©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Das Auftreten kleiner Metazoen bei Abbauprozessen in vergleichender Sicht

(Tropfkörper, Modellversuche)

Von GÜNTHER WENINGER, Wien

Mit 7 Abbildungen und 1 Tabelle

(Vorgelegt in der Sitzung am 13. November 1970 von k. M. W. Marinelli)

Inhalt:

		Seite
1.	Einleitung	129
1.1.	Methodik	131
1.2.	Chemismus der zu den vergleichenden Versuchen benützten Abwässer	132
2.	Untersuchungsergebnisse	133
2.1.1.	Jahreszeitlich bedingte Veränderungen im Vorkommen kleiner Metazoen im biologischen Rasen von Tropfkörpern (Abb. 1)	133
2.1.2.	Verfolgung der Besiedlung bei Kleintropfkörpern	142
2.2.	Auftreten der kleinen Metazoen in Modellversuchen (Beeinflussung durch Düngesalze) (Abb. 2—5)	144
2.3.	Begleitorganismen von Nematoden- und Rotatorienmaxima .	147
2.4.	Vergleich der Tropfkörperbesiedlung mit jener der Modellversuche	149
3.1.	Im biologischen Rasen von Tropfkörpern vorkommende Arten kleiner Metazoen	151
3.2.	Orientierende Darstellung der organischen Belastung der Abwässer zur Zeit der verschiedenen Metazoen-Maxima	153
3.3.	Beeinflussung durch Epizoen (Abb. 7)	155
4.	Zusammenfassung	156
	Literatur	157

1. Einleitung

Bei der biologischen Beurteilung von Gewässern bewährt sich rein arbeitstechnisch die Zusammenfassung mehrerer, in Größe annähernd ähnlicher Gruppen zum Begriff „kleiner Metazoen". Sie meiden mit Ausnahme gewisser Nematoden höchste organische Verunreinigung und kommen meist auffallend häufig in der Zone langsam abklingenden Abbaus (a—b-mesosaprob) vor.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Hauptgruppen stellen:

Nematoden, Rotatorien, Copepoden, Oligochaeten, wesentlich seltener treten bisweilen

Tardigraden, div. Milben, Gastrotrichen usw. auf.

Die Bindung vieler saprober Arten an spezielle Abbauvorgänge, Leben in Faulschlamm-Grenzschicht usw. ist meist nicht eingehend untersucht.

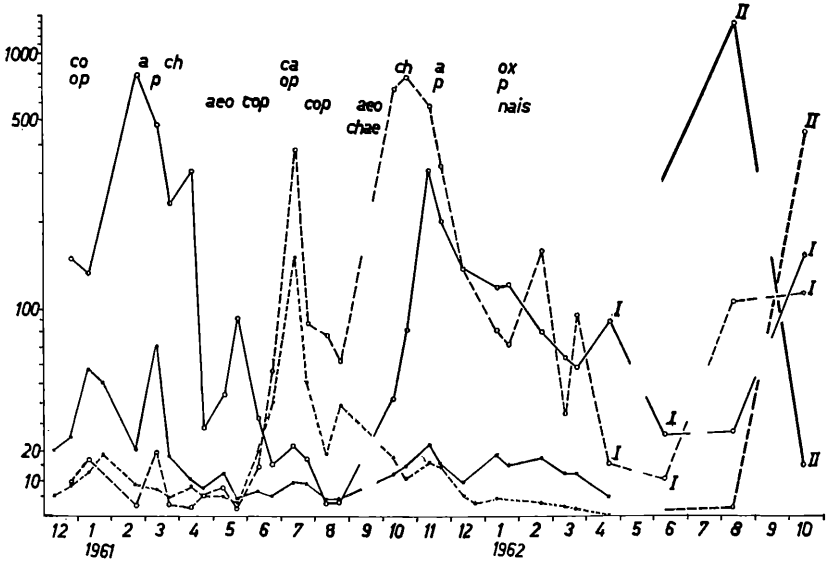

Abb. 1: Darstellung der dynamischen Entwicklung von Nematoden und Rotatorien im Oberflächenrasen (volle Linien Nematoden, strichliert Rotatorien) und in der oberen Region etwa 1,5 m tiefer (doppelte, zartere Linien). Abszisse — Monate, von Dezember 1960 bis Oktober 1962, der Entnahme. Ordinate — Häufigkeit der Organismen pro mikroskopischem Präparat. Abkürzungen: I, II, Kennzeichnung der beiden Tropfkörper. a = *Acineria incurvata*; aeo = *Aeolosoma*; *ca* = Carchesium polypinum; ch = *Chilodonella cucullulus*; co = *Colpidium campylum*; cop = *Copepoden*; chae = *Chaetogaster*; nais = *Nais communis*; ox = *Oxytrichidae*; op = *Opercularia*; p = *Paramecium*.

Durch die Hochbelastung moderner Belüftungsstufen im Verlauf der Abwasserklärung wird die Bedeutung von Metazoen, ähnlich wie auch vieler Ciliaten, für den Abbau als sekundär angesehen, weil diese Organismen dann in den nur aus Bakterien aufgebauten Flocken und Rasen fehlen.

In natürlichen Gewässern nehmen aber saprobe höhere Organismen immer mehr zu, so daß schon aus diesem Grund das

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

genaue Studium ihres Auftretens wichtig erscheint. Wegen der großen auftretenden Individuendichte ist dabei weder die Kleinheit der Organismen, noch das Fehlen charakteristisch scheinender Leitformen ausschlaggebend für die sicher große Bedeutung, die sie für den gesamten Abbau besonders in den Fließgewässern mit intensiver Substratbelüftung besitzen (BESCH et al. 1967).

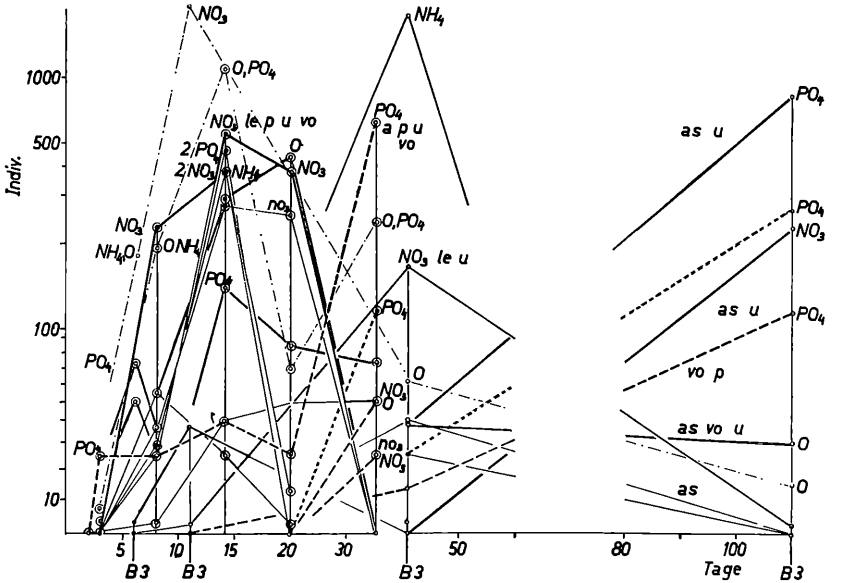

Abb. 2: Darstellung der Nematoden- (volle Linien) und Rotatorienhäufigkeit (strichliert) je mikroskopischem Präparat (Ordinate). Abszisse — Zeitlinie in Tagen der Dauer des Modellversuchs. Versuchswasser — mechanisch gereinigtes Abwasser der Kläranlage Baden (Baden 3 = B 3, Baden 4 — nicht extra gekennzeichnet); doppelte, zartere Linien gelten für den Versuch mit Zusatz von Belebtschlamm. Strichpunktiert ist die Gesamt-Ciliatenkurve (Häufigkeiten 10.000—20.000).
Abkürzungen für begleitende Arten:
a = *Acineria incurvata*; as = *Aspidisca costata*; le = *Lembus* sp.; p = *Paramecium* (*caudat.* + *trich.*); u = *Uronema marinum*; vo = *Vorticella microstoma*.
O-Versuchsansatz ohne Salze, NO_3-Zusatz von KNO_3, NH_4-Zusatz von NH_4Cl, PO_4-Zusatz von KH_2PO_4 (siehe Methodik).

1.1. Methodik

Der Jahreszyklus (Abb. 1) wurde an der Kläranlage Traiskirchen verfolgt. Es wurde dabei biologischer Rasen aus mehreren Regionen der beiden Tropfkörper entnommen (WENINGER

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

1964). In Abb. 1 sind nur Auszählungen von Rasenproben der Tropfkörperoberfläche berücksichtigt.

Die in Abb. 2—5 dargestellten Versuchsauswertungen beziehen sich auf Modellversuche mit verschiedenen Abwässern. Sowohl Rohabwässer als vorgereinigte Abwässer einiger Gemeinden im Süden Wiens wurden in Kleinversuchen (250 cm³) aufgestellt, künstlich belüftet (vergleichsweise auch ohne Belüftung) und jeweils getrennt mit Salzen versetzt (normale Zugabe 2 g/l, vergleichsweise 1 g/l, 4 g/l, 6 g/l).

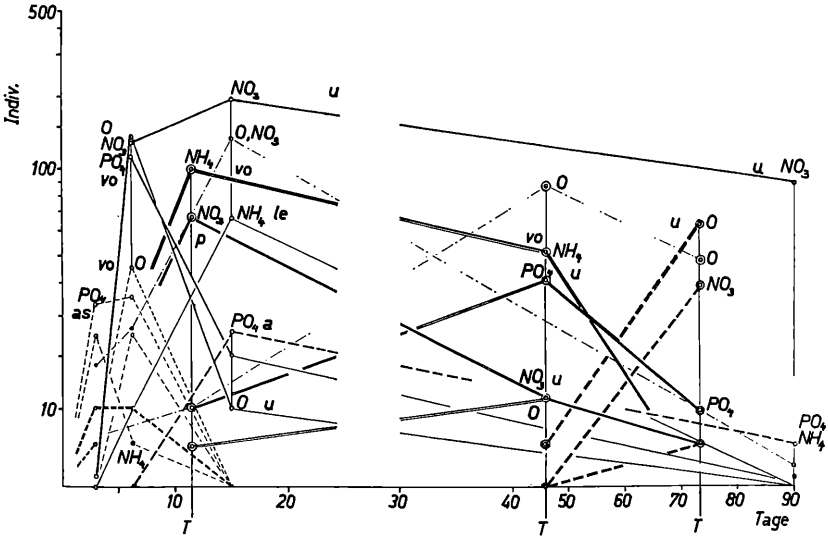

Abb. 3: Darstellung der Nematoden- und Rotatorienhäufigkeiten (volle Linien bzw. strichliert) mit Versuchsabwasser der Kläranlage Mödling bzw. Traiskirchen (T); fein strichliert (doppelt) — Zusatz von Belebtschlamm; Details (Abkürzungen) siehe Abb. 2; strichpunktiert ist die Gesamt-Ciliatenkurve (Häufigkeiten 10.000—15.000).

Bodensatz und Wandaufwuchs wurde daraufhin in gewissen Abständen mikroskopisch untersucht (Häufigkeit pro Präparat).

Die Gesamtbiozönose, vor allem Ciliaten, Flagellaten, Bakterien, wurde bereits ausführlich dargestellt und diskutiert (WENINGER 1970).

1.2. Chemismus

Angegeben sind Tagesmittel bzw. Mittel aus mehreren Einzelentnahmen (Tabelle 1, Seite 135).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

2. Untersuchungsergebnisse

2.1.1. Jahreszeitlich bedingte Veränderungen im Vorkommen kleiner Metazoen im biologischen Rasen von Tropfkörpern

Untersucht wurden die Tropfkörper der Kläranlage Traiskirchen, die zum Zeitpunkt der Entnahmen (1961, 1962, 1963) mit organisch schwächer belastetem Abwasser beschickt wurden,

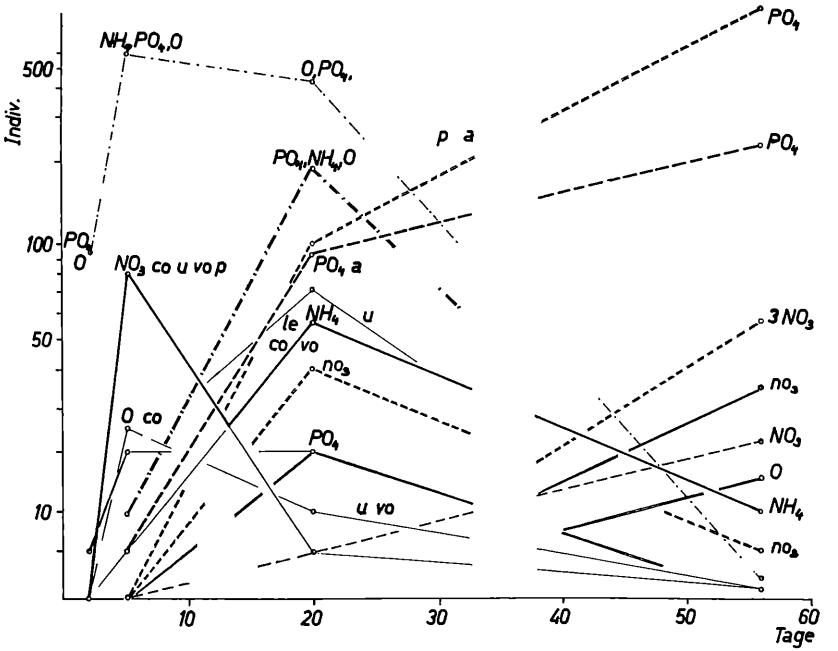

Abb. 4: Darstellung der Nematoden- und Rotatorienhäufigkeiten (volle Linien bzw. strichliert) im Versuch mit Rohabwasser der Kläranlage Inzersdorf; doppelte Linien — Versuch ohne künstliche Belüftung; strichpunktiert — Gesamt-Ciliatenkurve (Häufigkeiten 10.000—15.000); Details (Abkürzungen) siehe Abb. 1 und Abb. 2.

allerdings war besonders der Nitratgehalt oft auffallend hoch (Tabelle 1). Die Tropfkörper (PÖNNINGER 1965) arbeiten bei „mittlerer Belastungsstufe".

Es kommt somit zur Ausbildung eines dicht besiedelten, relativ starken biologischen Rasens, die Schlammbildung bleibt jedoch hinter der schwachbelasteten Schüttung zurück (Abb. 6).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

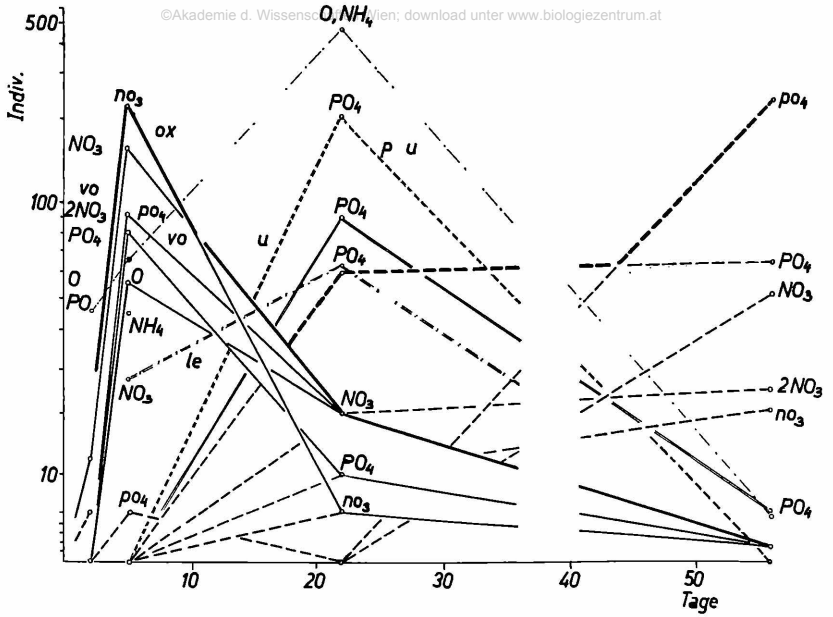

Abb. 5: Darstellung der Nematoden- und Rotatorienhäufigkeiten im Versuch mit mechanisch gereinigtem Abwasser der Kläranlage Inzersdorf (volle Linien bzw. strichliert); doppelte Linien — Versuch ohne künstliche Belüftung; strichpunktiert — Gesamt-Ciliatenkurve (Häufigkeiten 10.000 bis 15.000); Details (Abkürzungen) siehe Abb. 1 und Abb. 2.

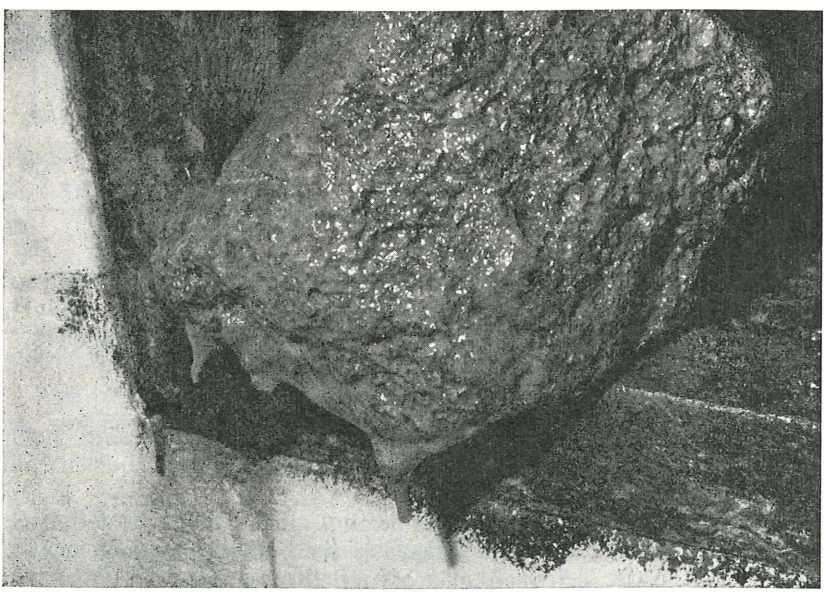

Abb. 6: Schlackenstück von der Tropfkörperoberfläche (starke Aufwuchsbildung).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 1. Chemismus[1])

	Baden			Mödling			Inzersdorf		Traiskirchen
	Rohabwasser	mech. gereinigt	biol. gereinigt	Rohabwasser	mech. gereinigt	biol. gereinigt	Rohabwasser	mech. gereinigt	Rohabwasser
El_{18}	1035	1025		715	716	740	846	947	1010
pH	(7,1)	7,2		7,0	7,2	7,3	7,8	7,8—7,2	7,4
$KMnO_4$	(500)	(288)	(69)	339	197	57	271	215	158
Bsb_5	(394)	(264)	(32)	292	172	31	142	116	74
Ges. N	(50) 78	(27) 47	(10)	31		19,5	35	40	39
$N(NO_3)$	(2,2)	(2,2)	(1,4)	1,2		1,1	4,2	4,2	9,0
$N(NO_2)$	u. 0,2	u. 0,2		0,4		0,3	0,1	0,1	0,7
$N(NH_4)$	(17) 25	(11) 27	(2)	11,2		12,7	12,7	17,3	14,0
org. N (errechn.)	(31) 53	(14) 21	(7)	18,3		5,4	18	18	15,5
$PO_4^{=}$	18,8	18,4	12,3	0,58		0,59	8,2	12	5,6
$SO_4^{=}$							180	168	
Cl^-	74	74					93	20	50
O_2	(0,0)	(0,0)	(4,6)	0,0		7,6	0,0	0,0—0,2	3,0
H_2S, $S^{=}$	0,0 bis häuf.	0,0 bis Spur					0,0		0,0
Deterg.	9,3	9,5	3,5	5,5		0,96			3,0
Keimzahl 22° C, $\times 10^6$	55	5,4		1,5—2,9	1,3	0,19—0,31	1,2—1,9	0,7—2,0	0,6—3,0

[1]) Die Werte in Klammern wurden einer Untersuchung von Biffl entnommen. Die übrigen Werte (Mittelwerte) wurden von den Gemeinden der Städte Baden, Mödling, Traiskirchen und Wien zur Verfügung gestellt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Für die vorliegende Untersuchung war die Anlage wegen des reichlichen Vorkommens von Metazoen gut geeignet.

Die Bedeutung größerer rasenfressender Organismen, in diesem Fall von *Psychoda alternata* (Larven) sowie von Enchytraeiden (*Lumbricillus*), ist außerordentlich groß, wenn auch verschiedene Untersuchungen (HAWKES 1957) namentlich bei Pilzrasen (*Fusarium* u. a.) eine deutliche „interne Wuchsdynamik" während der Jahreszeiten erkennen lassen.

Es konnte jedenfalls in Traiskirchen, wo der biologische Rasen überwiegend aus *Sphaerotilus natans*, Ciliaten (*Carchesium*, *Opercularia*) und *Leptomitus* besteht, eine deutliche Zunahme des Bewuchses während der kalten Jahreszeit festgestellt werden (WENINGER 1964). Außerdem konnten Zunahmen der Belastung des Abwassers mit organischen Stoffen (geringere Verdünnung) und mit Salzen (Nitrate), vermutlich durch landwirtschaftliche Kunstdüngerstreuung, festgestellt werden. Nach Frostperioden scheint die Nitratmenge kleiner.

Die winterliche Zunahme der Stickstoffverbindungen (Ammonium, Nitrat) im mechanisch gereinigten Abwasser (nach den Emscherbrunnen) und nach etwa 1,5 m Verrieselungsstrecke im Tropfkörper (obere Lade) zeigt folgende Tabelle (aus WENINGER 1964):

Werte für „obere Lade" im Tropfkörper sind eingeklammert.

	Juli	August	Oktober	November	
pH	7,5 (7,2)	7,5 (7,8)	7,5 (7,6)	7,5 (7,6)	7,2 (7,5)
El_{18}	898	820	808	833	802
NH_4 mg/l	7,1 (2,1)	— (2,1)	20 (0,0)	10 (6,3)	15 (15)
NO_2 mg/l	1,0 (0,9)	— (8,0)	0,9 (—)	3,0 (2,0)	4,0 (4,0)
NO_3 mg/l	4,1 (40)	17 (100)	50 (65)	40 (35)	50 (—)
$KMnO_4$ mg/l	60 (—)	74 (—)	— (—)	53 (—)	48 (65)

	Dezember	Jänner		Februar	März		Juni
pH	7,4 (7,5)	7,4 (7,6)	7,5 (7,6)	7,6 (8,0)	7,1 (7,5)		7,3 (7,5)
El_{18}	699	879	—	822	735		883
NH_4 mg/l	10 (30)	10 (10)	7,5 (10)	— (—)	7,0 (7,5)	3,8	12 (7,5)
NO_2 mg/l	1,0 (0,0)	2,8 (2,8)	1,5 (—)	— (—)	0,8 (2,0)	0,6	4,0 (2,0)
NO_3 mg/l	50 (—)	80 (100)	90 (100)	160 (90)	60 (80)	70	50 (70)
$KMnO_4$ mg/l	98 (124)	73 (42)	— (—)	— (—)	137 (51)	—	49 (37)

Es zeigt sich beginnend ab Oktober (mechanisch gereinigtes Abwasser) eine doch einigermaßen auffallende Erhöhung der NH_4-Werte, selbstverständlich stehen hier genauere Untersuchungen durch Tagesmittel noch aus. Eine Beeinflussung der Aufwuchs-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

bildung scheint neben der anregenden Wirkung tieferer Temperaturen auf das Wachstum der Fadenbakterien (*Sphaerotilus natans* — im Winter geringere Konkurrenzierung durch Fäulnisbakterien — LIEBMANN 1962) somit auch durch vermehrte Nährstoffzufuhr denkbar.

Die Temperaturschwankungen (Monatsmittel) des mechanisch gereinigten Abwassers während der Untersuchungsperiode betrugen:

1961	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Mittel	9,4	8,5	9,0	10,0	11,2	12,8	14,0	15,1	15,0	13,7	11,3	10,5
gegenüb. 1960			+0,5	+1,0	+1,5	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+0,5	—1,0	—0,5
1962	9,6	9,0	8,7	9,5	10,4	11,4	13,3	14,5	14,6	13,8		
gegenüb. 1961	+0,2	+0,5	—0,2	—0,5	—1,0	—1,0	—1,0	—0,5	—0,5	+0,2		

Innerhalb der hier betrachteten Zeitspanne unterscheiden sich somit die mittleren Monatstemperaturen bis zu 1,5°C. 1961 stieg die Temperatur des Abwassers nach einem schneereichen kalten Winter (Jänner, Februar) im März deutlich an. Auch im darauffolgenden Frühjahr und Sommer lagen die Temperaturen über jenen des Vorjahres. Im November und Dezember wirkte sich eine stärkere Frostperiode aus, Jänner und Februar waren dagegen wärmer als im vorangegangenen Jahr, es gab wenig Frosttage.

Die Temperatur des Abwassers und der umgebenden Luft im Tropfkörper beeinflußt neben direkten Wirkungen auf Bakterien- und Pilzwachstum vor allem die Entwicklung der Insektenlarven, wobei hier vor allem Schmetterlingsmücken (Psychodidae) zu nennen sind. Nach LLOYD (1945) hat *Psychoda alternata* das Entwicklungsmaximum von Mai bis Juli, oft tritt auch ein kleines Herbstmaximum auf.

Jedes große Maximum baut sich dabei aus vielen kleineren „Auf und Ab" der Zahl schwärmender Individuen auf. Jede Generation hat bis zu 8 Lebenszyklen pro Jahr (England), durch Übereinanderlagern mehrerer Generationen kann es zu 16 und mehr Schwärmzeiten kommen, wobei bereits im März kleinere Maxima möglich sind.

Die Fraßaktivität der Larven ist sehr groß, sie zerteilen dadurch den biologischen Rasen, was namentlich im schwachbelasteten Tropfkörper wichtig ist. Der Zusammenhang zwischen Schwärmzeiten und Feststoffausschwemmung wurde bereits von LLOYD (1941, 1945) erwähnt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Das größte Längenwachstum, ebenso das häufigste Vorkommen zeigen die Larven nicht an der Tropfkörperoberfläche, sondern etwa im Bereich des beginnenden zweiten Drittels der Schütthöhe (WELLER 1964). Gerade im „mittelbelasteten" Tropfkörper (PÖNNINGER 1965) dürfte die Verteilung flexibler sein, weil hier Spülwirkung und Fraßaktivität eine starrere Zonierung in Wechselwirkung im oberen Tropfkörperbereich zum Teil verhindert.

So lag nach den Beobachtungen an der Traiskirchner Anlage die maximale Entwicklung der Psychodidae doch mehr in Nähe der Tropfkörperoberfläche, ganz entsprechend der starken Rasenbildung in dieser Zone.

Von anderen Makroorganismen ist der Enchytraeidae *Lumbricillus lineatus* zu erwähnen, der nach REYNOLDSON (1939, erwähnt bei LLOYD) allein Tropfkörper offen halten kann. Er fördert die Nitrifikation und tritt in gewisse Nahrungskonkurrenz mit Psychoda-Larven. Das wirkt sich vor allem in warmen Wintern nachhaltiger aus, weil dann die Entwicklung von *Psychoda alternata* nicht gebremst wird und *Lumbricillus*, dessen Entwicklungsmaximum im Winter liegt, ebenfalls an der Tropfkörperoberfläche verbleibt. Sonst weicht *Lumbricillus* in tiefere Schichten aus, ebenso wie auch die Population von *Psychoda alternata* in kalten Perioden geschädigt wird.

Nach warmen Wintern kommt es zu einem kontinuierlichen Rasenabbau. Bedeutung erlangt *Lumbricillus* in offenen Tropfkörpern durch Abweiden des Phormidium-Aufwuchses im Frühjahr, wenn die Würmer von ihren futtersuchenden Larven begleitet in tiefere Schichten abwandern. Dabei konnte ein verstärktes Ausspülen der Würmer verzeichnet werden (REYNOLDSON, erwähnt in LLOYD 1945). In kalten Wintern kann *Lumbricillus* die zweite Generation nicht beginnen. Der Rasenabbau wird gebremst.

Die Bedeutung kleiner Metazoen (Nematoden, Rotatorien, kleine Oligochaeten, Copepoden usw.) für die Struktur und den Abbau des biologischen Rasens ist bisher nur ungenügend untersucht worden.

PETERS (1930) erwähnt den Nematoden *Diplogaster striatus* (*Eudiplogaster striatus*) als aktive Art, die den Rasen locker erhält.

Die Rolle der vornehmlich vorkommenden Rotatorien (Bdelloidea) dürfte ähnlich der größerer, Bakterien-fressender Ciliaten (Vorticelliden) in einem Herausfiltrieren (Einstrudeln) von lebenden und abgestorbenen Bakterien liegen.

Die Häufigkeit von kleinen Oligochaeten tritt an der Tropfkörperoberfläche sehr zurück und hängt mit dem allgemeinen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Bewuchsabbau zusammen. Ebenso haben Copepoden ihr Entwicklungsmaximum in tieferen Schichten. Die Nahrungsbasis stellt außer für räuberische Arten (Chaetogaster) die Masse der in den Abbauprozeß verstrickten Bakterien, zum Teil wohl auch direkt das Abweiden des Rasens (Nais).

Die Raum- und Nahrungskonkurrenz spielt nicht nur bei den Mückenlarven eine wichtige Rolle (LLOYD 1945), so daß es zu Beeinflussungen der Maxima kommt. Es finden sich auch im Bereich der kleineren Organismen derartige Vorgänge, die aber nur zum geringen Teil bekannt sind.

Bei Betrachtung der Häufigkeitskurve von Nematoden und Rotatorien im Oberflächenrasen des Traiskirchner Tropfkörpers (Abb. 1) zeigt sich auf den ersten Blick ein gehäuftes Auftreten von Nematoden in der kalten Jahreszeit.

Besonders der erste Untersuchungswinter (1960/61) — relativ schneereich und kalt — brachte in den Monaten Jänner, Februar, März (Maximum Februar) eine auffällige Vermehrung der Fadenwürmer im Aufwuchs.

Dieses Maximum der Entwicklung vollzog sich bei einer mittleren monatlichen Abwassertemperatur von 8,5—10°C.

Nach dem strengen Winter, der vor allem auch ein wesentlich verstärktes Rasenwachstum begünstigte (*Sphaerotilus natans*), erfolgte der Frühjahrseinbruch (sonnige Erwärmung) schon im März recht deutlich und löste eine Schwärmperiode von *Psychoda*-Mücken aus.

Die starke Fraßtätigkeit der Larven bedingte offensichtlich ein rasches Abbauen des biologischen Rasens. Die Nematodenentwicklung verläuft nun rückläufig bis gegen Ende April, im Mai kommt es neuerlich zu einem kleineren Ansteigen, das sich auch im nächsten Jahr zeigte. Die Nematodenentwicklung in tieferen Tropfkörperzonen (1,5 m tiefere Schlacke) hatte Maxima im Jänner und März und folgte interessanterweise der Rhythmik der bdelloiden Rotatorien an der Oberfläche! Dies weist auf deutliche Zusammenhänge mit dem Abstoßen des Rasens bzw. weiteren Abbauvorgängen in den abgeschwemmten Rasenteilen.

Ende Mai (etwa 12°C mittlere Abwassertemperatur), im Juni (12,8°C) kommt es offenbar in Zusammenhang mit einem weiteren Abbau des Rasens durch *Psychoda*-Larven (weitere Schwärmperioden) und *Lumbricillus* zu einer ansteigenden Entwicklung von Rotatorien, schließlich im Juli (14°C) zu einem ersten Maximum. Im August erfolgt ein Abfall (15,1°C) ganz entsprechend dem sommerlichen Rasenminimum.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Das Hauptmaximum der Rotatorien bildet sich im Oktober (13,6°C) bis November (11,3°C). Im Frühwinter ist die Tendenz fallend, trotzdem bleiben Rotatorien gegenüber dem Vorjahr sehr häufig im Oberflächenrasen. Dieser Winter (1961/62) bleibt wesentlich milder und die mittleren Monatswerte der Abwassertemperatur liegen etwa 0,5—1°C über den vorhergehenden.

Nematoden werden wohl im November wieder sehr häufig, sie zeigen jedoch in den darauffolgenden Wintermonaten bis März gleichlaufend mit den Rädertieren eine dem stoßweisen Bewuchsabbau entsprechende stetige Abnahme.

Die Schwankungen der Rädertier-Häufigkeiten sind hier größer, die Tropfkörperoberfläche stellt für sie doch ein stärkeres Kampfgebiet dar als für Nematoden, sie sind beim Rasenabbau eher Sekundärorganismen. Februar (9°C) und März (8,7°C) bringen kleinere Anstiege.

Im anschließenden Frühjahr bleibt die Witterung lange Zeit kühl, *Psychoda* schwärmt nicht, das kleinere Maximum der Nematoden ist dagegen vorverlagert (April, 9,5°C).

Es fällt somit hier die starke Entwicklung von *Psychoda* im Frühjahr (Spätwinter) aus.

Die Entwicklung der Rotatorien ist nach oben hin verlagert. Die Untersuchungsrinne etwa 1,5 m unterhalb verschlammt zusehends, Rädertiere nahmen stark ab. Nematoden bleiben etwa stationär, sie haben hier aber keine dem Vorjahr entsprechenden Maxima.

Das Vordringen der Rädertiere an der Oberfläche ist von mehreren anderen Organismen begleitet, die z. T. sonst ebenfalls eher in tieferen Schichten des Tropfkörpers häufig auftreten.

Als Folge von Reparaturarbeiten kam es zu einer Stillegung des bisher untersuchten Tropfkörpers II, und der andere Körper lief durch 2 Monate (Mai, Juni) doppelt belastet.

Die sommerliche Rotatorienentwicklung war in der Folge unterdrückt, zumindest gegenüber den starken Ausschlägen des Vorjahres.

Die Anlage II zeigte wenige Wochen nach Neubeschickung eine enorme Nematodenentwicklung (August), 2 Monate darauf (Oktober) stiegen die Rotatorien ähnlich stark an.

Hier deutet sich der Einfluß stationärer Rasenalterung auf die Besiedlung bzw. Wechselwirkung derselben auf den Rasen an. Nematoden stellen somit im Verein mit *Sphaerotilus* u. a. Pionierbesiedlung, durch enorme Vermehrungsgeschwindigkeit usw. gekennzeichnet.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Rädertiere (Bdelloidea) begleitet von anderen Metazoen (*Copepoda*, *Oligochaeta*) treten später im Zusammenhang mit Abbauvorgängen im Feststoffkörper (Rasen) hervor.

Es soll hier versucht werden, auch die Begleitorganismen kurz zu erwähnen (vgl. Abb. 1).

Dem Nematodenmaximum des kalten Winters 1960/61 laufen zunächst Massenvorkommen von *Colpidium colpoda* (*C. campylum*), *Opercularia*, parallel. *Acineria incurvata*, *Chilodonella cucullulus* sowie vor allem *Paramecium trichium* begleiten das Hauptmaximum.

Nach *Psychoda*-Schwärmen (März, April) treten *Aeolosoma quaternarium* und Copepoden (*Bryocamptus pigmaeus*) an der Oberfläche auf.

Das Sommermaximum der Rotatorien läuft sehr häufigem rasenartigen Auftreten von *Carchesium polypinum* parallel, ebenso tritt *Bryocamptus* (Harpacticidae) wieder auf.

Das zweite Maximum der Rotatorien wird von *Carchesium*, *Chilodonella*, *Acineria*, *Paramecium caudatum*, *Opercularia* begleitet.

Im Winter 1961/62 (ungefähr gleiche Häufigkeit von Nematoden und Rotatorien) treten *Carchesium*, *Opercularia*, *Oxytrichidae*, *Chilodonella*, *Paramecium trichium*, *Paramecium caudatum* sowie kleine Oligochaeten — *Nais communis*, *Chaetogaster diastrophus* — auf.

Doppelte Belastung durch Ausfall eines Tropfkörpers zeigte auch Beeinflussung lang nach Rückkehr zu wieder einfacher Abwasserlast, vor allem nahmen Schwefelbakterien im Aufwuchs zu.

Psychoda war durchgehend häufig, häufigste Ciliaten waren *Opercularia* und *Carchesium* sowie zunehmend *Beggiatoa alba* (sonst nur in verschlammter oberer Rinne).

3 Monate nach neuerlicher Aufteilung des Abwassers auf beide Tropfkörper war der *Oligochaet Lumbricillus* ähnlich wie am neubeschickten Körper neben *Psychoda* häufig, H_2S-Organismen (*Metopus sigmoides*, *Beggiatoa*) blieben häufig, trotz der starken O_2-Durchmischung durch Drehsprengerverteilung.

Der neuanwachsende Rasen hatte nach 3 Wochen Dominanz von *Sphaerotilus natans*, *Acineria incurvata* (z. T. juv. Nematoden als Nahrungsbasis), starkes Nematoden-Maximum sowie *Lumbricillus*.

Nach 3 Monaten herrschte ein Rotatorien-Maximum, begleitet von *Lumbricillus*, *Colpidium campylum*, *Carchesium*, *Opercularia*, *Uronema*, *Oxytrichidae*.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Für die Biozönose ist somit nicht sofort die direkte Abwasserlast (Menge) entscheidend, sondern Mehrbelastung begünstigt zunehmende Rasenalterung, Faulschlammanhäufung (H_2S-Anzeiger).

Dagegen fehlen solche bei frischer Aufwuchsbildung. Dabei steht *Colpidium*, *Acineria*, später *Uronema* und *Oxytrichidae*, neben gleichen Peritrichen wie im anderen Aufwuchs, an der Spitze.

2.1.2. Verfolgung der Besiedlung bei Kleintropfkörpern (Scheibentropfkörper mit Torffüllung — „Fasertropfkörper")

Zwei Anlagen wurden vergleichsweise untersucht. Anlage A (Schwechat) verarbeitete größere Mengen von betrieblichen Waschwässern neben Fäkalien, die anfallende Wassermenge war stoßweise ziemlich groß, die Befeuchtung aller Torfschichten war stark (WENINGER 1970).

Abwassercharakteristik (LIEPOLT 1961): $KMnO_4$ 174—200 mg/l, BsB_5 116—287 mg O_2/l, Gesamt-N 79—117 mg/l. Ablauf 5,5 bis 8,9 mg O_2/l.

Besiedlung	Nematoden	Rotatorien	begleitende Organismen
Lade 1 (Oberfläche)	1	—	*Vorticella microstoma* + +
Lade 5 (Mitte)	4	4	*Opercularia* + + + *Colpidium* + *Paramecium caudatum* + + *Aspidisca costata* +
Lade 9 (unten)	35	12	*Opercularia* + + *Lionotus* + *Aeolosoma vzlt*

Anlage B (Perchtoldsdorf) verarbeitete ausschließlich häusliche Fäkalabwässer. Abwassercharakteristik $KMnO_4$ 244 mg/l, BsB_5 217 mg O_2/l, Gesamt-N 115 mg/l, NH_3 67 mg/l. Ablauf ohne Sauerstoff!

Die Aufteilung auf zwei Paralleltropfkörper bewirkte eine relativ kleine Beschickungsmenge pro Anlage. Die Befeuchtung war demgemäß bisweilen mangelhaft, vor allem in den hinteren Ladenteilen, nur die Zone unterhalb der Verteilrinne war an der Oberfläche berieselt. Seitwärts gab es stets trockene Torfpartien.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Besiedlung	Nematoden		Rotatorien		begleitende Organismen
Lade 1 (Oberfläche)	23—226	76	0—1	1	*Opercularia* + + *Uronema* + *Acineria*
Lade 2	1—11	6	1—3	2	*Opercularia* + + *Uronema* + *Acineria*
Lade 3	12—190	65	2—27	9	*Opercularia* + *Oxytrichidae* + +
Lade 7 (Mitte)	18—76	43	3—170	35	*Opercularia* + + *Uronema* + *Arcella* + *Aeolosoma, Enchytraeus, Turbellar*
Lade 10	43		24		*Opercularia* + *Acineria, Oxytrichidae Arcella* + +
Lade 13 (unten)	10—63	35	1—500	93	*Opercularia* + + *Oxytrichidae* + *Uronema* + *Acineria Arcella* + + + *Aeolosoma, Enchytraeus*

Die Biozönosen unterscheiden sich somit in beiden Anlagen sowohl in Zusammensetzung als auch Verteilung.

Anlage A zeigt bei gleichmäßiger Durchfeuchtung der Torfschichten deutlicheres Auftreten von Ciliaten, namentlich von *Vorticella microstoma* an der feuchten Oberfläche. Diese Art tritt bei Anlage B erst im Bodenschlamm unterhalb der untersten Lade auf.

Desgleichen treten typische Abbauformen, wie *Paramecium caudatum, Colpidium* usw., in der mittleren Region auf.

Nematoden, an der Oberfläche relativ selten, nehmen ebenso wie die bdelloiden Rotatorien gleichmäßig nach unten hin zu.

Bei Anlage B mit mangelhafter Durchfeuchtung, offensichtlich auch höherer Fäkalkonzentration, haben die Nematoden ein Maximum ihres Vorkommens an der Oberfläche, zeigen nach unten allmählich abnehmende Tendenz, dabei liegen ihre Häufigkeiten stets über jener von Anlage A. Rotatorien beginnen unterhalb der Oberfläche und nehmen nach unten hin stark zu.

Die begleitenden Ciliaten zeigen sehr wechselnde Schichtungsverhältnisse, so dominieren Arten, die Austrocknung vertragen (*Opercularia*), neben deutlichen Anzeigern fortgeschrittener Abbauvorgänge (*Uronema*) und Oxytrichiden mit vereinzelten Massenentwicklungen im oberen Drittel.

Kleine Oligochaeten (*Aeolosoma hemprichi, Enchytraeus albidus*), Turbellarien (*Rhabdocoela*) treten durchwegs erst etwa ab der mittleren Region (in größerer Seltenheit) hervor.

Das entspricht ungefähr der Zone, in der Nematoden und Rotatorien etwa gleich häufig sind.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Diese Beobachtung deckt sich mit den Studien der Besiedlung des biologischen Rasens an der Oberfläche des Traiskirchner Schlackentropfkörpers. Auch hier tendierte die Biozönose bei Vordringen der Rotatorien zu Ausweitung anderer Makroorganismen (Oligochaeten, Copepoden).

2.2. Auftreten der kleinen Metazoen in Modellversuchen (s. Methodik!)

Verschiedene städtische Abwässer wurden untersucht (s. Chemismus).

Die Auszählungsergebnisse wurden in den Abbildungen 2—5[1]) dargestellt. Im wesentlichen folgten dabei aufeinander — Bakterien, Flagellaten — Ciliaten (oft doppelter Gipfel durch Sekundärabbau) — Nematoden — Rotatoriengipfel.

Nematoden (überwiegend *Rhabditinae* und *Diplogasterinae*) stellen auch hier unter den Metazoen Pionierorganismen, die manchmal zugleich mit saproben Ciliatenarten Frühmaxima zeigen.

Rotatorien treten fast immer erst gegen Ende der Versuche auf, ihr Maximum fällt fast nie mit jenem der Nematoden zusammen.

Oligochaeten fehlen in den Versuchen, ebenso Copepoden.

Die Verschiebungen durch die einzelnen Salzzusätze ergeben ebenfalls deutliche Unterschiede zwischen Nematoden und Rotatorien. Nematoden dürften dabei vielfach Ciliatenlücken ausgleichen (z. B. Ciliatengipfel — PO_4, oo, aber Nematodengipfel — NO_3, NH_4). Bei höher belastetem mechanisch gereinigtem Abwasser kommt der Nematodengipfel vor den Ciliaten (Nitratförderung), bei Rohabwasser der gleichen Anlage (Inzersdorf) gleichzeitig, ist jedoch kleiner. Der spätere Ciliatengipfel des mechanisch gereinigten Abwassers wird aber durch Arten bedingt, die schon den Sekundärabbau einleiten (*Uronema*).

Die Nematodenmaxima liegen:

Baden 3 (Abb. 2) nach 40 Tagen (NO_3, NH_4-Massenentwicklung) Ciliaten (NO_3) nach 11 Tagen.

Baden 4 (Abb. 2) nach 14 Tagen (NO_3).
Ciliaten nach 1. Maximum nach 14 Tagen (oo, PO_4), 2. Maximum nach 35 Tagen (oo, PO_4).

Mödling (Abb. 3): langgezogenes Maximum — 5. bis 90. Tag (NO_3), Ciliaten nach 15 Tagen (oo, NO_3).

Traiskirchen (Abb. 3): langgezogenes Maximum — 12. bis 46. Tag (NH_4, PO_4), Ciliaten nach 47 Tagen (oo).

[1]) siehe Seite 131—134

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Inzersdorf (Abb. 5) (mechanisch): nach 5 Tagen (belüftet) Frühgipfel (NO_3), Ciliaten nach 22 Tagen (oo, NH_4), unbelüftet späterer Nematoden-Gipfel nach 22 Tagen (PO_4).

Inzersdorf (Abb. 4) (Rohabwasser): nach 5 Tagen (belüftet, NO_3), zweiter Gipfel nach 20 Tagen (NH_4), parallel Ciliaten nach 5 Tagen (NH_4, PO_4, oo).

Nematoden ersetzen somit Ciliaten teilweise. Bei Ansatz „Baden 3" im NO_3-NH_4-Bereich (Spätabbau), bei „Baden 4" im NO_3-Bereich des Primärgipfels. Der Schlammabbau scheint erschwert.

Bei „Mödling" ist die Nematodenfront besonders langgezogen, der Flockenabbau intensiv. Das Nematodenmaximum liegt z. T. vor den Ciliaten (oo, PO_4, NO_3), es treten keine sekundären Rückschläge, gekennzeichnet durch Massenvermehrungen, ein.

Bei „Traiskirchen" ersetzen die Nematoden ebenfalls die Infusorien im NH_4, NO_3-Ansatz und bilden Primärgipfel vor den Ciliaten.

Bei „Inzersdorf" treten NO_3-Frühgipfel der Fadenwürmer auf. Bei Rohabwasser erfolgt ein zweiter Gipfel durch langsamere Entwicklung (Bremsung) im NH_4-Ansatz.

Die Entwicklung im Leerversuch läuft annähernd parallel bei beiden Ansätzen.

Somit:

Das am schwächsten belastete Abwasser Traiskirchen zeigt ein NH_4-Nematodenmaximum vom 2.—3. Tag bis zum 40. Tag.

Baden 3 (dünner als Baden 4) hat ebenfalls einen ausgeprägten Nematodengipfel, aber die Mehrzahl ist abgestorben.

Mödling hat eine ausgeprägte, breite Nematodenfront (NO_3) ähnlich wie die NH_4-Organismen in Traiskirchen.

Bei Inzersdorf liegt der Frühgipfel ähnlich, die NO_3-Förderung ist deutlich.

Rotatorienmaxima (*Bdelloidea*, *Notommat.*).

Spätabbau

Baden 3: 60.—80. Tag (PO_4) (bei Belebtschlammzusatz sind Nematoden am Versuchsende häufiger).

Baden 4: 25.—30. Tag (PO_4) (bei Belebtschlammzusatz sind aber Rotatorien häufiger).

Mödling: nach 15. Tag Bdelloiden-Maximum, eher vorverlegt. Nematoden bleiben durchgehend (5.—90. Tag) häufiger. Bei Belebtschlammzusatz ebenfalls Nematoden dominant. (Vgl. raschen Abbau der organischen Belastung.)

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Inzersdorf (mechanisch gereinigt): Ab 18. Tag, lange Bdelloiden-Front bis zum 60. Tag. Bei Schlammzusatz nach 22. Tag laufen Rotatorien parallel Nematoden.

Inzersdorf (Rohabwasser): Rotatorien nach 12—15 Tagen häufiger als Nematoden (PO_4).

Traiskirchen: 50.—60. Tag Bdelloiden-Maximum (oo, NO_3). Nematoden (besonders NH_4, NO_3) sehr breite, langandauernde Entwicklung.

Die Reaktion auf Stickstoff-Komponenten scheint somit sehr deutlich:

Baden 3: Ciliatenfrühgipfel im NO_3-Ansatz, Nematoden haben kleinen Phosphatfrühgipfel, Hauptentwicklung (NO_3, NH_4) tritt spät ein.

Baden 4: Ciliaten (oo, PO_4, NH_4) entwickeln sich etwa gleichzeitig mit Nematoden (NO_3).

Baden 4 + Belebtschlamm: Das Nematoden-Maximum (oo, weniger PO_4) folgt etwas später.

Mödling: Nitrat-Gipfel der Nematoden läuft bis Spätabbau, etwas vor Ciliaten-Gipfel, aber parallel (*Uronema*, Nematoden-NH_4). Hohe Belastung, aber weniger Schwebstoffe, relativ kleine Zehrung. Nitratzugabe bringt tiefgreifendere Flockenoxydation (dichte Nematodenbesiedlung).

Mödling + Belebtschlamm: Offensichtlich nur Frühabbau, rascher Abbau (oo, wenig PO_4).

Inzersdorf (mechanisch gereinigt): Nematoden-Gipfel (NO_3) deutlich früher. NH_4-Ansatz nur Frühgipfel. Ciliaten-Maximum später (oo, NH_4).

Inzersdorf (Rohabwasser): Ciliatengipfel gleichzeitig Nematoden (NO_3), NH_4-Nematodengipfel später (vgl. Mödling). Ohne Belüftung fällt der Ciliaten-Frühgipfel aus, sonst ähnlich dem mechanisch gereinigten Ansatz (PO_4 stärker fördernd).

Traiskirchen (Rohabwasser): NH_4 (NO_3)-Gipfel durch Nematoden. Intakte, starke Biozönose verarbeitet NH_4, Ciliaten zeigen keine deutliche Reaktion. Dann Selbstabbau der Sukzession (*Uronema*-oo), Ciliaten nur Spätgipfel. Niedrigere organische Belastung, viel Schwebstoffe (belebte Bakterienzotten).

Harmonische gleichzeitige Entwicklung von Ciliaten und Nematoden deutet auf gut abbaubare Feststoffe und Sekundärflockung. „Baden" zeigt hier gewisse Extremausschläge, Nematoden folgen spezialisierten Ciliaten nach.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

2.3. Begleitorganismen von Nematoden- und Rotatorienmaxima:

Baden 3: Nematoden ergänzen hier teilweise Lücken fehlender Ciliaten (NO_3, NH_4) beim Spätabbau (30.—120. Tag der Versuchsaufstellung). Der Schlammabbau scheint erschwert, die Nematodenentwicklung ist gehemmt.

Nach 6 Tagen: *Vorticella microstoma* (oo, PO_4, weniger NO_3, NH_4); *Lembus* sp. (NH_4, NO_3, oo); *Acineria incurvata* (oo, NO_3, PO_4).

Nach 11 Tagen: *Lembus* sp. (NO_3) Massenentwicklung, in diesem Ansatz sind Nematoden später besonders häufig (NO_3), im NH_4-Versuch sterben sie nach Massenentwicklung ab. *Vorticella* (NO_3, NH_4, PO_4), bereits seltener; *Acineria* (oo, NH_4, PO_4); *Paramecium caudatum* (PO_4); *Paramecium trichium* (PO_4).

Nach 41 Tagen: *Aspidisca costata* (oo), *Vorticella* (oo); *Bdelloidea* (NO_3, PO_4).

Nach 119 Tagen: *Uronema marinum* (oo, NO_3); *Bdelloidea* (PO_4, NO_3, oo); *Collurella* (PO_4).

Baden 3 + Schlamm: *Aspidisca costata* und *Uronema marinum* sind häufiger.

Baden 4: Nematoden laufen bei Primärgipfel den Ciliaten annähernd parallel (NO_3).

Nach 2—8 Tagen: *Vorticella microstoma* (oo, NO_3, PO_4); *Lembus* sp. (NH_4, NO_3); *Acineria* (PO_4); *Colpidium* (PO_4, oo) seltener, *Bdelloidea* (PO_4).

Nach 14 Tagen: *Colpoda* sp. (oo) markante Massenentwicklung; *Lembus* sp. (NH_4); *Vorticella* (oo, NO_3, PO_4); *Paramecium* (PO_4) *trichium; Acineria* (PO_4, oo, NO_3); *Bdelloidea* (PO_4).

Nach 35 Tagen: *Uronema* (PO_4, NO_3); *Paramecium* (PO_4); *Acineria* (NO_3, PO_4); *Vorticella* (oo); *Bdelloidea* (PO_4, oo).

Mödling 3: Flockenabbau erfolgt intensiv, das Nematoden maximum liegt zeitlich vor jenem der Ciliaten, es treten keine Sekundärgipfel auf.

Nach 6 Tagen: *Vorticella microstoma* (oo, NO_3, PO_4).

Nach 15 Tagen: *Vorticella* (PO_4, oo); *Acineria* (PO_4); *Bdelloidea* (PO_4); *Lembus* (NH_4); *Uronema* (NO_3, oo).

Nach 90 Tagen: *Uronema* (NO_3); *Bdelloidea* (NH_4).

Traiskirchen: Nematodenentwicklung vor Ciliaten (NH_4, NO_3-Primärgipfel). Der Abbau der schon im Kanal stark besiedelten Aufwuchszotten wird nur weitergeführt, ohne daß es zu auffallender Neuentwicklung von Organismen kommt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Häufige Bindung an Nematoden (beginnender Abbau) hatten:

Baden 3	Baden 4	Mödling	Inzersdorf (mech. ger.)
Aspidisca (oo)	—	—	—
(oo+S)		*Aspidisca* (oo+S)	
—	*Colpoda* (oo)	—	—
—	—	—	—
Lembus (NO_3, NH_4)	*Lembus* (NH_4NO_3)	—	—
—	*Paramecium* (PO_4)	—	—
—	—	—	*Oxytrichidae* (NO_3)
Uronema (NO_3, oo)	*Uronema* (NO_3PO_4)	*Uronema* (NO_3oo)	*Uronema* (NO_3, oo)
Vorticella (00, $PO_4NH_4NO_3$)	*Vorticella* (oo, NO_3)	*Vorticella* (ooNO_3PO_4)	*Vorticella* (NO_3)

Inzersdorf (Rohabwasser)	Traiskirchen (Rohabwasser)
—	—
—	—
Colpidium (NO_3NH_4oo)	—
Lembus (NH_4)	—
Paramecium (NO_3)	*Paramecium* (NO_3PO_4)
—	*Oxytrichidae* (NO_3)
Uronema (NO_3)	*Uronema* (NH_4oo)
Vorticella (NO_3NH_4)	*Vorticella* (NH_4)

Bindung an Rotatorien (Spätabbau) war zu erkennen:

Baden 3	Baden 4	Mödling	Inzersdorf (mech. gereinigt)	Inzersdorf (Rohabwasser)	Traiskirchen
—	*Acineria* (PO_4)	*Acineria* (PO_4)	—	*Acineria* (PO_4)	*Acineria* (PO_4)
Aspidisca (PO_4)	—	—	—	—	—
—	—	—	*Oxytrichidae* (PO_4NO_3)	—	—
—	*Paramecium* (PO_4)	—	*Paramecium* (PO_4)	—	—
Uronema (PO_4)	*Uronema* (PO_4)	—	—	—	*Uronema* (PO_4)
—	*Vorticella* (PO_4)	*Vorticella* (PO_4)	—	—	—

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Nach 12 Tagen: *Vorticella microstoma* (NH_4) auch (NO_3); *Paramecium trichium; Paramecium caudatum* (NO_3).
Nach 46 Tagen: *Vorticella microstoma; Uronema marinum; Oxytrichidae* (NH_4); *Paramecium trichium; Paramecium caudatum* (PO_4); *Uronema marinum* (PO_4).
Nach 73 Tagen: *Uronema marinum* (oo, NO_3, seltener bei PO_4) (*Bdelloidea*); *Paramecium caudatum; Paramecium trichium* (Nematoden) (PO_4).

Inzersdorf (mechanisch gereinigt): Im belüfteten Ansatz kommt der NO_3-Gipfel der Nematoden vor Ciliaten. Ciliatenentwicklung (PO_4-, NO_3-Frühgipfel, oo-, NH_4-Hauptgipfel).
Nach 5 Tagen: *Vorticella microstoma, Uronema; Oxytrichidae* (NO_3), selten (PO_4); *Lembus* (NH_4).
Nach 22 Tagen: *Uronema marinum* (NO_3, oo); *Paramecium trichium, Oxytrichidae* (seltener *Uronema, Acineria*); *Bdelloidea* (PO_4).
Nach 56 Tagen: *Paramecium trichium, Oxytrichidae* (PO_4); *Bdelloidea* (PO_4); *Oxytrichidae* (NO_3); *Bdelloidea* (NO_3).

Inzersdorf (Rohabwasser): Ciliaten überdecken die Gesamtentwicklung, nur NO_3'-Gipfel von Nematoden gebildet!
Nach 5 Tagen: *Colpidium colpoda* (NO_3, oo); *Uronema; Vorticella; Paramecium* (NO_3).
Nach 20 Tagen: *Colpidium; Lembus; Uronema; Vorticella* (NH_4); *Acineria* (*Bdelloidea*) (PO_4); *Uronema; Vorticella* (oo).

2.4. Vergleich der Tropfkörperbesiedlung mit jener der Versuchsansätze:

Bindung an Begleitformen (Versuchsansätze):

Baden 4: Nematodenhäufigkeit (NO_3, 2.—20. Tag). *Lembus; Paramecium trich.; Uronema; Vorticella;* Rotatorienentwicklung (PO_4). *Acineria; Paramecium,; Uronema; Vorticella.*

Baden 3: Nematoden (NH_4, NO_3, 5.—41. Tag zunehmend). *Lembus; Uronema; Vorticella.* Rotatorien (PO_4, 40.—120. Tag). *Vorticella; Paramecium.*

Baden 3 + Belebtschlamm: *Aspidisca; Uronema* (PO_4); *Vorticela* (oo).

Mödling: Nematoden (NO_3, 5.—90. Tag). *Uronema; Vorticella.* Rotatorien (PO_4) max. nach 15 Tagen; *Acineria.*

Traiskirchen: Nematoden (NH_4, 12.—60. Tag). *Vorticella; Paramecium* (NO_3). Rotatorien (oo) 45.—72. Tag. *Uronema.*

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Inzersdorf (Rohabwasser): Nematoden (NO_3 nach 5 Tagen) — *Colpidium; Paramecium; Uronema; Vorticella.* (NH_4 nach 20 Tagen) — *Colpidium; Lembus; Uronema; Vorticella.* Rotatorien (PO_4) nach 5—56 Tagen zunehmend. *Acineria.* Unbelüftet — *Paramecium;Uronema.*

Inzersdorf (mechanisch gereinigt): Nematoden (NO_3) 5.—20. Tag. *Oxytrichidae* (*Vorticella* PO_4). Rotatorien (PO_4) nach 10—55 Tagen. *Paramecium; Uronema.*

Somit Zusammenfall mit Nematodenhäufigkeit:

Aspidisca (oo) meist bei Schlammzusatz.
Colpoda (oo) in belüftetem Leerversuch (B_4).
Colpidium (NO_3, NH_4) Rohabwasser.
Lembus (NH_4).
Paramecium caud., P-trich. (PO_4, NO_3) (Baden, Rohabwasser von Traiskirchen, Inzersdorf).
Oxytrichidae (NO_3)
Uronema (NO_3, oo) allgemein
Vorticella (oo, NO_3, NH_4) allgemein.

Zusammenfall mit Rotatorien:

Acineria (PO_4)
Aspidisca (PO_4)
Oxytrichidae (PO_4, NO_3)
Paramecium caud. trich. (PO_4)
Uronema (PO_4)
Vorticella (PO_4)

Im Tropfkörperaufwuchs der Oberfläche kamen vor (Schlacke):

Bei Nematoden-Maximum (Winter 1960/61): *Acineria, Colpidium, Opercularia, Paramecium trichium,* später *Chilodonella cucull.*

Bei Rotatorienmaximum: *Carchesium, Opercularia, Acineria, Chilodonella, Paramecium caudatum, Aeolosoma, Chaetogaster, Copepoden.*

Bei Häufigkeit Nematoden = *Bdelloidea: Oxytrichidae, Chaetogaster, Nais.* (Winter 1961/62)

Fasertropfkörper (Schwechat): *Vorticella microstoma* (Nematoden), *Aspidisca, Opercularia, Colpidium, Paramecium caudatum, Lionotus, Aeolosoma.*

Fasertropfkörper (Perchtoldsdorf): *Acineria, Opercularia, Uronema* (Nematoden), *Oxytrichidae, Arcella, Aeolosoma, Enchytraeus.*

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

In den Versuchsansätzen fehlen somit vorwiegend koloniebildende Ciliaten (*Carchesium*, *Opercularia*), die auch stark turbulenzabhängig sind (Belebtschlammtypen! BUCK 1968); ebenso Oligochaeten und Copepoden.

Im Tropfkörperrasen fehlen gewisse Spezialisten im NH_4-Bereich, wie *Lembus* (Frühabbau), *Vorticella microstoma* tritt hier nicht im Rasen der Oberfläche auf, es fehlen *Colpoda*, *Aspidisca* (erst in mittleren Schichten), desgleichen *Uronema*.

Im Tropfkörperrasen der Oberfläche treten somit bei mittlerer Belastung (geringer Rohabwasserbelastung) weder Formen des Frühabbaues noch solche des Spätabbaues auf. Der Aufwuchs pendelt sich hier ein, die räumliche Trennung ersetzt die zeitliche des Modellversuchs. Die biozönotische Verschiebung nach Neuanlaufen eines Tropfkörpers zeigt, daß die rein aquatische Besiedlung erst relativ spät anläuft, sofern man von Wasserbakterien absieht (*Sphaerotilus*, *Zoogloea*), weil die Fraßtätigkeit von hygropetrischen Feuchtraumbewohnern die Entfaltung bremst (*Psychoda*-Larven, *Lumbricillus*).

Diese Phase wird von einem Nematodenmaximum begleitet (nach 3 Wochen). Der einzige häufige Ciliat ist *Acineria incurvata*.

Nach 3 Monaten herrscht ein Rotatorienmaximum. Die Ciliatenbesiedlung scheint komplettiert. — *Opercularia*, *Carchesium*, *Colpidium*, *Uronema*, *Oxytrichidae*.

Beim alten Rasen kommt es zur Dominanz von H_2S-Anzeigern (*Beggiatoa*, *Metopus*).

3.1. Im biologischen Rasen von Tropfkörpern vorkommende Arten kleiner Metazoen (WENINGER 1964)

Traiskirchen:

Nematoden (Traiskirchen):

Diplogaster nudicapitatus (STEINER)
Eudiplogaster striatus (BÜTSCHLI) PARAMONOV
Eudiplogaster fictor (BASTIAN) n. c.
Paroigolaimella bernensis (STEINER) n. c.
Demaniella cipourgensis (STEINER)
Rhabditis sp.
(*Chorio-*) *Rhabditis producta* (SCHNEIDER) OERLEY
Pelodera teres (SCHNEIDER)
Trilobus cf. *gracilis* (BASTIAN)
Tripyla cf. *setifera* (BÜTSCHLI)
Dorylaimus cateri (BASTIAN)

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

In anderen Tropfkörpern zusätzlich:

Rhabditoides longispina (REITER) DOUGHERTY

Rotatorien:

Adineta vaga (DAVIS)
Philodina acutiformis (MURRAY) var. *odiosa* (MILNE)
Philodina flaviceps (BRYCE)
Habrotrocha longula (BRYCE)
Habrotrocha collaris (EHRENBERG)
Habrotrocha bidens (GOSSE)
Rotaria saprobica (BERZINS)
Notommata glyphura (WULFERT)
Dicranophorus forcipatus (O. F. MÜLLER)
Colurella adriatica (EHRENBERG)
Cephalodella sp.

In anderen Tropfkörpern zusätzlich:

Cephalodella gracilis lenticulata (WULFERT)
Habrotricha thienemanni (HAUER)
Lepadella patella (O. F. MÜLLER)
Lecane closterocerca (SCHMARDA)

Gastrotricha:

Chaetonotus sp.

Turbellaria:

Dalyellia sp.
Castrada sp.

Copepoda:

Bryocamptus pigmaeus (G. O. SARS)
Paracyclops fimbriatus (FISCHER)

Tardigrada:

Macrobiotus hufelandii sp.

Acarina:

Histiogaster sp.

Oligochaeta:

Aeolosoma quaternarium (EHRENBERG)
Aeolosoma tenebrarum (VEJDOWSKY)
Chaetogaster diastrophus (GRUITHUISEN)
Nais communis (PIQUET)
Pristina rosea (PIQUET)

In anderen Tropfkörpern zusätzlich:

Aeolosoma hemprichi (EHRENBERG)

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

3.2. Orientierende Darstellung der organischen Belastung an Hand der $KMnO_4$-Verbrauchswerte.

$KMnO_4$-Verbrauch im Mittel (Traiskirchen)

Tropfkörperoberfläche	70 mg/l
obere Lade	64 mg/l
mittlere Lade	44 mg/l
untere Lade	25 mg/l
Ablauf des Tropfkörpers	16 mg/l

Fasertropfkörper — $KMnO_4$-Verbrauch

	Anlage A	Anlage B
Oberfläche	229—295	244
Ablauf	63—101	119—178

Schwerpunkt der Nematodenentwicklung liegt an der Oberfläche und knapp darunter (vgl. Zunahme der NH_4-Werte im Winter!).

In Traiskirchen liegt der $KMnO_4$-Verbrauch dann bei etwa 60—70 mg/l, im Winter von 78—137 mg/l.

Bdelloide Rotatorien kommen hier ebenfalls zeitweise massenhaft vor, bei $KMnO_4$-Werten von 24—137 mg/l, also etwas tieferliegend. Sie weichen zeitweise in die etwas tiefer gelegenen Zonen aus, wenn keine massive Verschlammung auftritt.

Im Fasertropfkörper liegt die organische Belastung wesentlich höher, das Nematodenmaximum bleibt auch hier in der oberen Region, Rotatorien werden nach unten hin häufiger. Allerdings erschweren offensichtlich trockenliegende Partien die Analyse und führen zu lokalen Massenentwicklungen, die nicht der Abbausituation entsprechen.

Diesen Angaben sollen die Ergebnisse der Modellversuche gegenübergestellt werden:

Baden (B 3): Nematoden max. nach 40 Tagen — $KMnO_4$ etwa von 60 (NO_3)—120 (NH_4); Bdelloidea max. nach 40—90 Tagen — unter 50 mg/l.

Baden (B 4): Nematoden max. nach 10—20 Tagen — $KMnO_4$ (sofort 234) etwa 152—108 mg/l; Rotatorien max. 20—35 Tage — unter 96 mg/l (+ Schlamm 167 mg/l).

Mödling: Nematoden max. 6.—15. Tag — $KMnO_4$ (sofort 537) etwa 69—150 mg/l (+ Schlamm 260 mg/l); Rotatorien max. 12.—20. (90.) Tag — etwa 71 mg/l (+ Schlamm 261 mg/l.

Traiskirchen: Nematoden max. nach 10—50 Tagen — $KMnO_4$ etwa 80—50 mg/l; Rotatorien 60.—73. Tag — unter 40 mg/l.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Inzersdorf (Rohabwasser): Nematoden 5.—20. Tag — $KMnO_4$ 50—35 mg/l (unbelüftet 50); Rotatorien max. 15.—55. Tag — unter 50 mg/l.

Inzersdorf (mechanisch gereinigt): Nematoden max. 5.—20. Tag — $KMnO_4$ 70—40 mg/l (unbelüftet 40; Rotatorien max. 15.—55. Tag — unter 50 mg/l.

Ungefähr errechnet sich aus diesen Daten ein Mittel für maximale Nematodenentwicklung bei $KMnO_4$-Verbräuchen

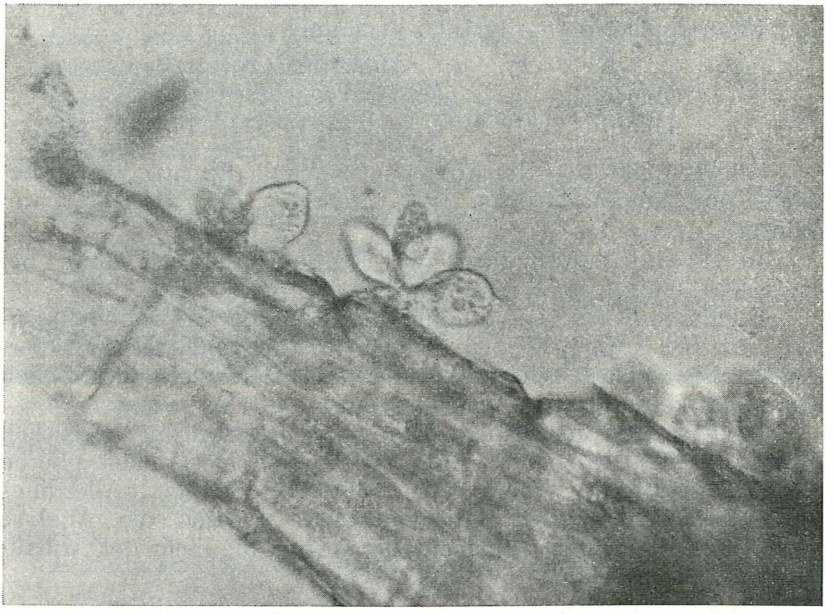

Abb. 7: Paracyclops fimbriatus, Abdomen, mit aufwachsenden Opercularien (Vergrößerung 1:100).

von rund 84 mg/l (nach 20 Tagen), maximale Rotatorienentwicklung bei rund 58 mg/l! (nach 43 Tagen). Diese Werte stimmen bei Berücksichtigung der Schwankungsbreite relativ gut mit den durch Untersuchung am Traiskirchner Tropfkörper gewonnenen überein.

Die räumliche Trennung im Tropfkörper läßt sich somit in gewissem Maß durch die zeitliche Aufeinanderfolge von Entwicklungsperioden im Versuch (bzw. im natürlichen Gewässer) verfolgen. Selbstverständlich spielen hier neben der Absolutmenge organischer Substanz (die $KMnO_4$-Zahl ist hier nur als

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Notlösung zu betrachten, weil andere Daten nicht zu Vergleichen herangezogen werden konnten) vor allem Detailprozesse (Abbau der Stickstoffverbindungen, Kohlenstoffverbindungen usw.) eine grundlegende Rolle. Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen:

Abbau im aquatischen Bereich (hier im Versuch, teilweise im großen Tropfkörper)

Abbau im feuchten Bereich (ähnlich dem Abbau im Boden, z. T. bei Fasertropfkörpern durch Beschickungsmängel).

Die anderen Gruppen traten im Modellversuch nicht hervor. Sie dürften somit doch überwiegend mit dem Abbau der Feststoffe (Schlamm) in Zusammenhang stehen.

Vor allem Oligochaeten zeigen im Tropfkörper eine deutlichere artenmäßige Zonierung. Ähnlich verbreitet wie *Psychoda*-Larven (Rasenfresser) ist *Lumbricillus* (Enchytraeidae), der Wurm tritt namentlich in Oberflächennähe auf. Dagegen scheint *Nais communis* vor allem in Nähe von Faulschlammanhäufungen (obere Rinne, nach Verschlammung) häufig. Ähnlich verbreitet ist *Chaetogaster*. *Aeolosomatidae* folgen in den unteren Regionen häufiger (*A. tenebrarum*, *A. quaternarium*), sie suchen lockeren, teilweise mineralisierten Dretitus. Schlammbänke in der mittleren und unteren Zone bergen vor allem *Eiseniella* (Lumbricidae).

Copepoden (*Cyclops*, *Bryocamptus*) bevorzugen die mittlere Region, wenngleich *Cyclops* auch in den Wasserräumen über Faulschlamm bisweilen häufig auftritt.

3.3. Beeinflussung durch Epizoen. (Abb. 7)

Die noch wenig untersuchte Aufwuchsbildung durch Bakterien (*Sphaerotilus natans*, *Sph. dichotomus*) und Ciliaten (*Opercularia* sp.) auf Crustaceen (hier *Cyclops*), Oligochaeten (*Nais*), Dipterenlarven (*Psychoda*) hemmt besonders im Bereich des Oberflächenrasens z. T. sichtbar die Entwicklung (sehr deutlich bei Copepoden — siehe Abbildung).

Manche Organismen (*Bryocamptus*, *Chaetogaster*, *Aeolosoma*) zeigten wieder kaum sichtbaren Epizontenbefall. Auch in mit Abwasser belasteten Flüssen konnten vielfach an Crustaceen starkes Aufwachsen von Fadenbakterien beobachtet werden (Gammaridae). Nematoden werden wieder sehr häufig von diversen Wasserpilzen zerstört (von innen heraus von Hyphen durchzogen), sie zeigen aber wie Rotatorien keine Anheftung von Epizonten. Sicher hemmt die Aufwuchsbildung am Organismus stark die Beweglichkeit und stört die Sauerstoffversorgung, fördert vielleicht die autolytische Auflösung.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

4. Zusammenfassung

Das Auftreten kleiner Metazoen in Abwasserbiozönosen wurde diskutiert. Dabei wurden die Ergebnisse eingehender jahreszeitlicher Studien an Tropfkörperbesiedlungen mit jenen von Modellversuchen verglichen. Die Ergebnisse der Modellversuche (Abbau städtischer Abwässer mit Düngesalz-Zusätzen) wurden bereits an anderer Stelle ausführlich dargestellt.

Die räumliche Trennung der Abbauhorizonte im Tropfkörper stand der Sukzession der Organismen in zeitlicher Folge des Modell-Abbauversuchs gegenüber. Komplikationen treten im Tropfkörper durch die Einschiebung des fortlaufenden Schlammabbaus sowie großen jahreszeitlichen Differenzen (Zyklen der Tropfkörpermücken, stärkeres Anwachsen des „biologischen Rasens" im Winter usw.) der Besiedlung ein.

Sowohl im Tropfkörper wie im Modellversuch traten unter den kleinen Metazoen vor allem Nematoden und Rotatorien (hauptsächlich Bdelloidea) massenhaft auf. Im Tropfkörper kamen daneben vielfach noch Oligochaeten sehr häufig vor, die in der Mehrzahl vor allem in den Zyklus des Schlammabbaus eingebaut sein dürften. Vielfach konnten Eigenständigkeiten der Feststoffkette gegenüber dem Gesamtabbau festgestellt werden, die anscheinend die Besiedlung sehr beeinflussen. So wurde im Text zwischen „aquatischem Abbau" (kleinerer Feststoffanteil aus direkter Flockung — Modellversuch) und Systemen mit hohem Feststoffanteil (alter Rasen im Tropfkörper usw.) unterschieden, obwohl hier sicher direkt nur die quantitativen Relationen mitentscheiden.

Copepoden treten in schwächer belasteten Tropfkörpern, Oxydationsgräben usw. bisweilen häufig auf, fehlten jedoch im Modellversuch.

Durch Zusatz von Nitrat, Ammoniumsalz, Phosphat zu städtischen Abwässern konnten im Modellversuch deutliche Reaktionen der Biozönosen erkannt werden. Nematoden traten dabei in stickstoffreichem Milieu (NO_3, seltener NH_4) stärker auf, während Rotatorien bei Phosphat-Zusatz dominierten.

Auch in der zeitlichen Folge traten Nematoden meist schon kurz nach der ersten Flagellaten-Ciliaten-Pionierbesiedlung stark hervor, während Rotatorien meist den späteren Abbau begleiteten.

Es gab hier viele Verschiebungen bei den einzelnen Abwässern, die die komplizierte Situation derartiger Analysen bestätigen. Das Auftreten der Nematoden im Tropfkörper (Zunahme im

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Winter bei gleichzeitiger Zunahme der NH_4- und NO_3-Werte) wird mit jenem im Modellversuch (Zunahme ebenfalls bei NO_3- bzw. NH_4-Zusatz) verglichen.

Die während der Maxima von Nematoden und Rotatorien vorkommenden Ciliaten werden herausgearbeitet.

Abschließend wird das Ergebnis der Versuchsansätze mit den Tropfkörperuntersuchungen an Hand des $KMnO_4$-Abbaus verglichen. Dabei zeigt sich im Mittel:

Maximale Nematodenentwicklung nach 20 Tagen bei rund 84 mg $KMnO_4$/l;

Maximale Rotatorienentwicklung nach 43 Tagen bei rund 58 mg $KMnO_4$/l.

Beim untersuchten Tropfkörper lagen die Mittelwerte des $KMnO_4$-Verbrauches an der Oberfläche bei 70 mg/l (im Winter eher gegen 80—100), 1,5 m tiefer bei 64 mg/l, noch tiefer bei 44 mg/l.

Auch hier traten maximale Nematoden- und Rotatorienentwicklungen alternierend auf. Es zeigt sich somit auch in der Größe der annähernden organischen Verunreinigung Übereinstimmung.

Literatur

Buck, H.: Die Ciliaten des Belebtschlamms in ihrer Abhängigkeit vom Klärverfahren. Münchner Beiträge, Bd. 5, 206—222, 1968.

Besch, W., W. Hofmann, W. Ellenberger: Das Makrobenthos auf Polyäthylensubstraten in Fließgewässern. Annal. de Limnol. t. 3, fasc. 2, 1967.

Hawkes, H. A.: Film Accumulation an Grazing Activity in the Sewage Filters at Birmingham. The Institute of Sewage Purification, Midland Branch, 1957.

Liepolt, R.: Über Ergebnisse der biologischen Reinigung häuslicher Abwässer in Fasertropfkörpern. Österr. Wasserwirtsch. 10/11, 1960.

Liebmann, H.: Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie, I, II. München 1962.

Lloyd, Ll.: Animal Life in Sewage Purification Process. The Institute of Sewage Purification, North-Eastern Branch, 1945.

Korn, H.: Studien zur Ökologie der Oligochaeten in der oberen Donau unter Berücksichtigung der Abwassereinwirkungen. Arch. Hydrobiol., Suppl. 27, 131—182, 1963.

Peters, B. G.: Journal Helmin. 8, 133, 1930.

Pönninger, R.: Biologische Abwasserreinigung in Tropfkörpern. Verlag „Österr. Abwasserrundschau". Wien 1965.

Weller, G.: Beitrag zur Entwicklung und Bedeutung der Larven von Psychoda alternata Say (Dipt). im biologischen Rasen des Tropfkörpers. Dissertation, Universität München, 1964.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

WENINGER, G.: Jahreszyklus der Biozönose einer modernen Brockentropfkörperanlage. Wasser und Abwasser, Beiträge zur Gewässerf. IV, 1964, 96—167.

— Beeinflussung von Abbau und Biozönose städtischer Abwässer durch Düngesalz-Zusätze. Jahresber. d. Österr. Akad. d. Wiss. 1970 (im Druck).

— Vergleichende Untersuchungen an verschiedenen Tropfkörpern in der Umgebung Wiens. Wasser und Abwasser, Beiträge zur Gewässerf. VII, 1970 (im Druck).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1971

Band/Volume: 179_5-10

Autor(en)/Author(s): Weninger Günther

Artikel/Article: Das Auftreten kleiner Metazoen bei Abbauprozessen in vergleichender Sicht (Tropfkörper, Modellversuche). 129-158