

Wolfgang Petz, Erna Wirnsberger, Wilhelm Foissner

Die Kleintiere in den Fichtenwaldböden des Oberen Mühlviertels

Leicht zu übersehen, aber sehr wichtig

Die obersten Bodenschichten (0–20 cm Tiefe) sind ein überaus reich belebtes und sehr komplexes System, in dem das abgestorbene pflanzliche und tierische Material zerlegt und abgebaut wird (s. Farbteil, Abb. 12). Im Wald sammelt sich im Laufe eines Jahres eine zirka 1 cm dicke Schicht aus frisch gefallen Blättern, Ästen, Rindenstückchen, Zapfen etc. an, die von mikroskopisch kleinen Organismen „verarbeitet“ werden. Die derart mineralisierten Nährstoffe werden von den Pflanzenwurzeln aufgenommen und in den Lebenskreislauf zurückgeführt. Dieses „Recycling“ im Boden wird als Detritus (Zersetzer-)Nahrungskette bezeichnet und ist eine der Grundlagen für das Leben auf der Erde, da ohne Zersetzung bald alle Nährstoffe in toten Organismen festgelegt wären.

Wer besorgt nun die Zersetzung? Hauptsächlich ist das die Mikroflora (Bakterien und Pilze), die zirka 90 % der Gesamtatmung im Boden leistet. Der Rest fällt auf die Tiere und davon übernehmen die Protozoen (Urtiere) im Durchschnitt mit zirka 70 % den überwiegenden Teil (Foissner 1987). Würmer (Regen-, Fadenwürmer, Rädertiere etc.) und Gliedertiere verrichten, verglichen mit den Urtieren, bedeutend weniger Stoffumsatz. Die Atmung (Respiration) ist ein Maß für die Stoffwechselaktivität und somit für den Stoffumsatz der jeweiligen Organismen. Für die enormen Abbauleistungen dieser winzigen Organismen ist ihre hohe Zahl und die geringe Größe ausschlaggebend. Die Kleinheit dieser Lebewesen fällt deshalb so ins Gewicht, da umso mehr Nahrung aufgenommen werden muß, je kleiner ein Organismus ist, damit er seinen Energiebedarf decken kann. Der Durchmesser der Bodenbakterien beträgt etwa 0,6–0,7 μm (1 μm = 0,001 mm) (Bamforth 1985), Urtiere messen ca. 5–100 μm , Fadenwürmer und Rädertiere werden 0,2–2 mm lang.

Eine besondere, wenn auch noch wenig erforschte Situation bilden die Fichtenwälder, da ihre Blätter

(Nadeln) sehr schwer zersetzbar sind. Nur relativ wenige und meist ziemlich spezialisierte Organismen finden in diesem nährstoffarmen Milieu ihr Auskommen. Unter anderem deswegen sammelt sich im Laufe der Jahrzehnte eine 10–20 cm dicke Schicht mehr oder minder schlecht zersetzter Nadeln an, die als Rohhumus und/oder Moder bezeichnet wird. Im Rohhumus und Moder reichern sich organische Stoffe an, die eine starke Versauerung bewirken, die ebenfalls nur von wenigen Organismen gut vertragen wird. Die natürliche Versauerung, die etwa bei pH 4 liegt, ist in den letzten Jahrzehnten durch den Eintrag von sauer reagierenden Immissionen und damit verbundenen Änderungen in der Bodenchemie (saure Niederschläge, z. B. SO_2 , NO_2) bedeutend erhöht worden, so daß heute in den Fichtenwaldböden des Mühlviertels pH-Werte zwischen 2 und 3 dominieren (saurer als Zitronensaft!). Gegen diese hohen Säurekonzentrationen sind nur mehr wenige Organismengruppen tolerant, die Regenwürmer vertragen sie zum Beispiel nicht mehr, sie fehlen gänzlich. Daher erlangen die häufig etwas säuretolanteren Kleinlebewesen in Fichtenwaldböden eine besonders große Bedeutung. Sie treten, da sie kaum noch Konkurrenz haben, oft in ungeheurer Anzahl auf.

In einem Gramm luftgetrockneten Boden (ein kleiner Fingerhut voll) aus der oberen Schicht (0–3 cm) von Mühlviertler Fichtenwäldern findet man ca. 10.000–20.000 beschaltete Wechseltierchen (Testaceen), 500–2000 aktive Wimpertiere (Ciliaten), 500–1000 Fadenwürmer (Nematoden), 200–400 Rädertiere (Rotatorien), etwa 20 Gliederfüßer (v. a. Milben), 10–20 Borstenwürmer (Enchytraeen) und 1 Bauchhaarling (Gastrotrichen), um nur die häufigsten Tiergruppen zu nennen. Weiters sind etwa 10.000.000 Bakterien (Bamforth 1971) sowie einige 100 m Pilzfäden (Bamforth & de Peláez 1977) zu erwarten. Ebenso sind noch viele Geißeltiere (Flagellaten) und

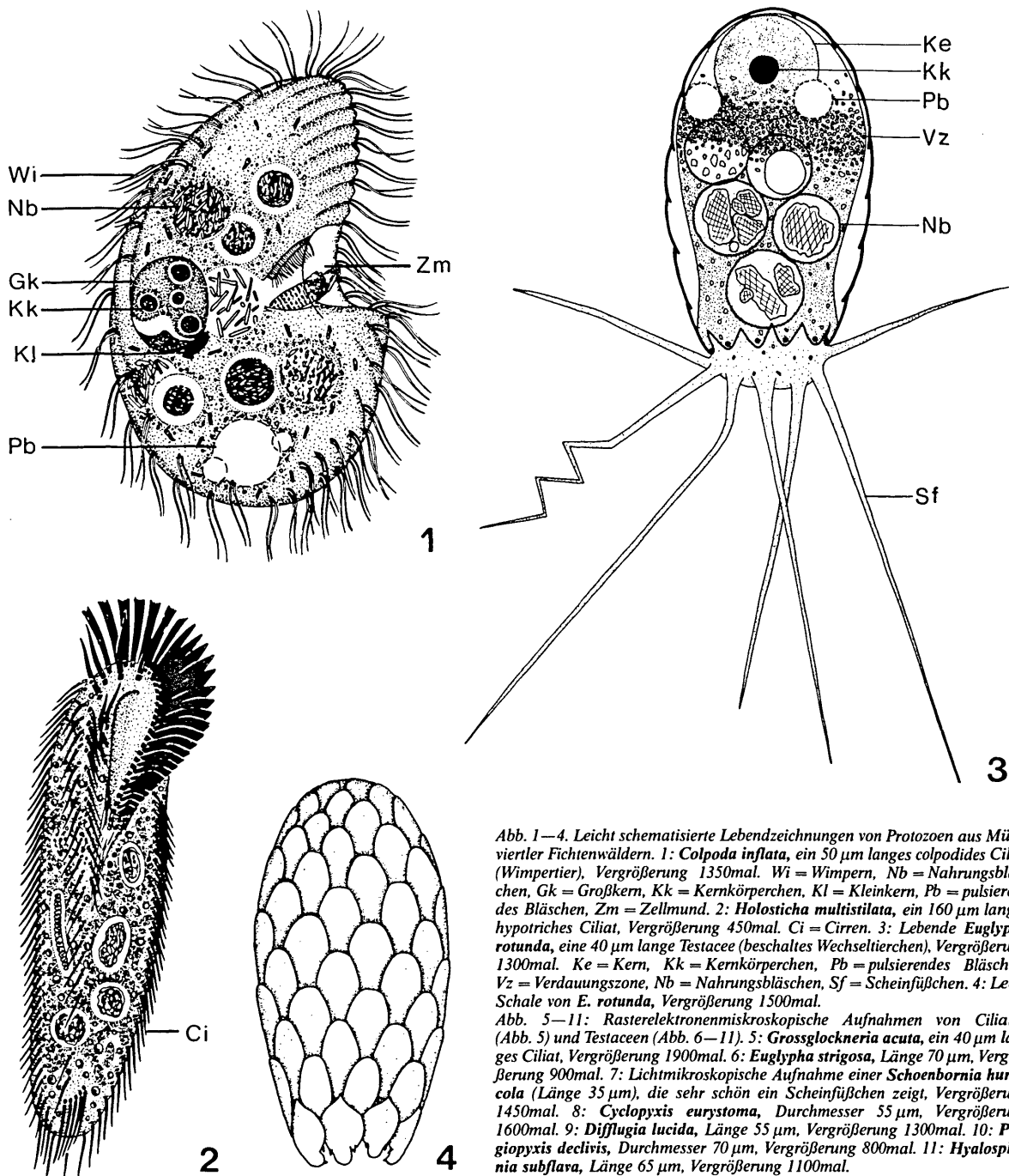
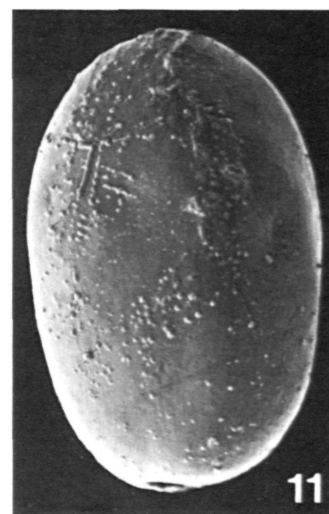
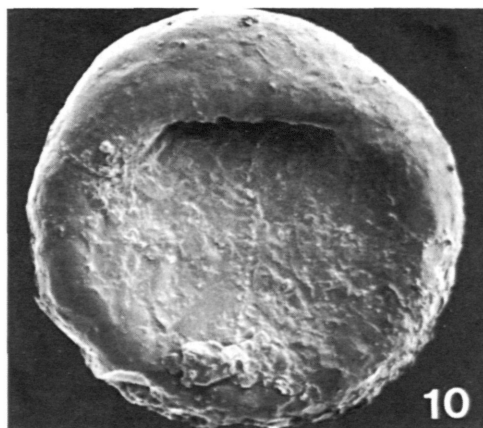
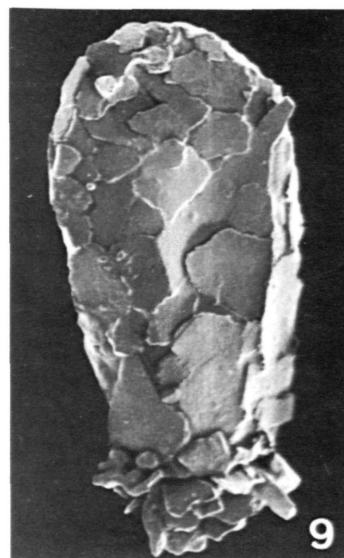
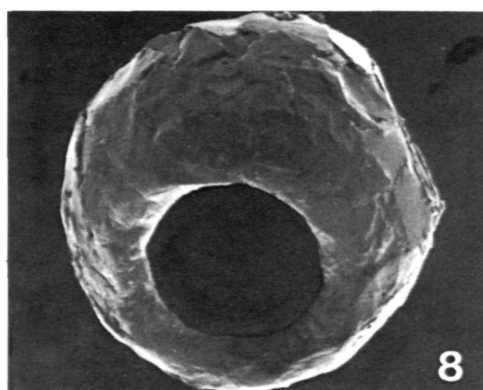
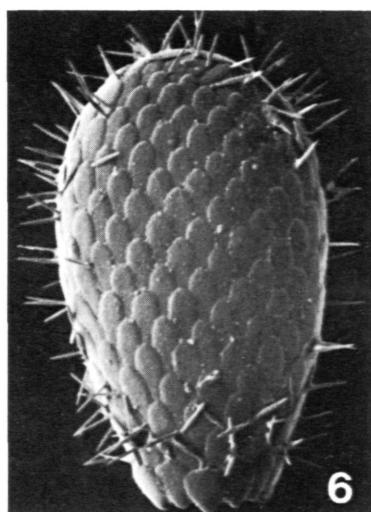
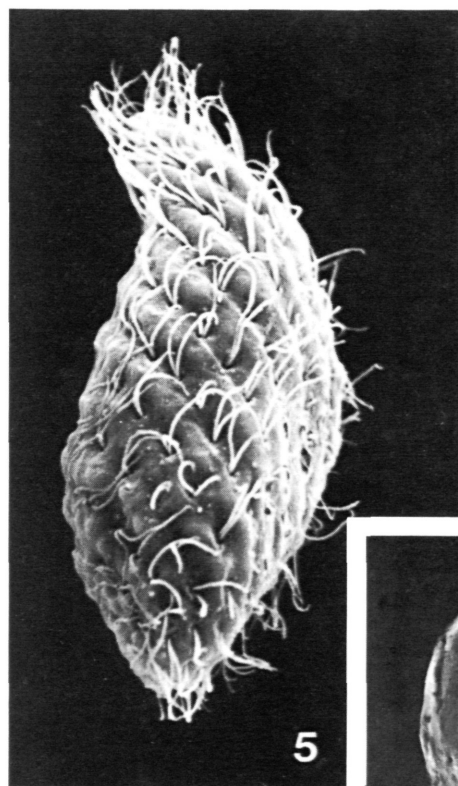


Abb. 1—4. Leicht schematisierte Lebendzeichnungen von Protozoen aus Mühlviertler Fichtenwäldern. 1: *Colpoda inflata*, ein 50 μm langes colpodides Ciliat (Wimpertier), Vergrößerung 1350mal. Wi = Wimpern, Nb = Nahrungsbläschen, Gk = Großkern, Kk = Kernkörperchen, Kl = Kleinkern, Pb = pulsierendes Bläschen, Zm = Zellmund. 2: *Holosticha multistilata*, ein 160 μm langes hypotriches Ciliat, Vergrößerung 450mal. Ci = Cirren. 3: Lebende *Euglypha rotunda*, eine 40 μm lange Testacee (beschaltetes Wechseltierchen), Vergrößerung 1300mal. Ke = Kern, Kk = Kernkörperchen, Pb = pulsierendes Bläschen, Vz = Verdauungszone, Nb = Nahrungsbläschen, Sf = Scheinfüßchen. 4: Leere Schale von *E. rotunda*, Vergrößerung 1500mal.

Abb. 5—11: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Ciliaten (Abb. 5) und Testaceen (Abb. 6—11). 5: *Grossglockneria acuta*, ein 40 μm langes Ciliat, Vergrößerung 1900mal. 6: *Euglypha strigosa*, Länge 70 μm , Vergrößerung 900mal. 7: Lichtmikroskopische Aufnahme einer *Schoenbornia humicola* (Länge 35 μm), die sehr schön ein Scheinfüßchen zeigt, Vergrößerung 1450mal. 8: *Cyclopyxis eurytoma*, Durchmesser 55 μm , Vergrößerung 1600mal. 9: *Diffugia lucida*, Länge 55 μm , Vergrößerung 1300mal. 10: *Plagiopyxis declivis*, Durchmesser 70 μm , Vergrößerung 800mal. 11: *Hyalosphecia subflava*, Länge 65 μm , Vergrößerung 1100mal.



nackte Wechseltierchen (Amöben) vorhanden, deren genaue Anzahl aber noch nicht untersucht wurde.

Alle diese Mikroorganismen besiedeln die Porenräume zwischen den Bodenpartikeln, wenn sie wassergesättigt sind, oder den Wasserfilm, der die Bodenpartikeln überzieht. Feuchtigkeit ist für ein aktives Bodenleben unumgänglich. Trocknet das Substrat aus, können viele Bodenbewohner Schutz- oder Dauerstadien ausbilden (s. Farbteil, Abb. 16). Die wichtigsten und häufigsten Kleintiere von Fichtenwaldböden sollen kurz vorgestellt werden.

Urtiere (Protozoen) sind einzellige Organismen. Die Einzelzelle muß also sämtliche Lebensfunktionen erfüllen (Abb. 1, 3). Im Vergleich dazu leistet eine Zelle, wie sie in den Geweben aller mehrzelligen Tiere, auch des Menschen, vorkommt, nur eine Teilfunktion im Gesamtgefüge des Organismus (zum Beispiel die Leberzellen). Zu den Urtieren gehören Ciliaten und Testaceen.

Die Wimpertiere oder Ciliaten besitzen, wie aus dem Namen hervorgeht, ein mehr oder weniger vollständiges Wimpernkleid, das sie zur Fortbewegung und zum Nahrungserwerb benutzen. Im Boden weit verbreitete Gruppen sind die colpodiden (Abb. 1, 5) und die hypotrichen Ciliaten (Abb. 2). Letztere besitzen auf der Bauchseite, wo der Mund liegt, verstärkte Wimpern, sogenannte Cirren. Der Rücken ist nackt.

Die beschalteten Wechseltierchen oder Testaceen bauen ein Gehäuse, das sie unter anderem vor der Austrocknung schützt. Als Baumaterial können organische Substanz (Abb. 11), Kieselsäureplättchen, die von den Organismen selbst erzeugt werden (Abb. 4, 6, s. Farbteil, Abb. 16), oder kleine Sandkörnchen aus der Umgebung verwendet werden (Abb. 8—10). Sie besitzen keine Wimpern und auch sonst keine beständigen Fortbewegungsmittel. Mit Hilfe von Pseudopodien (Scheinfüßchen) können sie aber langsam „kriechen“ (Abb. 3, 7). Diese Zellfortsätze, die vorübergehend ausgebildet werden, dienen auch der Nahrungsaufnahme.

Die Rädertiere (Rotatorien) sind kleine mehrzellige Organismen und besitzen ein sogenanntes Räderorgan (Name!), das aus einem oder mehreren Wimpernkranzen besteht, zum Herbeistrudeln von Nahrung, die dann in einem Kaumagen aufbereitet wird (s. Farbteil, Abb. 13). Sie gehören, ebenso wie die Nematoden und die Gastrotrichen (Bauchhaarlinge, s. Farbteil, Abb. 15), zur Gruppe der Rund- oder

Schlauchwürmer. Die Fadenwürmer (Nematoden) verdanken der fadenförmigen Gestalt ihren deutschen Namen. Ihr Mund, mit dem sie saugen (Pflanzenparasiten) oder beißen (Räuber), liegt immer am vorderen Körperpol (s. Farbteil, Abb. 14).

Leider sind die Kleinlebewesen der Fichtenwaldböden noch relativ wenig erforscht, da sie wegen ihrer Artenarmut früher nur wenigen Wissenschaftlern attraktiv erschienen. Erst heute, wo wir mit dem Problem des Waldsterbens konfrontiert sind, müssen viele grundlegende Untersuchungen nachgeholt werden. Wir beschäftigen uns im Rahmen einer Dissertation (Petz) und einer Projektstudie (Wirnsberger, Foissner) mit verschiedenen grundsätzlichen Fragen, deren erste Ergebnisse hier in vereinfachter Form dargestellt werden.

Stand der Erforschung der Protozoenfauna des Mühlviertels

Einleitend haben wir darauf hingewiesen, daß die Protozoen im Boden eine sehr wichtige Rolle spielen. Auch für die Selbstreinigung der Gewässer besitzen sie, wie neuere Untersuchungen belegen, große Bedeutung (Schönborn 1981). Dennoch ist über den Artenbestand und die geographische Verbreitung der Protozoen allgemein (Foissner 1987, Foissner & Foissner 1988) und besonders im Mühlviertel sehr wenig bekannt. Die bisher vorliegenden Daten, die fast ausschließlich auf unseren eigenen Untersuchungen basieren, sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt und sind das Ergebnis von meist eher sporadischen Aufsammlungen in folgenden Biotopen:

a) Böden von Fichtenwäldern (Grünwald, Oberhaag; Teil des Böhmerwaldes) etwa 2 km nördlich von Aigen-Schlögl in 600—1000 m Meereshöhe. Alter der Bestände: 30—100 Jahre. Bodentyp: saure Felsbraunerde auf Granit mit deutlichen Anzeichen der Podsolierung. pH 2—4, also sehr sauer. Humusform: Rohhumus mit etwas Moder. Klimatisch liegt das Untersuchungsgebiet mit einer mittleren Jahrestemperatur von 4,5° C und einem Jahresniederschlag von 1000 mm im Übergangsbereich der ozeanischen und kontinentalen Zone (Dunzendorfer 1974). Alle Untersuchungen wurden während der Vegetationsperioden der Jahre 1985—1987 durchgeführt. Die Artenliste der Ciliaten basiert auf etwa 300 im frischen Zustand

untersuchten und einigen getrockneten, wieder befeuchteten Proben (non-flooded petri dish method; s. Foissner 1987) von 0–3 cm und 3–9 cm Bodentiefe. Fast alle Determinationen wurden durch Silberimprägnation abgesichert. Die Artenliste der Testaceen basiert auf der Untersuchung von etwa 100 frischen Proben zu je 0,005–0,0025 g. Die Determination erfolgte überwiegend nach Bonnet & Thomas (1960) und einschlägiger Spezialliteratur. Einige der im Mühlviertel gefundenen Boden-Testaceen sind in der Arbeit von Lüftenegger et al. (1988) beschrieben.

b) Hausgarten bei Aigen-Schlägl. Hier wurden nur einige oberflächliche Aufnahmen durchgeführt. Die Artenspektren sind daher unvollständig.

c) Hochmoorproben aus dem „Deutschen Hain“ (Dreiländereck: Österreich, Bayern, Tschechoslowakei; etwa 1240 m Meereshöhe) und der „Bayrischen Au“ (etwa 4 km nordöstlich von Aigen-Schlägl; 720 m Meereshöhe). Beide Moore wurden ebenfalls nur sporadisch untersucht. Das Artenspektrum ist daher sehr unvollständig. Zur Determination der Hochmoor-Testaceen leistete die Arbeit von Meisterfeld (1979) wertvolle Hilfe.

d) Andere limnische Biotope (Tümpel, Bäche etc.). Diese Auflistung basiert auf dem *Catalogus Faunae Austriae* (Foissner & Foissner 1988).

Wie bereits einleitend erwähnt, leben in den Fichtenwaldböden nur relativ wenige Tierarten. Diese allgemeine Erfahrung bestätigt sich auch hinsichtlich der Protozoen. Rechnet man etwa 15 unbestimmt gebliebene Formen hinzu, so haben wir in den 300 Proben nur rund 65 Ciliatenspecies gefunden. Zum Vergleich wurden in rund 70 Proben von sieben Stand-

orten (Auen, Heißbländen, Äcker, Buchenwald) im Tullnerfeld rund 130 Arten (Foissner et al. 1985) und in einer einzigen Probe von einem Berglaubwald in Kenia (Afrika) etwa 80 Arten gefunden. Ähnliches gilt für die Testaceen, bei denen Indikatorarten für Rohhumus und Moder (*Corythion*, *Nebela* etc.) und euryöke Species (zum Beispiel *Trinema*) dominieren.

Die Artenarmut des Biotops „Fichtenwaldboden“ geht daraus hervor, daß wir darin bisher keine einzige neue Species gefunden haben. Dagegen fanden wir in den vergleichsweise weniger genau studierten limnischen Biotopen (vorwiegend aus dem Raum Urfahr und Gaisbach-Wartberg) immerhin sechs neue Arten (Foissner & Foissner 1988): *Colpidium kleini* Foissner, 1969, *Opisthonecta minima* Foissner, 1975, *O. patula* Foissner, 1975, *Pseudovorticella sauwaldensis* Foissner & Schiffmann, 1979, *Telotrochidium elongatum* Foissner, 1975, und *Uronema parduczi* Foissner, 1971.

Fast alle in Tabelle 1 angeführten terricolen Ciliaten und alle in Tabelle 2 aufgelisteten Testaceen sind Neunachweise für das Mühlviertel, die meisten sogar für Österreich. Ein bemerkenswerter Fund ist *Platycola buetschlii* im „Deutschen Hain“. Insgesamt sind rund 100 Ciliaten- und 55 Testaceen-Arten aus dem Mühlviertel bekannt.

Bemerkenswert ist die scharfe Trennung der limnischen und terrestrischen Ciliaten-Gesellschaften. Kaum eine der in Tümpeln, Bächen etc. gefundenen Arten kommt im Boden vor. Dies zeigt, daß frühere Angaben, wonach die Protozoenfauna des Bodens lediglich eine reduzierte limnische Fauna ist, unrichtig sind und auf Fehlbestimmungen der Arten zurückgeführt werden müssen (Foissner 1987).

Tabelle 1. Liste der im Mühlviertel (einschließlich Sauwald) in terrestrischen (vorwiegend Fichtenwaldböden bei Aigen-Schlägl; nur die mit + bezeichneten Arten sind auch in anderen Regionen des Mühlviertels nachgewiesen; siehe Foissner & Foissner 1988) und limnischen (Tümpel, Bäche etc.; siehe Foissner & Foissner 1988) Biotopen nachgewiesenen Wimpertiere (Ciliophora).

Species	Terrestrische Biotope		Limnische Biotope
	Hausgarten	Fichtenwälder	
<i>Amphisiella terricola</i> Gellért, 1955	—	+	—
<i>Balantidioides dragescoi</i> Foissner et al., 1982	—	+	—
<i>Blepharisma hyalinum</i> Perty, 1849	+	—	—
<i>Bryometopus pseudochilodon</i> Kahl, 1932	+	+	—

Species	Terrestrische Biotope		Limnische Biotope
	Hausgarten	Fichtenwälder	
<i>Bryometopus sphagni</i> (Penard, 1922)	—	+	—
<i>Bryophyllum loxophylliforme</i> Kahl, 1931	—	+	—
<i>Campanella umbellaria</i> (Linnaeus, 1758)	—	—	+
<i>Carchesium cyclopidarum</i> Nenninger, 1948	—	—	+
<i>Chilodonella uncinata</i> (Ehrenberg, 1838)	—	—	+
<i>Chilophrya terricola</i> Foissner, 1984	—	+	—
<i>Cinetochilum margaritaceum</i> (Ehrenberg, 1831)	+	—	+
<i>Colpidium colpoda</i> (Losana, 1829)	—	—	+
<i>Colpidium kleini</i> Foissner, 1969	—	—	+
<i>Colpoda aspera</i> Kahl, 1926	+	+	—
<i>Colpoda cucullus</i> O. F. Müller, 1773	+	(+)	—
<i>Colpoda henneguyi</i> Fabre-Domergue, 1889	+	+	—
<i>Colpoda inflata</i> (Stokes, 1885)	+	+	—
<i>Colpoda maupasi</i> Enriques, 1908	—	(+)	—
<i>Cyclidium glaucoma</i> O. F. Müller, 1773	—	—	+
<i>Cyclidium muscicola</i> Kahl, 1931	+	+	—
<i>Cyclodonta bipartita</i> (Stokes, 1885)	—	—	+
<i>Cyrtolophosis acuta</i> Kahl, 1926	—	+	—
<i>Cyrtolophosis mucicola</i> Stokes, 1885	—	+	—
<i>Dendrocometes paradoxus</i> Stein, 1851	—	—	+
<i>Dexiostoma campyla</i> (Stokes, 1886)	—	—	+
<i>Dileptus alpinus</i> Kahl, 1932	—	+	—
<i>Dileptus anguillula</i> Kahl, 1931	—	+	—
<i>Dileptus gracilis</i> Kahl, 1931	—	+	—
<i>Dimacrocaryon amphileptoides</i> (Kahl, 1931)	—	+	—
<i>Drepanomonas exigua</i> Penard, 1922	—	+	—
<i>Drepanomonas revoluta</i> Penard, 1922	+	+	—
<i>Epispathidium papilliferum</i> (Kahl, 1930)	—	+	—
<i>Epispathidium terricola</i> Foissner, 1987	—	+	—
<i>Epistylis nympharum</i> Engelmann, 1862	—	—	+
<i>Euplotes muscicola</i> Kahl, 1932	+	—	—
<i>Euplotes patella</i> (O. F. Müller, 1773)	—	—	+
<i>Frontonia depressa</i> (Stokes, 1886)	+	+	—
<i>Fuscheria terricola</i> Berger et al., 1983	+	—	—
<i>Gastrostyla steinii</i> Engelmann, 1862	+	—	—
<i>Glaucoma scintillans</i> Ehrenberg, 1830	—	—	+
<i>Gonostomum affine</i> (Stein, 1859)	+	+	—
<i>Grossglockneria acuta</i> Foissner, 1980	—	+	—
<i>Halteria grandinella</i> (O. F. Müller, 1773)	+	—	+
<i>Hausmanniella discoidea</i> (Gellért, 1956)	—	+	—
<i>Hemisincirra gellerti</i> (Foissner, 1982)	—	+	—
<i>Histiculus muscorum</i> (Kahl, 1932)	+	—	—
<i>Holosticha bergeri</i> Foissner, 1987	—	+	—

Species	Terrestrische Biotope		Limnische Biotope
	Hausgarten	Fichtenwälder	
<i>Holosticha multistilata</i> Kahl, 1928	—	+	—
<i>Holosticha muscorum</i> (Kahl, 1932)	—	+	—
<i>Holosticha sigmoidea</i> Foissner, 1982	—	+	—
<i>Homalogastra setosa</i> Kahl, 1926	—	+	—
<i>Keronopsis herbicola</i> (Kahl, 1932)	—	(+)	—
<i>Keronopsis wetzeli</i> Wenzel, 1953	—	+	—
<i>Lacrymaria olor</i> (O. F. Müller, 1786)	—	—	+
<i>Leptopharynx costatus</i> Mermod, 1914	+	(+)	—
<i>Microdiaphanosoma arcuata</i> (Grandori & Grandori, 1934)	—	+	—
<i>Nivaliella plana</i> Foissner, 1980	—	+	—
<i>Opisthonecta minima</i> Foissner, 1975	—	—	+
<i>Opisthonecta patula</i> Foissner, 1975	—	—	+
<i>Oxytricha fallax</i> Stein, 1859	—	—	+
<i>Parabryophrya penardi</i> (Kahl, 1931)	+	—	—
<i>Paracolpoda steinii</i> (Maupas, 1883)	+	(+)	—
<i>Paramecium caudatum</i> Ehrenberg, 1833	—	—	+
<i>Paruroleptus notabilis</i> Foissner, 1982	—	+	—
<i>Phascolodon vorticella</i> Stein, 1859	—	—	+
<i>Phialina terricola</i> Foissner, 1984	+	+	—
<i>Platycola buetschlii</i> (Nüsslin, 1884)	—	—	+
<i>Platyophrya macrostoma</i> Foissner, 1980	—	+	—
<i>Platyophrya spumacola</i> Kahl, 1927	+	(+)	—
<i>Platyophrya vorax</i> Kahl, 1926	—	+	—
<i>Prorodon teres</i> Ehrenberg, 1833	—	—	+
<i>Protospathidium bonneti</i> (Buitkamp, 1977)	+	+	—
<i>Pseudochilonopsis mutabilis</i> Foissner, 1981	+	+	—
<i>Pseudocohnilembus pusillus</i> (Quennerstedt, 1869)	—	—	+
<i>Pseudoholophrya terricola</i> Berger et al., 1984	+	—	—
<i>Pseudoplatyophrya nana</i> (Kahl, 1926)	—	+	—
<i>Pseudoplatyophrya terricola</i> Foissner, 1985	+	+	—
<i>Pseudovorticella sauwaldensis</i> Foissner & Schiffmann, 1979	—	—	+
<i>Sathrophilus muscorum</i> (Kahl, 1931)	+	+	—
<i>Scyphidia physarum</i> Lachmann, 1856	—	—	+
<i>Spathidium longicaudatum</i> (Buitkamp & Wilbert, 1974)	+	—	—
<i>Spirochona gemmipara</i> Stein, 1851	—	—	+
<i>Spirostomum ambiguum</i> (O. F. Müller, 1786)	—	—	+
<i>Spirostomum teres</i> Claparède & Lachmann, 1858	—	—	+
<i>Steinia muscorum</i> Kahl, 1932	+	—	—
<i>Stentor polymorphus</i> (O. F. Müller, 1773)	—	—	+
<i>Stylonychia mytilus</i> Komplex	—	—	+
<i>Telotrochidium elongatum</i> Foissner, 1975	—	—	+
<i>Tetrahymena pyriformis</i> Komplex	—	—	+
<i>Tetrahymena rostrata</i> (Kahl, 1926)	—	+	—

Species	Terrestrische Biotope		Limnische Biotope
	Hausgarten	Fichtenwälder	
<i>Thuricola folliculata</i> Kent, 1881	—	—	+
<i>Tokophrya infusionum</i> (Stein, 1859)	—	—	+
<i>Trithigmostoma cucullulus</i> (O. F. Müller, 1786)	—	—	+
<i>Uronema marinum</i> Dujardin, 1841	—	—	+
<i>Uronema parduczi</i> Foissner, 1971	—	—	+
<i>Vorticella astyliformis</i> Foissner, 1981	—	+	—
<i>Vorticella infusionum</i> Dujardin, 1841	—	—	+
<i>Wenrichia colpidioides</i> (Gelei, 1954)	—	—	+

Tabelle 2. Liste der im Mühlviertel in terrestrischen und limnischen Biotopen nachgewiesenen Schalenamöben (Testacea).

Species	Terrestrische Biotope		Moore
	Hausgarten	Fichtenwälder	
<i>Arcella arenaria</i> Greeff, 1866	—	—	+
<i>Arcella arenaria</i> f. <i>compressa</i> Chardez, 1957	—	+	—
<i>Arcella discoides</i> Ehrenberg, 1871	—	—	+
<i>Arcella rotundata</i> var. <i>aplanata</i> Deflandre, 1928	+	—	—
<i>Assulina muscorum</i> Greeff, 1888	—	+	—
<i>Assulina seminulum</i> (Ehrenberg, 1848)	—	+	+
<i>Centropyxis aerophila</i> Deflandre, 1929	+	+	—
<i>Centropyxis elongata</i> (Penard, 1890)	—	+	—
<i>Centropyxis laevigata</i> Penard, 1890	+	—	—
<i>Centropyxis orbicularis</i> Deflandre, 1929	—	+	—
<i>Centropyxis plagiostoma</i> Bonnet & Thomas, 1955	+	—	—
<i>Centropyxis sphagnicola</i> (Deflandre, 1929)	+	+	—
<i>Centropyxis spinosa</i> (Cash & Hopkinson, 1905)	—	—	+
<i>Centropyxis sylvatica</i> (Deflandre, 1929)	—	+	—
<i>Corythion dubium</i> Taranek, 1881	—	+	—
<i>Cryptodifflugia oviformis</i> Penard, 1890	+	+	—
<i>Cyclopyxis eurystoma</i> Deflandre, 1929	—	+	—
<i>Cyclopyxis kahli</i> Deflandre, 1929	—	+	—
<i>Difflugia bacilliarum</i> Perty, 1849	—	—	+
<i>Difflugia globulosa</i> Dujardin, 1837	—	—	+
<i>Difflugia lucida</i> Penard, 1890	—	+	—
<i>Euglypha compressa</i> Carter, 1864	—	+	+
<i>Euglypha compressa</i> f. <i>glabra</i> Wailes, 1915	—	+	+
<i>Euglypha laevis</i> (Ehrenberg, 1845)	+	+	—

Species	Terrestrische Biotope		Moore
	Hausgarten	Fichtenwälder	
<i>Euglypha rotunda</i> Wailes & Penard, 1911	+	+	—
<i>Euglypha strigosa</i> (Ehrenberg, 1871)	—	+	+
<i>Euglypha strigosa</i> f. <i>glabra</i> Wailes & Penard, 1911	+	+	+
<i>Heleopera petricola</i> Leidy, 1879	—	+	+
<i>Hyalosphenia elegans</i> (Leidy, 1874)	—	—	+
<i>Hyalosphenia papilio</i> (Leidy, 1874)	—	—	+
<i>Hyalosphenia subflava</i> Cash & Hopkinson, 1909	—	+	—
<i>Nebela carinata</i> (Archer, 1867)	—	—	+
<i>Nebela collaris</i> (Ehrenberg, 1848)	—	+	+
<i>Nebela militaris</i> Penard, 1890	—	+	+
<i>Nebela tenella</i> Penard, 1893	—	—	+
<i>Nebela tincta</i> (Leidy, 1879)	—	+	—
<i>Paraquadrula irregularis</i> (Archer, 1877)	+	—	—
<i>Phryganella acropodia</i> (Hertwig & Lesser, 1874)	+	+	—
<i>Phryganella hemisphaerica</i> (Penard, 1890)	—	—	+
<i>Phryganella paradoxa</i> Penard, 1902	—	+	—
<i>Plagiopyxis callida</i> Penard, 1910	—	+	—
<i>Plagiopyxis declivis</i> Bonnet & Thomas, 1955	—	+	—
<i>Plagiopyxis minuta</i> Bonnet, 1959	—	+	—
<i>Schoenbornia humicola</i> (Schönborn, 1964)	—	+	—
<i>Schoenbornia viscidula</i> Schönborn, 1964	—	+	—
<i>Schwabia terricola</i> Bonnet & Thomas, 1955	+	—	—
<i>Tracheleuglypha acolla</i> Bonnet & Thomas, 1955	+	—	—
<i>Tracheleuglypha acolla</i> var. <i>aspera</i> Bonnet & Thomas, 1955	—	+	—
<i>Tracheleuglypha dentata</i> (Vejdovsky, 1882)	—	+	—
<i>Trigonopyxis arcula</i> (Leidy, 1879)	—	+	—
<i>Trinema complanatum</i> Penard, 1890	+	+	—
<i>Trinema enchelys</i> (Ehrenberg, 1838)	+	+	—
<i>Trinema lineare</i> Penard, 1890	+	+	—
<i>Trinema penardi</i> Thomas & Chardez, 1958	—	+	—

Auswirkungen verschiedener menschlicher Einflüsse

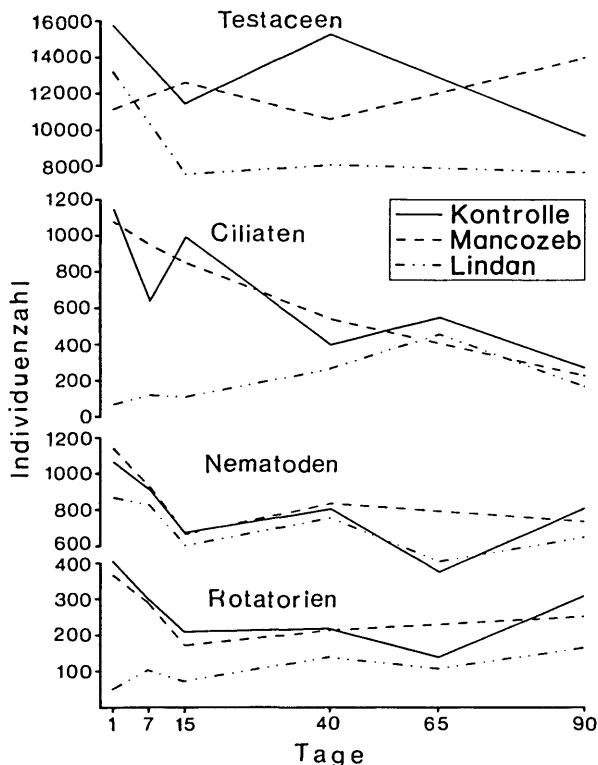
Pestizide

Pestizide (Pflanzenbehandlungsmittel) werden nicht nur in der modernen Landwirtschaft in großem Maßstab eingesetzt. Es existieren eine ganze Reihe von Präparaten, die den Forstwirt bei der Bekämpfung von „Schädlingen“ im Wald unterstützen sollen. Es gibt jedoch kaum Daten über die Nebenwirkungen solcher Substanzen auf die Bodentiere des Fichtenwaldes.

Wir untersuchten daher die Wirkung eines Fungizids (Pilzbekämpfungsmittel, Handelsname Dithane M-45, Wirkstoff Mancozeb) und eines Insektizids (Handelsname Stammschutzmittel Gamma, Wirkstoff Lindan). Mit diesem Experiment soll auch eine mögliche Eignung von Bodenorganismen als Bioindikatoren geprüft werden. Die Anlage der Probeflächen erfolgte in einem 80 bis 100 Jahre alten Fichtenforst nach dem Prinzip der randomisierten Blockanlage (Köhler et al. 1984). Die Pestizide wurden in praxisüblicher Dosis ausgebracht. Für Dithane M-45 entspricht das in 0,2%iger wässriger Suspension 0,12 g/m²

(1,2 kg/ha) und für das Stammeschutzmittel Gamma in 10%iger wäßriger Lösung 300 ml/m². Das Fungizid zeigte keinen deutlichen negativen Einfluß auf die Wimpertiere, Fadenwürmer und Rädertiere. Lediglich die Anzahl der beschalteten Wechseltiere ist unmittelbar nach dem Aufbringen des Mittels geringer (Irrtumswahrscheinlichkeit 20%). Nach 2 Wochen entsprechen die Werte der behandelten Flächen bereits wieder denen der Kontrollen.

Wesentlich schwerwiegender sind die Auswirkungen des Insektenvernichtungsmittels. Die Ciliaten, die Testaceen und die Rotatorien werden nach der Aufbringung des Pestizids fast ganz vernichtet. Die Rotatorien erholen sich jedoch bis zum 65. Tag und die Testaceen bis zum 90. Tag soweit, daß statistisch kein Unterschied zur Kontrolle besteht (Irrtumswahrscheinlichkeit 10%). Die Ciliaten sind auch am 90. Tag noch deutlich unter den Kontrollwerten. Die Nematoden zeigen nur an diesem Termin eine empfindliche Abnahme. Das könnte auf toxische Metaboliten von Lindan deuten.



Dünger

Die Forstbestände im Böhmerwald weisen eine extreme Magnesiumauswaschung auf und bieten aus mehreren Gründen ein Modellgebiet für kausale Analysen der neuartigen Waldschäden und für die Anwendung von Sanierungsmaßnahmen (Glatzel et al. 1986). 1987 begann im Revier Obernhof (Aigen-Schlögl) ein längerfristiges Projekt, bei dem die Auswirkungen von mineralischen und organischen Düngern auf einen 80jährigen und einen 30- bis 40jährigen Fichtenbestand erforscht werden. Neben forstlichen, bodenkundlichen und mikrobiellen Untersuchungen wird auch der bodenzoologische Aspekt berücksichtigt. Dies ist besonders hervorzuheben, weil das leider noch keineswegs selbstverständlich ist. Unser Teilprojekt umfaßt bodenzoologische Untersuchungen, die Erfassung einiger Bodenenzyme und Versuche zum Streuabbau. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, daß sich die Kleinstlebewesen der gedüngten Flächen in einer Umstellungsphase befinden, die es in den folgenden Jahren im Detail zu verfolgen gilt.

Bewässerung

Mit diesem Experiment sollte die strittige Frage geklärt werden, inwieweit die Bodenfeuchtigkeit Einfluß auf die Individuen- und Artenzahl der terrestrischen (bodenbewohnenden) Kleinlebewesen nimmt. Die Annahme, daß nämlich umso mehr Individuen und Arten aktiv sind, je feuchter das Substrat ist, war durch methodisch ungeeignete Versuche nur ungenügend belegt. Solche Versuche erscheinen auf den ersten Blick recht akademisch. Erinnern wir uns aber, daß vor nicht allzu langer Zeit manche Forscher — vielleicht nicht zu Unrecht — die Meinung vertraten, daß der auffallend schlechte Zustand des Waldes im Jahr 1986 durch die extreme Sommertrockenheit des Jahres 1985 verursacht wurde. Eine Versuchsfläche wurde an jedem 4. Tag mit 25 l/m² bewässert, das Kontrollareal blieb unbehandelt. Die Bewässerung führte in der 0 bis 3 cm Schicht zu einem Rückgang der Abundanz (Anzahl) der Ciliaten. Testaceen und Rotatorien nahmen geringfügig zu, eine deutliche Erhöhung der Anzahl war nur für die Nematoden nachzuweisen (Tab. 3). Aufgrund des geringen Feuchte-

unterschieds im Vergleich zur Kontrolle, waren im 3- bis 9-cm-Horizont keine besonderen Effekte der Bewässerung festzustellen.

Diese Resultate deuten darauf hin, daß der Bodenwassergehalt im Ökosystem Fichtenwald nicht der primär limitierende Faktor für die Anzahl der Protozoen und Rotatorien ist, im Gegensatz zu den Nematoden, die offensichtlich einen feuchteren Boden bevorzugen. Die Zunahme der Arten aktiver Ciliaten und Testaceen in der Bewässerungsfläche ist ein Hinweis dafür, daß einige Arten doch eine höhere Bodenfeuchte benötigen. Diese findet man aber generell nur während kurzer Perioden nach Regenfällen, was die Aktivitätsphase dieser Arten auf diese Zeitspanne beschränkt (Petz & Foissner 1988, im Druck).

Schlußwort

Bodenzoologische Untersuchungen in Nadelwäldern stehen erst am Anfang. Noch sehr viele Vorgänge im Boden werden gar nicht oder nur ungenügend verstanden. Gerade auch wegen der Problematik des Waldsterbens sind dringend weitere Forschungsarbeiten notwendig.

Tabelle 3. Ergebnisse des Bewässerungsversuchs in 0 bis 3 cm Bodentiefe (Mittelwerte). Die Individuenzahlen beziehen sich auf 1 g luftgetrockneten Boden (aus Petz & Foissner 1988, im Druck).

Parameter	Bewässert	Kontrolle
Bodenwassergehalt ^a	50,0	41,3
Ciliaten		
Individuenzahl	311	489
Artenzahl	12,8	8,4
Testaceen		
Individuenzahl	22.203	17.908
Artenzahl	18,0	19,8
Nematoden Individuenzahl	1197	824
Rotatorien Individuenzahl	227	181

^a In % Feuchtmasse des getrockneten Bodens.

Literatur

- BAMFORTH, S. S. (1971): The numbers and proportions of testacea and ciliates in litters and soils. J. Protozool. 18: 24—28.
- (1985): Symposium on "Protozoan Ecology": The role of protozoa in litters and soils. J. Protozool. 32: 404—409.
- & Peláez de, Nancy (1977): Numbers and proportions of microorganisms in humid forest litters. Proc. La. Acad. Sci. 40: 33—38.
- BONNET, L. & R. THOMAS (1960): Thécamoebiens du sol. Vie et Milieu (Suppl.) 11: 1—103.
- DUNZENDORFER, W. (1974): Pflanzensoziologie der Wälder und Moore des oberösterreichischen Böhmerwaldes. Natur- und Landschaftsschutz in OÖ. 3: 1—110.
- FOISSNER, W. (1969): Eine neue Art aus der Gattung *Colpidium* (Stein, 1860): *Colpidium kleini* sp. n. (Hymenostomata, Tetrahymenidae). Acta Protozool. 7: 17—23.
- (1971): Das Silberliniensystem von *Uronema parduczi* sp. n. (Ciliata, Hymenostomatida, Uronematidae). Arch. Protistenk. 113: 34—50.
- (1975): Opisthionectidae (Ciliata, Peritrichida) nov. fam. und Revision der Genera *Telotrochidium* (Kent) und *Opisthonecta* (Fauré-Fremiet). Protistologica 11: 395—414.
- (1987): Soil protozoa: fundamental problems, ecological significance, adaptations in ciliates and testaceans, bioindicators, and guide to the literature. Progr. Protistol. 2: 69—212.
- & FOISSNER, Ilse (1988): Phylum Ciliophora. Catalogus Faunae Austriae (im Druck).
- & H. SCHIFFMANN (1979): Morphologie und Silberliniensystem von *Pseudovorticella sawwaldensis* nov. spec. und *Scyphidia physarum* Lachmann, 1856 (Ciliophora, Peritrichida). Ber. Nat.-Med. Ver. Salzburg 3/4: 83—94.
- T. PEER & H. ADAM (1985): Pedologische und protozoologische Untersuchung einiger Böden des Tullnerfeldes (Österreich). Mitt. Öst. Bodenk. Ges. 30: 77—117.
- GLATZEL, G., M. KAZDA, K. KATZENSTEINER, M. KÜHNERT, G. MARKART & D. STÖHR (1986): Schadstoffdeposition in österreichischen Waldökosystemen. Zwischenbericht über das Arbeitsjahr 1986 der Forschungsinitiative gegen das Waldsterben an der Universität für Bodenkultur. Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung Zl. 36.036/2-23/85, 27 pp.
- KÖHLER, W., G. SCHACHTEL & P. VOLESKE (1984): Biometrie. Springer, Berlin, Heidelberg, New York & Tokyo. 255 pp.
- LÜFTENEGGER, Gabriele, W. PETZ, H. BERGER, W. FOISSNER & H. ADAM (1988): Morphologic and biometric characterization of twenty-four soil testate amoebae (Protozoa, Rhizopoda). Arch. Protistenk. (im Druck).
- MEISTERFELD, R. (1979): Zur Systematik der Testaceen (Rhizopoda, Testacea) in Sphagnum. Eine REM-Untersuchung. Arch. Protistenk. 121: 246—269.
- PETZ, W. & W. FOISSNER (1988): Effect of irrigation on the protozoan fauna of a spruce forest. Verh. Ges. Ökol. (im Druck).
- SCHÖNBORN, W. (1982): Die Ziliatenproduktion in der mittleren Saale. Limnologica 14: 329—345.