

Zoologisches Institut der Universität Salzburg

Terrestrische Protozoen als Bioindikatoren im Boden
einer planierten Ski-Piste¹⁾

W. FOISSNER, H. FRANZ und H. ADAM

Mit 2 Abbildungen

(Angenommen: 11. 02. 82)

Inhalt

1. Einleitung	45
2. Material und Methoden	45
2.1. Lage und Charakteristik der Habitate	
2.2. Untersuchungstechnik	
3. Ergebnisse	47
3.1. Testaceen und abiotische Faktoren.	
3.2. Ciliaten (Kulturmethode)	
3.3. Aktive Ciliaten, Nematoden und Rotatorien	
4. Diskussion	53
5. Danksagung.	54
6. Zusammenfassung	55
7. Literatur & Synopsis	55

1. Einleitung

Protozoen, besonders die Ciliaten, haben sich bisher vor allem in der Fließwasserökologie als Bioindikatoren bewährt (Übersichten bei LIEBMANN 1951, BICK & KUNZE 1971, SLÁDEČEK 1973). In der terrestrischen Ökologie wurden sie nur vereinzelt zur Quantifizierung anthropogener Einflüsse herangezogen (Übersichten bei FRANZ 1975, COÛTEAUX 1979, FOISSNER 1981). In den letzten Jahren sind im Gebirge durch den stark zunehmenden Winter-sportbetrieb eine Reihe ernster ökologischer Probleme entstanden, die im Verlaufe mehrerer interdisziplinärer Studien erhoben und genauer untersucht worden sind (CERNUSCA 1977, 1978, THALER 1977). Erste Untersuchungen über die Protozoenfauna von Schipisten in alpinen Lagen wurden von FOISSNER & ADAM (1980) und LAMINGER et al. (1980) durchgeführt. Diese Arbeiten zeigen, daß Protozoen auch in der terrestrischen Ökologie für die Quantifizierung anthropogener Einwirkungen geeignet sind. Die praktische Arbeit wird derzeit leider durch das Fehlen von umfangreicheren vergleichenden Untersuchungen und wichtiger Grundlagen noch sehr erschwert. Besonders große Wissenslücken bestehen bei der Taxonomie und Autökologie. Die vorliegende Studie ist ein weiterer Beitrag zur Frage, ob terricole Testaceen und Ciliaten als Bioindikatoren gelten können.

2. Material und Methoden

2.1. Lage und Charakteristik der Habitate

Die Habitate liegen in den Österreichischen Zentralalpen, etwa 300 m südlich der Bergstation „Kleine Scharte“ im Gebiet der Schloßalmabfahrt bei Bad Hofgastein (Salzburg, Österreich). Kennzeichnend ist ein in der Nähe gelegener großer, perennierender Almtümpel (Abb. 1). Das Schloßalmgebiet wird mit etwa 60 Rindern, 8 Pferden und 14 Ziegen beweidet. Die Ski-Piste wurde vor mehreren

¹⁾ Eine Kurzfassung dieser Arbeit wurde beim „VI International Congress of Protozoology“ in Warschau (05.—11. 07. 1981) vorgetragen.

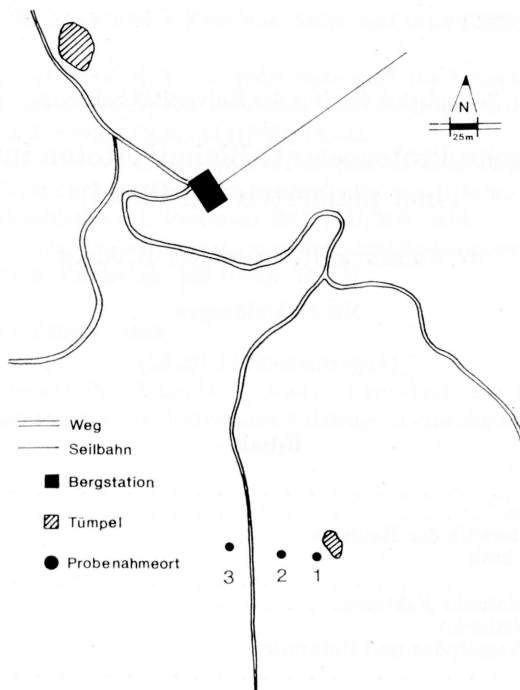


Abb. 1. Übersichtskarte für das Schloßalmgebiet mit Eintragung der Entnahmestellen der Proben (Probenahmeorte 1, 2, 3). Nach einem Luftbild gezeichnet. Map of the Schloßalm area, with insertion of the investigated habitats (sample plots 1, 2, 3); drawn from an aerial photograph.

Jahren geplant. Verschiedene Renaturierungsmaßnahmen (Begrünung mit überwiegend standorts-fremden Pflanzen, Strohaufbringung, Düngung etc.) hatten bisher nur geringen Erfolg. Die Abgrenzung von Ski-Piste und Almweide ist wegen der stark veränderten floristischen und pedologischen Verhältnisse klar ersichtlich.

Die erste Probenahme erfolgte am 05. 07. 80, etwa 3 Wochen nach Beginn der Ausaperung¹⁾, die wegen des anhaltenden Schlechtwetters etwa 4 Wochen später einsetzte als üblich. Eine Woche vor der Probenahme fielen 25 cm Neuschnee, und auch in den Tagen vor dem 05. 07. 80 kam es immer wieder zu leichten Schneefällen, weshalb in der Umgebung der Habitate noch große Schneefelder lagen. Die Habitate waren aber bereits schneefrei. Die Vegetation zeigte den Vorfrühlingspekt. Der zweiten Probenahme am 15. 08. 80 war eine etwa 3 Wochen andauernde Schönwetterperiode vorangegangen, die nur am 12. 08. von einem heftigen Regen unterbrochen wurde. Die Vegetation zeigte den Sommeraspekt. Die dritte Probenahme erfolgte am 23. 10. 80 nach einer viertägigen Schönwetterperiode, der allerdings eine vierzehntägige Schlechtwetterperiode vorangegangen war, während der 100 cm Schnee fielen. Am 23. 10. 80 lag die Schneegrenze bei 1600 m. Der Boden war nicht gefroren. Die Vegetation war niedergedrückt und im Absterben. Am Tag der Probenahme herrschten Schönwetter und Schneeschmelze. Habitat 1 war noch mit einer ungefähr 10 cm, Habitat 2 mit einer etwa 5 cm hohen Schneedecke bedeckt, Habitat 3 war schneefrei.

Die botanischen Hinweise zu den im folgenden beschriebenen Habitaten verdanken wir Frau Mag. MONIKA ISDA. Die Angaben zum Bodentyp wurden der Karte von FINK et al. (1979) entnommen.

Habitat 1 Weitgehend unbeeinflusste Almweide, etwa 80 m östlich des Störungszentrums der Ski-Piste. Meereshöhe etwa 1950 m. Almweidevegetation mit den dominanten Arten *Nardus stricta* (L.), *Deschampsia caespitosa* (L.) und *Anthoxanthum odoratum* (L.). **Bodentyp** Semipodsol mit 20–40% Podsol auf Silikatgestein. Schicht von 0–5 cm: stärkst durchwurzelt, stärkst humos, Mull und schlecht zersetzte Pflanzenreste, schwarzbraun. Schicht von 5–10 cm: mäßig stark durchwurzelt, humos, schwarzgrau, mäßig stark mit aufgemürbtem Schiefergestein durchsetzt.

Habitat 2 Randbereich der Ski-Piste, etwa 50 m östlich des Störungszentrums der Ski-Piste. Meereshöhe etwa 1950 m, leicht geneigter Südhang. Almweidevegetation mit den bei Habitat 1 angeführten dominanten Arten, die allerdings keine so starke Entwicklung zeigten wie bei Habitat 1.

¹⁾ Beginn des Abtauens.

Bodentyp leicht gestörter Semipodsol mit 20–40% Podsol auf Silikatgestein. Schicht von 0–5 cm: stark durchwurzelt, stark humos, Mull und schlecht zersetzte Pflanzenreste, schwarzbraun, mäßig stark mit aufgemürbtem Schiefergestein durchsetzt. Schicht von 5–10 cm: mäßig stark durchwurzelt, humos, schwarzgrau, mäßig stark mit aufgemürbtem Schiefergestein durchsetzt.

Habitat 3 Störungszentrum (SPATZ 1978) der Ski-Piste. Meereshöhe etwa 1950 m, leicht geneigter Südhang. Natürliche Pflanzendecke und natürliches Bodenprofil durch die Pistenplanierung zerstört. Dominant sind *Achillea millefolium* agg. (L.), *Deschampsia caespitosa* (L.) und Moose. Die Vegetationsdecke ist nicht geschlossen und die Wurzelmasse stark verringert. Bodenschicht von 0–5 cm: mäßig stark durchwurzelt, humos, schwarzgrau, deutlich verdichtet, mäßig stark mit aufgemürbtem Schiefergestein durchsetzt. Bodenschicht von 5–10 cm: sehr gering durchwurzelt, gering humos, verdichtet, schwarzgrau mit rötlichen Flecken, stark mit fein- bis grobkörnigem Verwitterungsschutt der Schiefergesteine durchsetzt.

2.2. Untersuchungstechnik

Eine detaillierte Beschreibung der Untersuchungstechnik findet sich bei FOISSNER (1981) und FOISSNER & ADAM (1981). Hier wird daher nur das zum Verständnis der Arbeit Nötige angeführt.

Zur Untersuchung auf aktive Ciliaten und Testaceen wurden in 0–5 cm und 5–10 cm Bodentiefe etwa 5 × 5 cm große Bodenproben innerhalb eines Areals von 1 m² ausgestochen und durchmischt. Aus dieser Stammprobe entnahmen wir 5 Stichproben zu je etwa 0,02 g und wogen auf der Analysenwaage insgesamt 0,1 g ein. In dieser mit ungefähr 3 ml Wasser verdünnten Probe wurden anschließend direkt unter dem Mikroskop bei 100facher Gesamtvergrößerung (Objektiv-Eigenvergrößerung 10:1, Okular-Vergrößerung 10:1) die Abundanz und das Artenspektrum ermittelt. 100 g der Stammprobe wurden zur Trockengewichtsbestimmung (~ 14 Tage Lufttrocknung) verwendet.

Die Ciliaten wurden nach der Methode von BUITKAMP (1979) kultiviert. Zur Ermittlung der Abundanz wurde die Technik von BRUNBERG-NIELSEN (1968) angewandt. Die Artenzahl der Ciliaten wurde in Anlehnung an die Methode von BUITKAMP (1979) nach Incubation von bis zur Sättigung angefeuchteten Bodenproben bestimmt. Für diesen Zweck wurden Petrischalen (Ø 10 cm) mit je 10 g lufttrocknen Bodens besieckelt. BUITKAMP (1979) genügten 3 g Bodenmaterial. Unsere früheren Untersuchungen (FOISSNER 1981) zeigten aber, daß in größeren Bodenproben (10–20 g) auch mehr Arten gefunden werden.

Nach 6tägiger Incubation bei Zimmertemperatur wurde durch leichten Fingerdruck aus den feuchten Bodenproben Wasser ausgepreßt. Davon wurden je 4 Stichproben von 0,1 ml Volumen entnommen und mikroskopisch untersucht.

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.

Die Artenidentität wurde nach SØRENSEN (1948), die Individuendominanz nach SCHWERDT-FEGER (1975) berechnet. Die Diversität und Evenness nach SHANNON-WEAVER wurden nach der von MÜHLENBERG (1976) gegebenen Anleitung berechnet. Den Proben-Filosen-Prozentsatz (prozentualer Anteil der filosen Testaceen an der Gesamtzahl aller gefundenen Arten einer Probe) bestimmten wir nach MARTIN (1963). Der pH-Wert wurde elektrometrisch (Glaselektrode) in einer wäßrigen Bodensuspension ermittelt. Der Bodenwassergehalt ist in % des lufttrockenen Bodens angegeben.

3. Ergebnisse

3.1. Testaceen und abiotische Faktoren

Es wurden insgesamt 21 Arten und Varietäten festgestellt (Tabelle 1). Dominant (> 5%) waren im Habitat 1 *Centropyxis aerophila* DEFLANDRE, *Phryganella acropodia* (HERTWIG et LESSER), *Schoenbornia humicola* (SCHÖNBORN), *Trinema complanatum* var. *globosa* CHARDEZ und *Trinema lineare* PENARD. Im Habitat 2 waren *Centropyxis aerophila* DEFLANDRE, *Phryganella acropodia* (HERTWIG et LESSER), *Plagiopyxis declivis* THOMAS und *Centropyxis orbicularis* DEFLANDRE dominant. *Centropyxis aerophila* DEFLANDRE, *Phryganella acropodia* (HERTWIG et LESSER), *Trinema lineare* PENARD, *Arcella arenaria* var. *compressa* CHARDEZ und *Plagiopyxis callida* PENARD waren im Habitat 3 dominant. *Assulina muscorum* GREEFF, *Corythion dubium* TARANEK, *Cyclopyxis ambigua* BONNET et THOMAS, *Centropyxis elongata* (PENARD), *Nebela parvula* CASH und *Trigonopyxis arcuata* (LEIDY) wurden nur im Habitat 1 gefunden, wo sie aber recht selten waren. Diese Unterschiede im Artenspektrum drücken sich deutlich in der Artenidentität aus. Sie war zwischen den Habitaten 1 und 2 bedeutend höher als zwischen den Habitaten 1 und 3 (Tabelle 5).

Tabelle 1. Artenzahlen der Testaceen und Ciliaten. Species numbers of testacea and ciliates

Taxo- zönose	Bodentiefe (cm)	Methodik	Artenzahl der Habitate			χ^2 -Test zwischen den Habi- taten ¹		
			1	2	3	1 und 3	1 und 2	2 und 3
Testacea	0—10	quantitativ	21	15	10	0,05	0,40	0,40
Ciliophora	0—10	quantitativ	20	28	22	0,80	0,30	0,40
Ciliophora	0— 5	qualitativ	30	36	35	0,60	0,50	0,95
Ciliophora	5—10	qualitativ	6	18	12	0,20	0,02	0,30

1) Hochsignifikante Unterschiede sind unterstrichen [Strongly significant differences are underlined].

Tabelle 2. Zusammenstellung verschiedener zöologischer Parameter der Testaceenzönose von den Habitaten 1, 2 und 3 in 0—5 cm (a) und 5—10 cm (b) Bodentiefe¹, ². Community parameters of the testacea of the habitats 1, 2 and 3 in 0—5 cm (a) and 5—10 cm (b) soil depth¹, ²)

Datum	Individuen/ 1000 g Trockengewicht	Biomasse in mg/	Arten- zahl	Gattungs- zahl	Diver- sität	Evenness	Verhältnis belebte/ unbelebte Schalen	Proben- Filosen- Prozent- satz
Habitat 1								
05. 07. (a)	1146000	62,0	13	10	2,2163	0,8641	1: 0,7	30,8
(b)	123000	6,9	3	3	0,9410	0,8564	1: 0,3	33,3
15. 08. (a)	1572000	48,0	13	10	2,3291	0,9081	1: 0,9	53,8
(b)	0	0,0	0	0	0,0	0,0	—	—
23. 10. (a)	2551000	102,4	16	10	2,3653	0,8531	1: 0,8	50,0
(b)	285000	14,4	6	4	1,4793	0,8256	1: 0,5	33,3
$\bar{x}$ (a)	1756333	70,7	14	10	2,3036	0,8751	1: 0,8	44,8
(b)	136000	7,1	3	2,3	0,8068	0,5607	1: 0,9	22,2
Habitat 2								
05. 07. (a)	681000	48,0	9	6	1,6497	0,7508	1: 0,8	44,4
(b)	97000	6,9	4	4	1,2813	0,9243	1: 1	50,0
15. 08. (a)	862000	47,9	10	8	1,7890	0,7770	1: 0,6	50,0
(b)	229000	5,7	5	5	1,4603	0,9074	1: 1,2	60,0
23. 10. (a)	1135000	57,3	10	6	1,6663	0,7237	1: 0,4	50,0
(b)	761000	55,3	10	6	2,0420	0,8869	1: 0,4	50,0
$\bar{x}$ (a)	892666	51,1	9,7	6,7	1,7017	0,7505	1: 0,6	48,1
(b)	362333	22,6	6,3	5,0	1,5945	0,9062	1: 0,9	53,3
Habitat 3								
05.07. (a)	168000	11,5	7	5	1,6984	0,8728	1: 0,9	28,6
(b)	0	0,0	0	0	0,0	0,0	—	—
15. 08. (a)	26000	1,1	2	2	0,6932	1,0000	1: 4,5	50,0
(b)	0	0,0	0	0	0,0	0,0	—	—
23. 10. (a)	324000	14,5	8	5	1,9077	0,9174	1: 0,8	50,0
(b)	13000	1,2	1	1	0,0	0,0	—	—
$\bar{x}$ (a)	172666	9,0	5,7	4,0	1,4331	0,9301	1: 2,1	42,9
(b)	4333	0,4	0,3	0,3	0,0	0,0	—	—

¹) Nur belebte Schalen berücksichtigt [Only full tests were considered].

²) Abiotische Faktoren siehe Tabelle 3 [For the abiotic factors see table 3].

Tabelle 3. Zusammenstellung verschiedener zöologischer Parameter der Ciliatenzönose und einiger abiotischer Faktoren von den Habitaten 1, 2 und 3 in 0—5 cm (a) und 5—10 cm (b) Bodentiefe¹⁾. Community parameters of the ciliates and some abiotic factors of the habitats 1, 2 and 3 in 0—5 cm (a) and 5—10 cm (b) soil depth¹⁾

Datum	Individuen/ 1000 g Trockengewicht	Biomasse in mg/	Arten- zahl	Gat- tungs- zahl	Diver- sität	Evenness	Wasser- gehalt des Bodens (%)	pH-Wert des Bodens
Habitat 1								
05. 07. (a)	1949156	3,59	6	6	0,1834	0,1024	42,4	4,5
(b)	0	0,0	0	0	0,0	0,0	26,0	4,3
15. 08. (a)	832354	3,68	13	13	1,6656	0,6494	44,0	5,0
(b)	0	0,0	0	0	0,0	0,0	24,8	4,7
23. 10. (a)	893398	6,13	13	13	2,1707	0,8463	55,0	5,4
(b)	21509	0,02	2	2	0,5621	0,8109	30,5	5,0
$\bar{x}$ (a)	1224969	4,47	10,7	10,7	1,3399	0,5327	47,0	5,0
(b)	7170	0,01	0,7	0,7	0,1874	0,2703	27,1	4,7
Habitat 2								
05. 07. (a)	686359	14,39	14	14	1,9526	0,7399	32,3	5,7
(b)	237126	5,55	4	4	1,0422	0,7518	27,7	6,0
15. 08. (a)	2138140	33,19	12	11	1,8445	0,7423	35,0	6,2
(b)	412944	2,00	6	6	1,6021	0,8942	30,0	6,0
23. 10. (a)	2340888	26,16	18	17	1,9635	0,6793	41,9	7,2
(b)	570982	8,62	8	7	1,3330	0,6411	34,5	7,3
$\bar{x}$ (a)	1721796	24,58	14,7	14,0	1,9202	0,7205	36,4	6,4
(b)	407017	5,39	6,0	5,7	1,3258	0,7624	30,7	6,4
Habitat 3								
05. 07. (a)	363909	9,72	4	4	0,7055	0,5089	28,2	7,0
(b)	121177	1,74	4	4	0,9416	0,6792	20,0	7,0
15. 08. (a)	247605	5,23	9	8	1,7126	0,7794	23,4	7,3
(b)	128605	1,93	7	7	1,0365	0,5327	20,0	7,1
23. 10. (a)	3971933	109,55	17	16	1,8702	0,6601	29,1	8,4
(b)	119830	2,02	4	4	1,1840	0,8541	20,0	8,5
$\bar{x}$ (a)	1527815	41,50	10,0	9,3	1,4294	0,6495	26,9	7,6
(b)	123204	1,90	5,0	5,0	1,0540	0,6887	20,9	7,5

¹⁾ Kulturmethode nach BUITKAMP (1979) [Culture method according to BUITKAMP (1979)]

Tabelle 4. Abundanz der aktiven Ciliaten (C), Rotatorien (R) und Nematoden (N) in den Habitaten 1, 2 und 3 in 0—5 cm (a) und 5—10 cm (b) Bodentiefe^{1, 2)}. Abundance of active ciliates (C), rotatoria (R) and nematods (N) in the habitats 1, 2 and 3 in 0—5 cm (a) and 5—10 cm (b) soil depth^{1, 2)}

Datum	Habitat 1			Habitat 2			Habitat 3		
	C	R	N	C	R	N	C	R	N
05. 07. (a)	17	17	451	15	59	281	28	28	28
(b)	0	0	27	0	0	41	0	0	13
15. 08. (a)	143	125	714	46	15	400	78	26	91
(b)	0	53	53	0	14	200	0	0	0
23. 10. (a)	111	89	888	17	52	534	409	99	141
(b)	0	0	144	46	46	290	25	0	0
$\bar{x}$ (a)	90,3	77,0	684,3	26,0	42,0	405,0	171,7	51,0	86,7
(b)	0,0	17,7	74,7	15,3	20,0	177,0	8,3	0,0	4,3

¹⁾ Nach Zählungen in frischen Bodenproben [Counts are for freshly collected soil samples].

²⁾ Alle Angaben in Individuen/g Trockengewicht [All values are given in individuals/g dry weight.]

Tabelle 5. Artenidentität der Testaceen und Ciliaten^{1, 2)}. Species identity of testacea and ciliates^{1, 2)}

Identitätsvergleich zwischen den	Testacea (%)	Ciliophora (%) (quantitativ)	Ciliophora (%) (qualitativ)
Habitaten 1 und 2	83,3	66,7	69,7
Habitaten 1 und 3	64,5	47,6	54,5
Habitaten 2 und 3	72,0	68,0	71,2

¹⁾ Es wurden alle in 0—5 cm und 5—10 cm Bodentiefe festgestellten Arten berücksichtigt [All species which occurred in 0—5 cm and 5—10 cm soil depth were considered].

²⁾ Berechnet nach SØRENSEN (1948) [Calculated according to SØRENSEN (1948)].

Tabelle 6. Zusammenstellung der Durchschnittswerte (n = 3, s. Tabellen 2, 3, 4) für die Testaceen, Ciliaten, Nematoden und Rotatorien in den Habitaten 1, 2 und 3 in 0—5 cm Bodentiefe¹⁾. Table of the mean values (n = 3, see tables 2, 3, 4) for testacea, ciliates, nematods, and rotatoria in the habitats 1, 2 and 3 in 0—5 cm soil depth¹⁾

Habitat	Individuen/ Biomasse in mg 1000 g Trockengewicht	Arten- zahl	Gattungs- zahl	Diversität	Evenness
Testacea					
1	1756333	70,7	14,0	2,3036	0,8751
2	892666	51,1	9,7	1,7017	0,7505
3	172666	9,0	5,7	1,4331	0,9301
Ciliophora (Kulturmethode)					
1	1224969	4,5	10,7	1,3399	0,5327
2	1721796	24,6	14,7	1,9202	0,7205
3	1527815	41,5	10,0	1,4294	0,6496
Ciliophora (aktiv)					
1	90300				
2	26000				
3	171700				
Nematoda					
1	684300				
2	405000				
3	86700				
Rotatoria					
1	77000				
2	42000				
3	51000				

¹⁾ Statistische Auswertung siehe Tabelle 7 [Statistical evaluation see table 7].

Alle zur Kennzeichnung der Bodenschicht von 0—5 cm Tiefe ermittelten Parameter waren gering bis sehr viel größer als die für die Schicht von 5—10 cm ermittelten Parameter. Die Schicht von 5—10 cm war im Habitat 2 am reichsten, im Habitat 3 am schwächsten besiedelt. Der Anteil unbelebter Schalen war in Proben aus 5—10 Bodentiefe meist größer als in Proben aus der darüberliegenden Schicht (Tabelle 2).

Im Verlaufe der Untersuchungsperiode war in allen Habitaten bei folgenden Parametern ein starker bis sehr starker Anstieg zu beobachten: Abundanz, Biomasse, Proben-Filosen-Prozentsatz, Wassergehalt und pH-Wert des Bodens. Gleich oder wenig verändert blieben die Artenzahl, die Diversität, die Evenness, die Gattungszahl und das Verhältnis belebter/unbelebter Schalen. Eine bemerkenswerte Abweichung von dieser Tendenz zeigte Habitat 3. Hier wurde am 15. 08. bei den meisten Parametern ein Minimum festgestellt. Der Sommer 1980 war sehr regenreich und lediglich von kurzen Schönwetterperioden unterbrochen, die sich aber offensichtlich nur im Habitat 3 manifestieren konnten, da hier die wasserspeichernde

Tabelle 7. χ^2 -Teste für einige der in Tabelle 5 zusammengestellten Daten¹⁾. χ^2 -tests for some data which are shown in table 5¹⁾

Taxozönose	Parameter	χ^2 -Teste zwischen den Habitaten			
		1 und 3	1 und 2	2 und 3	1, 2 und 3
Testacea	Abundanz	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>
Testacea	Artenzahl	<u>0,10</u>	<u>0,40</u>	<u>0,40</u>	<u>0,20</u>
Testacea	Gattungszahl	<u>0,20</u>	<u>0,50</u>	<u>0,50</u>	<u>0,20</u>
Ciliophora (Kulturmethode)	Abundanz	<u>0,10</u>	<u>0,01</u>	<u>0,30</u>	<u>0,03</u>
Ciliophora (Kulturmethode)	Artenzahl	0,90	0,50	0,60	0,30
Ciliophora (aktiv)	Abundanz	0,20	<u>0,10</u>	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>
Nematoda	Abundanz	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>
Rotatoria	Abundanz	<u>0,50</u>	<u>0,30</u>	<u>0,80</u>	<u>0,60</u>

¹⁾ Hochsignifikante Unterschiede sind unterstrichen [Strongly significant differences are underlined].

Tabelle 8. Vergleich des Durchschnittsvolumens der Testaceen- und Ciliatenspecies in den Habitaten 1, 2 und 3^{1,2,3)}. Comparison of the average volumes of testacea and ciliates in the habitats 1, 2 and 3^{1,2,3)}

Habitat	Testacea	Ciliophora
1	0,0515	0,0148
2	0,0548	0,0185
3	0,0624	0,0161

¹⁾ Nur die quantitativ nachgewiesenen Arten wurden berücksichtigt [Only those species that were found in the quantitative samples were considered].

²⁾ Angaben in mm³/10⁶ Individuen [Data are given in mm³/10⁶ individuals].

³⁾ Die nur einmal nachgewiesene *Trigonopyxis arcuata* wurde nicht berücksichtigt [*Trigonopyxis arcuata*, which was found only in one sample, was not considered].

Humusschicht und der wasserrückhaltende Pflanzenbewuchs stark degradiert sind. Im Habitat 1 war am 15. 08. trotz eines Anstieges der Abundanz ein leichter Rückgang der Biomasse zu verzeichnen, da vermehrt kleine Euglyphiden auftraten, was sich deutlich im Proben-Filosen-Prozentsatz ausdrückt (Tabelle 2).

Die Abundanz, die Biomasse, die Artenzahl, die Gattungszahl, die Diversität und der Wassergehalt des Bodens nahmen im Durchschnitt vom Habitat 1 (unbeeinflusst) bis zum Habitat 3 (Störungszentrum) sehr stark ab (Tabelle 2, 3). Bei der Individuenzahl und der Biomasse betrug die Abnahme ~ 90 %, bei der Arten- und Gattungszahl ~ 60 %, bei der Diversität und dem Wassergehalt des Bodens ~ 40 %. Diese Unterschiede sind zum Teil auch statistisch hoch signifikant (Tabelle 1, 6, 7). Die Evenness, der Proben-Filosen-Prozentsatz und das Verhältnis von belebten/unbelebten Schalen waren nur wenig verschieden, wiederum mit Ausnahme von Habitat 3, wo es am 15. 08. vermutlich infolge der Trockenheit zu einem vermehrten Absterben von Testaceen kam (Tabelle 2). Ein deutlicher Unterschied war bei der Wasserstoffionenkonzentration zu verzeichnen. Während Habitat 1 im mäßig sauren Bereich lag, wies Habitat 3 eine mäßig starke alkalische Reaktion auf (Tabelle 3).

Ein sehr bemerkenswerter Unterschied zwischen den 3 Habitaten fand sich im prozentualen Anteil von Gehäusen mit und ohne Xenosomen. Im Habitat 3 traten im Durchschnitt um 22,7 % mehr Gehäuse mit Xenosomen auf als im Habitat 1 (Abb. 2).

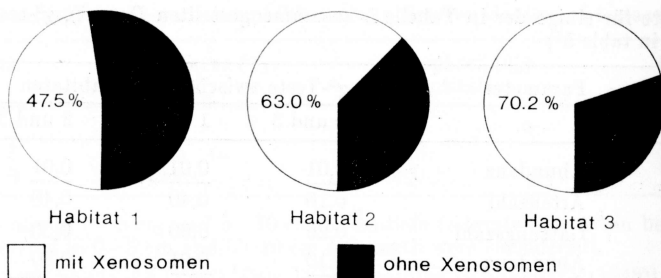


Abb. 2. Durchschnittlicher Anteil (Mittelwert aus den 3 Probenahmen) der Testaceen-Schalen mit und ohne Xenosomen (Fremdkörper, die zum Schalenbau dienen) in den Habitaten 1, 2 und 3 in 0—5 cm Bodentiefe. Average proportion (mean value of the 3 samplings) of testacean tests with and without xenosomes (foreign particles used for test building) in the habitats 1, 2 and 3 in 0—5 cm soil depth.

3.2. Ciliaten (Kulturmethode)

Bei den quantitativen Untersuchungen wurden insgesamt 37, bei den qualitativen insgesamt 52 Arten festgestellt. Individuendominant ($> 5\%$) waren im Habitat 1 *Paracolpoda steinii* (MAUPAS), *Leptopharynx costatus* (MERMOD), *Pseudocyrtolophosis alpestris* FOISSNER und *Cyclidium glaucoma* O. F. MÜLLER. Im Habitat 2 waren *Colpoda inflata* STOKES, *Perisincirra gellerti* FOISSNER, *Trachelostyla affine* (STEIN), *Pseudocyrtolophosis alpestris* FOISSNER, *Cyrtolophosis musciicola* STOKES und *Cyclidium glaucoma* O. F. MÜLLER individuendominant. *Oxytricha agilis* (ENGELMANN), *Vorticella astyliiformis* FOISSNER, *Telotrochidium cylindricum* FOISSNER und *Trachelostyla affine* (STEIN) waren im Habitat 3 individuendominant. *Colpoda henneguyi* FABRE-DOMERGUE, *Microdiaphanosoma arcuata* GRANDORI & GRANDORI, *Nivaliella plana* FOISSNER und *Platyophrya macrostoma* FOISSNER wurden bei den quantitativen Untersuchungen nur im Habitat 1 festgestellt. Nur im Habitat 3 wurden bei den quantitativen Aufnahmen folgende Species gefunden: *Cinetochilum margaritaceum* PERTY, *Lagynophrys trichocystis* FOISSNER, *Oxytricha agilis* (ENGELMANN), *Pseudochilodonopsis mutabilis* FOISSNER und *Telotrochidium cylindricum* FOISSNER. *Bryometopus pseudochilodon* KAHL, *Cyrtolophosis acutus* KAHL, *Dileptus amphileptoides* KAHL, *Spathidium musciicola* KAHL und *Tetrahymena corlissi* THOMPSON wurden bei den quantitativen Untersuchungen nur im Habitat 2 festgestellt. Diese Unterschiede im Artenspektrum drücken sich sowohl bei den quantitativen als auch qualitativen Untersuchungen in der Artenidentität aus. Sie war zwischen den Habitaten 1 und 2 deutlich höher als zwischen den Habitaten 1 und 3 (Tabelle 5).

Die Untersuchung von Proben aus 0—5 cm Bodentiefe ergab im Vergleich zu den an Proben aus 5—10 cm ermittelten Befunden gering bis sehr viel höhere Parameter; nur die für die Diversität und die Evenness ermittelten Größen waren geringer, weil vermutlich durch die Untersuchung das Minimalareal nicht hinreichend erfaßt wurde. Das Habitat 2 war in der Bodentiefe von 5—10 cm am reichsten, das Habitat 1 am schwächsten besiedelt (Tabelle 3).

Im Verlaufe der Untersuchungsperiode war in allen Habitaten eine ansteigende Tendenz bei den bestimmten Parametern zu beobachten. Diese Tendenz war am 15. 08. in den Habitaten 2 und 3 allerdings wenig ausgeprägt. Im Habitat 1 wurde am 05. 07. eine Massentwicklung von *Paracolpoda steinii* (MAUPAS) festgestellt (Tabelle 3).

Der Vergleich der 3 Habitate zeigte, daß im Durchschnitt Habitat 2 sich durch die höchste Individuenzahl, Artenzahl, Gattungszahl, Diversität und Evenness unterschied. Beim Vergleich der Biomassen war vom Habitat 1 zum Habitat 3 ein sehr starker Anstieg festzustellen, der allerdings auf den stark herausfallenden Wert vom 23. 10. zurückzuführen war. Dieser Wert bedingt auch, daß sich zwischen den Habitaten 1 und 3 bei den meisten Parametern die Unterschiede als nicht signifikant erwiesen haben (Tabelle 1, 6, 7).

3.3. Aktive Ciliaten, Nematoden und Rotatorien

Die folgend genannten Befunde sind für eine statistische Auswertung zum Teil unzureichend, da die ausgezählten Probemengen (0,1 g) sicherlich zu gering waren, um sichere Werte zu liefern; Tendenzen dürften sich dennoch ablesen lassen (Tabelle 4, 6).

Die Anzahl der aktiven Ciliaten in den frischen Bodenproben war meist sehr gering. Die höchste Durchschnittsabundanz wurde im Habitat 3 festgestellt, auf Grund des sehr herausfallenden Wertes vom 23. 10. Sehr niedrige Individuenzahlen wurden stets im Habitat 2 beobachtet. In 5–10 cm Bodentiefe wurden in allen 3 Habitaten jeweils nur einmal aktive Ciliaten festgestellt. Bei den Rotatorien war ein Trend (statistisch nicht signifikant) zum kontinuierlichen Rückgang der Abundanz vom Habitat 1 bis zum Habitat 3 erkennbar. Dieser Trend war bei den Nematoden stark ausgeprägt und statistisch hoch signifikant (Tabelle 6, 7). Bei ihnen war, so wie bei den Testaceen, im Verlaufe der Untersuchungsperiode ein stetiges Anwachsen der Abundanz zu beobachten (Tabelle 4).

4. Diskussion

Da im Verlaufe der Vegetationsperiode nur dreimal Proben entnommen wurden, können die vorliegenden Ergebnisse lediglich fundierte Hinweise für die einleitend angeführte Fragestellung liefern. Sie zeigen aber deutlich, daß mit Hilfe der Protozoen nicht nur eine Feststellung, sondern auch eine Quantifizierung des Beeinträchtigungsmaßes möglich ist und weitere Untersuchungen erfolgversprechend sind. Sie müßten auch dazu geeignet sein, die Wirkung von Renaturierungsmaßnahmen zu verfolgen und zu überwachen.

Eine übereinstimmende Reaktion der Testaceen- und Ciliatenzönose gegenüber den untersuchten pedogenen, klimatischen und anthropogenen Einflüssen konnte für die Artenidentität, die Vertikalverteilung und den Abundanzverlauf festgestellt werden. Da Habitat 2, der Randbereich der Ski-Piste, in vieler Hinsicht eine Mittelstellung einnahm, ist es sehr wahrscheinlich, daß die beobachteten Differenzen zwischen den Habitaten 1 und 3 ursächlich auf die Ski-Befahrung und Pistenpflege zurückzuführen sind und nicht etwa auf ursprünglich vorhanden gewesene Unterschiede. Im Habitat 3 waren das Artenspektrum und die Dominanzverhältnisse bei beiden Taxozönosen beträchtlich anders als im Habitat 1. Bei den Ciliaten traten im Habitat 3 mehrere Arten auf, die im Glocknergebiet früher nicht nachgewiesen wurden (FOISSNER 1981). Sie sind vielleicht durch die bereits erfolgten Renaturierungsmaßnahmen eingeschleppt worden. Bei den Testaceen war auffallend, daß unter den Dominanten im Habitat 3 zwei xerophile Species (*Arcella arenaria* var. *compressa* CHARDEZ, *Plagiopyxis callida* PENARD) auftraten, während im Habitat 1 ausgeprägt xerophile Arten unter den Dominanten fehlten. Eine ähnliche Tendenz war bei den Ciliaten erkennbar: Arten, die leicht und rasch Cysten bilden können (*Pseudochilodonopsis mutabilis* FOISSNER, *Vorticella astyliiformis* FOISSNER, *Telotrochidium cylindricum* FOISSNER), fanden sich nur oder doch überwiegend in den Habitaten 2 und 3. Das bevorzugte Auftreten xerophiler Formen im Störungszentrum der Ski-Piste hängt offensichtlich damit zusammen, daß der Boden wegen der starken Degradation der Humus- und Pflanzendecke viel weniger Wasser speichern konnte und daher bereits kurzfristige Schönwetterperioden, die im Habitat 1 den Wasserhaushalt nur geringfügig beeinflussten, zu einer starken Austrocknung führten. Der kontinuierliche Anstieg vieler ökologischer Parameter der beiden Taxozönosen im Verlaufe der Untersuchungsperiode war vermutlich ebenfalls primär auf den ansteigenden Wassergehalt des Bodens zurückzuführen. Dafür sprechen nicht nur die Angaben von LOUSIER (1974), LAMINGER et al. (1980) und FOISSNER & ADAM (1981), sondern auch die Beobachtung, daß in den trockeneren Sommermonaten kein oder nur ein geringfügiger Anstieg dieser Parameter zu beobachten war, besonders im Habitat 3. Auch das vermehrte Auftreten von Arten mit Xenosomen im Habitat 3 dürfte so zu interpretieren sein, da die Xenosomen vermutlich einen besseren Verdunstungsschutz bieten als die Idiosomen (Abb. 2). LAMINGER et al. (1980) fanden im Pistenbereich ein Zurücktreten der großen Testaceenspecies. Die Berechnung des Durchschnittsvolumens der in den Habitaten 1, 2 und 3 quantitativ erfaßten Arten er-

gab aber sowohl bei den Testaceen als auch bei den Ciliaten einen gegenläufigen Trend (Tab. 8). Diese Differenz ist vielleicht auf das ziemlich unterschiedliche Arteninventar zurückzuführen. In den von LAMINGER et al. (1980) untersuchten Böden dominierten kleine Arten mit Idiosomen, in den Böden der Schloßalm dagegen große Arten mit Xenosomen. Übereinstimmend mit LAMINGER et al. (1980) und FOISSNER & ADAM (1980, 1981) und FOISSNER (1981) wurde in allen Habitaten eine starke Abnahme der Arten- und Individuenzahl von 0–10 cm Bodentiefe festgestellt. Am stärksten besiedelt in 5–10 cm Bodentiefe war Habitat 2, am schwächsten Habitat 3. Vermutlich versuchen die Tiere zuerst dem störenden Einfluß nach unten auszuweichen (vgl. LAMINGER et al. 1980), besonders solange die ursprüngliche Pflanzendecke und die natürliche Bodenbeschaffenheit noch weitgehend erhalten sind. Erst wenn die schädigenden Einflüsse zu stark werden, kommt es zum Zusammenbruch der Zönose (Habitat 3).

Bei der Testaceenzönose konnte vom Habitat 1 bis zum Habitat 3 eine beeindruckende und gewissermaßen den Erwartungen entsprechende durchschnittliche Abnahme bei der Individuenzahl, der Biomasse, der Artenzahl, der Gattungszahl und der Diversität festgestellt werden. Diese Tendenz war auch bei den Nematoden ersichtlich und deckte sich gut mit den Angaben von FOISSNER & ADAM (1980) und LAMINGER et al. (1980). Die fehlende Streuauflage, die Abrasion des Humushorizontes, das gestörte abiotische Faktorenggefüge und vermutlich auch die Belastung mit Chemikalien (Schneepräparation) hemmten offensichtlich die Entwicklung der Testaceen im Bereich der Ski-Piste sehr stark. Bei den Ciliaten war im Durchschnitt dagegen eher ein gegenläufiger Trend erkennbar, besonders hinsichtlich der Biomasse und Diversität. Allerdings war an zwei der drei Untersuchungstage und bei einer früheren Untersuchung (FOISSNER & ADAM 1980) zumindest die Abundanz im Habitat 3 bzw. einem diesen vergleichbaren Biotop deutlich niedriger als im Habitat 1. Die Anzahl der in den frischen Bodenproben vorhandenen Ciliaten war aber ebenfalls im Habitat 3 im Durchschnitt höher als im Habitat 1, was sich mit dem Befund von FOISSNER & ADAM (1980) deckt. Diese gegensätzliche Reaktion der beiden Taxozönosen ist schwer deutbar, zumal nur drei Untersuchungen vorliegen und sich die Befunde über die Ciliaten hauptsächlich auf die mit den Kulturmethoden gewonnenen Resultate stützen, die die tatsächlichen Verhältnisse sicherlich mehr oder minder stark verzerrt widerspiegeln (FOISSNER 1981). Es entspricht aber den Angaben von FOISSNER & ADAM (1981), daß Testaceen und Ciliaten vermutlich ziemlich unterschiedliche ökologische Ansprüche haben, da auch in ungestörten Hochgebirgsböden Abundanzmaxima der Testaceen nicht selten mit Abundanzminima der Ciliaten korrelierten. Eine plausible Erklärung wäre, daß durch die im Gefolge der Pistenplanierung und vielleicht auch der Renaturierungsmaßnahmen entstandene Verschiebung des pH -Wertes in den alkalischen Bereich die mikrobielle Aktivität und die Abbau-Rate höher waren als im Habitat 1, wo das ziemlich saure pH die Zersetzung der organischen Abfälle und das mikrobielle Wachstum beeinträchtigt. Da Ciliaten vorwiegend Bakterienfresser sind, würde dadurch ihre Entwicklung im Habitat 3 stärker begünstigt als im Habitat 1. Ein großer Teil der Bodentestaceen ist dagegen in der Lage, sich ausschließlich von Humuspartikeln oder humusbildenden organischen Abfällen zu ernähren (SCHÖNBORN 1965), die im Habitat 1 sicherlich reichlicher vorhanden waren als im Habitat 3. Testaceen sind außerdem acidophil, was klar aus ihrem reichen Vorkommen in Mooren hervorgeht, während Ciliaten in diesem Biotop nur geringe Individuendichten erreichen.

5. Danksagung

Die Untersuchungen wurden mit dankenswerter finanzieller Unterstützung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Projekt 2794 — Dynamik der Hochgebirgsböden) und des Forschungsinstitutes Gastein durchgeführt.

6. Zusammenfassung

Es wurde die Struktur der terrestrischen Testaceen- und Ciliatenzönose einer Almweide und einer an diese angrenzenden, stark befahrenen, planierten Ski-Piste auf der Schloßalm bei Bad Hofgastein untersucht. Von folgenden, oberhalb der Waldgrenze (ca. 1950 m ü. d. M.) gelegenen Habitaten wurden im Frühjahr, Sommer und Herbst je einmal Proben untersucht: Habitat 1: unbeeinflusste Almweide, Habitat 2: Randbereich der Ski-Piste, Habitat 3: Störungszentrum der Ski-Piste. Die Abundanz und das Artenspektrum wurden durch direkte Untersuchung frischer, wäßriger Bodensuspensionen bestimmt. Für die Ciliaten wurde außerdem die Kulturmethode nach BUTKAMP verwendet, da in den frischen Bodenproben meist nur wenige aktive Individuen nachweisbar waren.

Die Abundanz, Biomasse, Artenzahl, Gattungszahl und Diversität der Testaceen sowie der Wassergehalt des Bodens nahmen im Durchschnitt vom Habitat 1 bis zum Habitat 3 sehr stark ab. Die Abundanz der Ciliaten und der pH-Wert des Bodens nahmen dagegen vom Habitat 1 bis zum Habitat 3 leicht zu. Dies kann auf die unterschiedlichen Nahrungspräferenzen der beiden Taxozönosen und auf Veränderungen der Bodenbeschaffenheit zurückgeführt werden. Sowohl bei den Testaceen als auch bei den Ciliaten war die Artenidentität zwischen den Habitaten 1 und 2 bedeutend höher als zwischen den Habitaten 1 und 3. Auch in den Dominanzverhältnissen fanden sich deutliche Unterschiede zwischen den Habitaten 1 und 3. Im Habitat 3 war der prozentuale Anteil von Testaceen, deren Gehäuse aus Xenosomen aufgebaut ist, bedeutend größer als im Habitat 1. Diese Veränderungen der Struktur der Zönosen im Bereich der Ski-Piste sind offensichtlich auf die Abrasion des Oberbodens und das gestörte abiotische Faktorenggefüge zurückzuführen. Aus den vorliegenden und früheren Untersuchungen ist daher zu folgern, daß terrestrische Testaceen und Ciliaten brauchbare Indikatoren für natürliche und anthropogen verursachte Veränderungen des Bodens sind.

7. Literatur

- BICK, H., & S. KUNZE, 1971. Eine Zusammenstellung von autökologischen und saprobiologischen Befunden an Süßwasserciliaten. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* **56**, 337—384.
- BRUNBERG-NIELSEN, L., 1968. Investigations on the microfauna of leaf litter in a Danish beech forest. *Natura Jutlandica* **14**, 79—87.
- BUTKAMP, U., 1979. Vergleichende Untersuchungen zur Temperaturadaptation von Bodenciliaten aus klimatisch verschiedenen Regionen. *Pedobiologia* **19**, 221—236.
- CERNESCA, A., 1977. Ökologische Veränderungen im Bereich von Schipisten. In: SPRUNG, R., & B. KÖNIG (eds.): *Das österreichische Schirecht*. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck. pp. 81—150.
- (ed.), 1978. Ökologische Analysen von Almflächen im Gasteiner Tal. Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern **2**, 1—390.
- COÛTEAUX, M.-M., 1979. L'effet de la déforestation sur le peuplement thécamoebien en Guyane française: étude préliminaire. *Rev. Écol. Sol* **16**, 403—413.
- FINK, J., W. WALTER, R., & W. RERYCH, 1979. Böden und Standortsbeurteilung für den Österreich-Atlas. Herausgegeben von der Österr. Akad. Wissensch. 6. Lieferung. Kartographie, Druck und Verlag Freytag-Berndt und Artaria, Wien.
- FOISSNER, W., 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**, 7—52.
- & 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**, 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**, 53—83.
- FRANZ, H., 1975. Die Bodenfauna der Erde in biozönotischer Betrachtung. Teil 1 (Textband). F. Steiner, Wiesbaden. 796 pp.
- LAMINGER, H., G. GEISLER-MORODER, K., SISS, A., SPISS, E., & B. SPISS, 1980. Populationsdynamik terrestrischer Protozoen (Testacea, Rhizopoda) in zentralalpinen Lagen Tirols. I. Untersuchungen subalpiner Böden im Raum Obergurgel (Tirol/Österreich). *Arch. Protistenk.* **123**, 280—323.
- LIEBMANN, H., 1951. *Handbuch der Frisch- und Abwasserbiologie*. Bd. 1. Oldenbourg, München. 539 pp.
- LOUSIER, J. D., 1974. Response of soil testacea to soil moisture fluctuations. *Soil Biol. Biochem.* **6**, 235—239.
- MARTIN, W., 1963. Zoozöologische Analyse eines Waldsphagnetums aus dem Erzgebirge. *Wiss. Beitr. Päd. Inst. Mühlhausen (Thür.)* **1**, 77—95.
- MÜHLENBERG, M., 1976. *Freilandökologie*. Quelle & Meyer, Heidelberg. 214 pp.
- SCHÖNBORN, W., 1965. Untersuchungen über die Ernährung bodenbewohnender Testaceen. *Pedobiologia* **5**, 205—210.
- SCHWERTFFEGER, F., 1975. *Synökologie*. P. Parey, Hamburg und Berlin. Bd. 3, 451 pp.

- SLÁDEČEK, V., 1973. System of water quality from the biological point of view. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. **7**, 1—218.
- 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. Kong. Dansk. vidensk. Selsk. biol. Skr. **5**, 1—35.
- SPATZ, G., 1978. Die Beeinflussung des Artengefüges einer Almweide im Bereich der Schiabfahrt Stubnerkogel. In: CERNUSCA, A. (ed.), Ökologische Analysen von Almflächen im Gasteiner Tal. Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern **2**, 335—340.
- THALER, K., 1977. Epigäische Makroarthropoden, insbesondere Spinnen, im Bereich einer begrünten Schiabfahrt (Achenkirch, Tirol). In: Beiträge zur Umweltgestaltung, Alpine Umweltprobleme Heft A 62, Teil I—IV. pp. 97—105.

Anschrift der Autoren: Dr. W. FOISSNER, Univ.-Prof. Dr. H. ADAM, Zoologisches Institut der Universität Salzburg, Akademiestraße 26, A - 5020 Salzburg (Austria) und Univ.-Prof. Dipl.-Ing. DDr. H. FRANZ, Jakob-Thoma-Straße 3b, A - 2342 Mödling (Austria).

Synopsis: Original scientific paper

FOISSNER, W., H. FRANZ & H. ADAM, 1982. Terrestrische Protozoen als Bioindikatoren im Boden einer planierten Ski-Piste. [Terrestrial protozoa as bioindicators in the soil of a graded ski trail]. Pedobiologia **24**, 45—56.

The structure of the terrestrial testacea and ciliate community was investigated in an alpine pasture and a neighbouring graded ski trail which is heavily frequented in winter, at the Schloßalm near Bad Hofgastein. Samples were taken once in spring, summer and autumn from three habitats which are located above the timber line (app. 1950 m above sea level). Habitat 1: undisturbed alpine pasture, habitat 2: marginal area of the ski trail, habitat 3: center of disturbance of the ski trail. Abundance and species composition were studied by direct observation of freshly collected, watered soil suspensions. In addition, the BUITKAMP culture-method was used for ciliates. In general terms, abundance, biomass, species number, genus number and diversity of testacea, and moisture content of the soil decreased markedly from habitat 1 to habitat 3. Conversely, the abundance of the ciliates and the pH-value of the soil increased slightly from habitat 1 to habitat 3. This phenomenon may be attributed to different feeding preferences of the two taxonomic groups and to changed soil conditions. Both testacea and ciliates showed a higher species identity between habitats 1 and 2 than between habitats 1 and 3. Remarkable differences were also found in the dominant species of habitat 1 and habitat 3. In comparison to habitat 1, habitat 3 showed a much higher percentage of testacea with tests composed of xenosomes. These changes in the structure of the protozoan community which were observed on the ski trail, appear to be caused due to the abrasion of the upper soil layer and the changed abiotic factors. Therefore, it can be concluded from the present and former investigations that terrestrial testacea and ciliates are suitable indicators of changes in soil conditions caused by human activities.

Key words: Protozoa, Testacea, Ciliata, bioindicator, soil, alpine pasture, graded ski trail, species composition.