalm bei Bad Hofgastein (Österreich). *Zool. Anz.*, 205, S. 181–187.
- (1981): Die Gemeinschaftsstruktur und Produktion der terricolen Testaceen (Protozoa, Rhizopoda) in einigen Böden der Österreichischen Zentralalpen (Hohe Tauern, Glocknergebiet). Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, 4, S. 53–78.
- , H. FRANZ und H. ADAM (1982): Terrestrische Protozoen als Bioindikatoren im Boden einer planierten Ski-Piste. *Pedobiologia*, 24, S. 45–56.
- und T. PEER (1984): Protozoologische Untersuchungen an Almböden im Gasteiner Tal (Zentralalpen, Österreich). I. Charakteristik der Taxoite, Faunistik und Autökologie der Testacea und Ciliophora. Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern (in diesem Band).
- FRANZ, H. (1975): Die Bodenfauna der Erde in biozönotischer Betrachtung. Teil 1: Textband, Teil 2: Tabellenband. F. Steiner, Wiesbaden. S. 796 und 485 S.
- (1981): Zusammenfassung der bodenzoologischen Ergebnisse. Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, 4, S. 247–254.
- GATES, M.A., A. ROGERSON und J. BERGER (1982): Dry to wet weight biomass conversion constant for *Tetrahymena ellioti* (Ciliophora, Protozoa). *Oecologia (Berl.)*, 55, S. 145–148.
- GERBER, K. (1981): Die Nematodenfauna alpiner Böden im Großglocknergebiet (Hohe Tauern, Österreich). Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, 4, S. 79–90.
- (1984): Faunistische und ökologische Studien über die Nematoden einiger subalpiner Böden bei Badgastein (Zentralalpen, Österreich). Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern (in diesem Band).
- GROSPHETSCH, T. (1965): Wechseltierchen (Rhizopoden). 2. Aufl. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 87 S.
- JACCARD, P. (1902): Lois de distribution florale dans la zone alpine. *Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat.*, 38, S. 69–130.
- LAMINGER, H. (1972): Terrestrische Testaceen (Protozoa, Rhizopoda) in der Umgebung von Obergurgl (Österreich, Tirol). *Pedobiologia*, 12, S. 16–22.
- , GEISLER-MORODER, K., A. SIESS, E. SPISS und B. SPISS (1980): Populationsdynamik terrestrischer Protozoen (Testacea, Rhizopoda) in zentralalpiner Lagen Tirols. I. Untersuchungen subalpiner Böden im Raum Obergurgl (Tirol, Österreich). *Arch. Protistenk.*, 123, S. 280–323.
- , G. KAINZ und G. HORVATH (1982): Populationsdynamik terrestrischer Protozoen (Testacea, Rhizopoda) in zentralalpiner Lagen Tirols. *Zool. Anz.*, 208, S. 339–351.
- LENHARD, G. (1956): Die Dehydrogenaseaktivität des Bodens als Maß für die Mikroorganismen-tätigkeit im Boden. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk.*, 73, S. 1–16.
- MEISTERFELD, R. (1980): Die Struktur von Testaceentaxozönosen (Rhizopoda, Testacea) in Böden des Solings. *Verh. Gesell. Ökologie (Freising-Weihenstephan 1979)*, 8, S. 435–447.
- (1982): The dynamics and production of naked and testate amoeba in soil. *J. Protozool.*, 29, S. 524–525 (Abstr. 1982).
- MEYER, E. (1981): Abundanz und Biomasse von Invertebraten in zentralalpiner Böden (Hohe Tauern, Österreich). Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, 4, S. 153–178.
- MORISITA, M. (1959): Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ.*, Ser. E. Bio., 3, S. 65–80.
- MÜHLENBERG, M. (1976): Freilandökologie. Quelle & Meyer, Heidelberg, 214 S.
- PEER, T. und W. FOISSNER (1984): Protozoologische Untersuchungen an Almböden im Gasteiner Tal (Zentralalpen, Österreich). II. Bodenkundliche Analysen mit besonderer Berücksichtigung der stark belebten Zone. Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern (in diesem Band).
- PERSSON, T. und U. LOHM (1977): Energetical significance of the annelids and arthropods in a Swedish grassland soil. *Ecol. Bull.*, 23, S. 1–211.
- PUSSARD, M. (1971): Les protozoaires du sol. In P. PESSON (ed.): *La vie dans les sols. Aspects nouveaux études expérimentales*. Gauthier-Villars, Paris, S. 149–185.
- RENKONEN, O. (1938): Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. *Ann. Zool. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo*, 6, S. 1–231.
- ROGERSON, A. (1981): The ecological energetics of *Amoeba proteus* (Protozoa). *Hydrobiologia*, 85, S. 117–128.

- ROSA, K. (1962): Mikroedafon im degradierten Kieferbestand und in Töpfen auf tertiärem Sand in Nová Ves bei České Budějovice. *Acta Univ. Carol. Biol. Suppl.* 1962, S. 7–30.
- SCHINNER, F. (1978): ATP-Messungen und Abschätzung der mikrobiellen Biomasse in verschiedenen Böden der oberen subalpinen Stufe. Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, 2, S. 299–310.
- und A. GURSCHLER (1978): Saccharase- und Dehydrogenaseaktivitätsmessungen in verschiedenen Böden der oberen subalpinen Stufe. Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, 2, S. 275–288.
- SCHÖNBORN, W. (1964): Bodenbewohnende Testaceen aus Deutschland, I. Untersuchungen im Naturschutzgebiet Serrahn (Mecklenburg). *Limnologica* (Berlin), 2, S. 105–122.
- (1966): Beschaltete Amöben (Testacea). A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt. 112 S.
- (1967): Taxozönitik der beschalteten Süßwasser-Rhizopoden. Eine raumstrukturanalytische Untersuchung über Lebensraumerweiterung und Evolution bei der Mikrofauna. *Limnologica* (Berlin), 5, S. 159–207.
- (1973): Humusform und Testaceen-Besatz. *Pedobiologia*, 13, S. 353–360.
- (1982): Estimation of annual production of Testacea (Protozoa) in mull and moder (II). *Pedobiologia*, 23, S. 383–393.
- SCHWERDTFEGER, F. (1975): Synökologie. P. Parey, Hamburg und Berlin. 451 S.
- SØRENSEN, T. (1948): A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Dansk. vidensk. Selsk. biol. Skr.*, 5, S. 1–35.
- SOUTHWOOD, T.R.E. (1966): Ecological methods. Methuen, London. 391 S.
- THALER, K., I. DE ZORDO, E. MEYER, H. SCHATZ und H. TROGER (1978): Arthropoden auf Almflächen im Raum von Badgastein (Zentralalpen, Salzburg, Österreich). Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, 2, S. 195–233.
- VERGEINER, J., H. LAMINGER, C. JAITNER-KNADEN und H. BAYER (1982): Populationsdynamik terrestrischer Protozoen (Testaceae, Rhizopoda) in zentralalpinen Lagen Tirols II. Untersuchungen gestörter und relativ ungestörter Böden im Raume Patsch (Tirol, Österreich). *Arch. Protistenk.*, 126, S. 173–201.
- VOLZ, P. (1951): Untersuchungen über die Mikrofauna des Waldbodens. *Zool. Jb. Syst.*, 79, S. 514–566.
- (1967): Vorarbeiten für ein System der tierischen Boden-Lebensgemeinschaften. In O. GRAFF und J.E. SATCHELL (ed.): *Progress in soil biology*. Braunschweig-Amsterdam, S. 575–584.
- 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. 29–45.
- WOLDA, H. (1981): Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia* (Berl), 50, S. 296–302.
- ZICSI, A. (1981): Regenwürmer des Großglocknergebietes. Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, 4, S. 91–94.

Anschrift des Verfassers: Univ.-Doz. Dr. Wilhelm FOISSNER
Zoologisches Institut der Universität Salzburg
Akademiestraße 26
A–5020 Salzburg
und Forschungsinstitut Gastein-Tauernregion
Badbergstraße
A–5640 Badgastein