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

Untersuchungen zur Düngesalzbeeinflussung von Abbau-Biozönosen

Von Günther Weninger

(Mit 7 Abbildungen und 14 Tabellen)

(Vorgelegt in der Sitzung am 26. Juni 1970 durch das k. M. W. Marinelli)

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung	1
2.	Methodik	2
3.	Chemismus der untersuchten Abwässer	3
4.1.	Gesamthäufigkeiten der ausgezählten Organismen	5
4.2.	Die Anzahl der Organismen-Maxima	9
4.3.	Künstliche Anreicherungen mit organischen Substanzen (Zucker, Eiweiß)	10
4.4.	Vermischung von Probenansätzen	14
4.5.	Beeinflussung der einzelnen Arten durch die Salzzusätze	17
4.6.	Beeinflussung der Biozönose durch die Wasserturbulenz	21
5.	Zusammenfassung	27
	Summary	29
Literaturverzeichnis		31
7 Abbildungen und 14 Tabellen im Text		

1. Einleitung

Die Reaktionen von Abbau-Biozönosen städtischer Abwässer auf Zusätze verschiedener Düngesalze (KNO_3, $Ca[NO_3]_2$, NH_4Cl, KH_2PO_4) sollten in Modellversuchen verfolgt werden.

Grundgedanke war, sowohl besondere Charakteristika des jeweiligen Abwassers als auch vor allem Verschiebungen innerhalb der Biozönose zu untersuchen.

Über die Beeinflussung der Lebensgemeinschaften durch Zugabe organischer Stoffe (Pepton, Zellulose) liegen u. a. von Bick (1967b) ausführliche Studien vor. Desgleichen machte Bick (1967a) Studien über den Abbau genormter organischer Stoffe (Zellstoff) in Brackwässern. Die Zusammensetzung städtischer Abwässer ist demgegenüber wesentlich komplizierter und variabel.

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

Dennoch zeigen sich im Jahresablauf deutliche Gesetzmäßigkeiten (vgl. WENINGER 1964) des biozönotischen Gefüges. Daher schien auch die Untersuchung verschiedener Abwässer schwankender organischer Belastung in ihrem Verhalten gegenüber gleichen Salzzusätzen aufschlußreich, schon im Hinblick auf die ständig steigende Belastung der Gewässer durch Mineralsalze (AMBÜHL 1966).

Als weiterer wichtiger Faktor sollte der Einfluß künstlicher Belüftung im Modellversuch untersucht werden.

Um Schädigungen der Organismen zu vermeiden, dennoch aber deutliche Reaktionen erkennen zu können, wurden jeweils 2 g/l der einzelnen Salze zugesetzt. In Parallelansätzen liefen Versuche mit höheren und niedrigeren Salzmengen. BICK (1967a) fand keine Veränderungen der Ciliatensukzessionen beim Abbau von Zellstoff in Brackwässern bis zum Gesamtsalzgehalt von 7 g/l, SCHMITZ (1956) fand Schädigungen bei höheren Organismen (Süßwasserfische) erst bei Chloridgehalten über 5 g/l.

Natürliche Gewässer von einer Salinität von 2 bis 3‰ werden nach REMANE (1940) noch überwiegend von echten Süßwasserorganismen bewohnt, doch tritt an der oberen Grenze ein erheblicher Artenschwund ein. In Flüssen, die versalzte Abwässer aufnehmen, finden sich nach BEGER (1966) bestimmte Rotatorien bis zu einer Salinität von 6‰, Oligochaeten (Naididae) bis 12‰.

2. Methodik

Es wurden mechanisch gereinigte Abwässer, im Vergleich auch Rohabwasser, verschiedener Kläranlagen in der Umgebung Wiens, in Modellversuchen (250 ml) mit einzelnen Salzzusätzen belüftet und die Beeinflussung der Biozönose gegenüber dem Leerversuch verfolgt. Parallel liefen bei einzelnen Ansätzen unbelüftete Versuche sowie Proben mit gegenüber der normalerweise zugesetzten Salzmenge gemachten Abweichung.

Es wurden jeweils 2 g/l der Salze — KNO_3, NH_4Cl, KH_2PO_4 — zugesetzt (0,5 g/250 ml).

Bei einzelnen Ansätzen (KNO_3, KH_2PO_4) wurden neben dem üblichen Versuch auch Gefäße mit 0,8 g/l und 4 g/l aufgestellt. Die Abweichungen wurden im Text als ½, 2 „NO_3“ bzw. „PO_4“ bezeichnet. Neben KNO_3 wurde bei einzelnen Ansätzen auch $Ca(NO_3)_2$ verwendet, um den Effekt des Kalium auszuschließen.

Gleichzeitig mit den normalen Versuchsreihen wurden Ansätze mit Zusatz von Belebtschlamm (50 ml auf 200 ml mechanisch gereinigtes Abwasser) in gleicher Weise untersucht.

Andere Versuchsansätze mit bereits abgebautem Abwasser nach Ende des Hauptversuches liefen nach Zusatz von Di- und Monosachariden (5 g/l), z. T. mit Alkoholzusatz (5 ml/l) als Gärungsansatz, desgleichen mit Eiweißanreicherung (Fleischbouillon 10 ml/l) weiter. Allerdings nach neuerlicher Salzzugabe. Es sollte hier vor allem der Einfluß von Nitrat als gärungsbremsendes Hefegift (HÖLL 1968) untersucht werden.

Sich absetzender Detritus und neu bildender Wandaufwuchs in den Versuchsgefäßen wurde anschließend in Abständen von 2—3 Tagen, später in größeren Intervallen, mikroskopisch untersucht. Dabei wurden Metazoen, Protozoen nach der Häufigkeit pro mikroskopischem Präparat (Deckglas 20 × 20 mm) — Flagellaten nach dem Vorkommen je Gesichtsfeld (Vergrößerung 300fach), Bakterien je Gesichtsfeld (Vergrößerung 600fach) — ausgezählt.[1]) Für annähernde Vergleiche wären diese Werte der Häufigkeit je Präparat mal 7 zu multiplizieren, um Anhaltspunkte über das Vorkommen im Milliliter zu erlangen. Neben diesen Untersuchungen wurde auch der $KMnO_4$-Verbrauch (nach KUBEL-TIEMANN) sowie der p_H-Wert (elektropotentiometrisch) ermittelt sowie nach Versuchsabschluß die absetzbaren Feststoffe in IMHOFF-Kelchen abgetrennt.

3. Chemismus der untersuchten Abwässer

In Tabelle 1 sind chemische Daten vergleichend wiedergegeben. Es handelt sich fast durchwegs um errechnete Mittelwerte aus 3—4 z. T. wesentlich häufigeren Probenentnahmen.

Die Abwässer von Baden fallen durch ihre höheren Stickstoff- und Phosphatgehalte auf. Außerdem enthalten sie mehr Feststoffe als die anderen untersuchten kommunalen Schmutzwässer (Tabelle 3). Die hohen Anteile gelösten Phosphates entstammen größtenteils Waschmitteln, wobei der ebenfalls ziemlich erhöhte Gehalt an Detergentien erwähnenswert ist.

Die in Tabelle 2 angegebenen Werte entstammen den die mikroskopischen Untersuchungen begleitend vorgenommenen ständigen Überprüfungen der Abbauvorgänge.

Dabei zeigte sich in einigen Fällen, vor allem bei Gärungstendenz, z. T. günstige Beeinflussung des Abbaus durch Zugabe gewisser Salze (KNO_3).

Rohabwasser und mechanisch gereinigtes Abwasser wurden vergleichend untersucht, dabei zeigte sich mitunter letzteres als schwerer abbaubar (vgl. Inzersdorf 2).

[1]) Bei Schätzungen (Tabelle 10) bedeutet * selten, ** häufig, *** sehr häufig

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

Tabelle 1. Chemismus der untersuchten Abwässer.

	RW	mech.	biol.	RW	mech.	biol.	RW	mech.		RW
		Baden			Mödling			Inzersdorf		Traiskirchen
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
$PO_4^{\equiv}$	18,8	18,4	12,3	0,58		0,59	8,2	12		5,6
$SO_4^{=}$ [1]	86	82					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 häufig	0,0 bis Spur					0,0			0,0
Detergentien	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

Die Werte in Klammern wurden einer Untersuchung von Biffl (1967) 24 h-Mittel, entnommen. Die übrigen Werte (Tages-Mittelwerte) wurden von den Gemeinden der Städte Baden, Mödling, Traiskirchen und Wien zur Verfügung gestellt.

[1]) Einzelprobe.

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

Tabelle 2.
Verfolgung der Abbauvorgänge.

Baden 1, mechanisch gereinigt

	$KMnO_4$ nach 4 Tagen mg/l	NH_4 mg/l	NO_3 mg/l	pH nach 46 Tagen
ooo	1300	30	1	8,3
KNO_3	150			8,5
NH_4Cl				
KH_2PO_4	380[1])		—	8,6

Baden 2, mechanisch gereinigt (Schlamm)

	$KMnO_4$ nach 7 Tagen mg/l	NH_4 mg/l	NO_3 mg/l	pH
ooo	250	60	1	8,42
KNO_3	206			8,42 (7,95)
NH_4Cl	(324 — $Ca(NO_3)_2$)			
KH_2PO_4	287		—	8,38 (7,20)

Baden 3, mechanisch gereinigt (+ B. Schlamm)

	$KMnO_4$ nach 4 Tagen mg/l	NH_4 mg/l	NO_3 mg/l	pH
ooo	94 (109)	30 (70)	1	8,44 (8,25)
KNO_3	83 (178)			8,45 (8,62)
NH_4Cl	187 (125)			8,40 (8,30)
KH_2PO_4	65 (73)			7,80 (7,74)

Baden 4, mechanisch gereinigt (+ B. Schlamm — 2fach belastet)

	$KMnO_4$ sofort mg/l	$KMnO_4$ nach 10 Tagen mg/l			$KMnO_4$ nach 15 Tagen mg/l				NH_4 mg/l	pH			
ooo	234	127				71		(120)	52		7,9		(7,6)
KNO_3	139	176	149	(158)	105	114	96	(164)		7,8	7,5	8,0	(8,3)
NH_4Cl		146		(208)		117		(167)			6,8		(6,8)
KH_2PO_4		136	130	(164)		96	96	(167)			6,6	6,5	(7,0)
Salzzugabe (g/l)	0,8	2,0	4,0	(2,0)	0,8	2,0	4,0	(2,0)		0,8	2,0	4,0	(2,0)

Mödling 1, mechanisch gereinigt

	$KMnO_4$ nach 17 Tagen mg/l	pH nach 26 Tagen
ooo ..	98	8,25
KNO_3	117	8,10
NH_4Cl		
KH_2PO_4	75[1])	8,00

Mödling 2

	$KMnO_4$ nach 7 Tagen mg/l	pH nach 16 Tagen
ooo	112	8,05
KNO_3	117	8,45
NH_4Cl		
KH_2PO_4	109	7,80

Mödling 3, mechanisch gereinigt (+ B. Schlamm) unbelüftet

	$KMnO_4$ nach 15 Tagen mg/l	pH nach 15 Tagen	pH nach 78 Tagen
ooo	71 (292)	7,8 (7,8)	8,54
KNO_3	67 (237)	8,5 (8,6)	8,65
NH_4Cl	69 (231)	7,4 (7,2)	6,20
KH_2PO_4..	71 (261)	6,8 (7,0)	6,60

unbelüftet

	$KMnO_4$ nach 15 Tagen mg/l	pH nach 15 Tagen	pH nach 78 Tagen
ooo	(374)	(7,9)	
KNO_3	88 (106)	8,2 (8,2)	8,9 (9,2)
NH_4Cl			
KH_2PO_4	70 (212)	6,6 (7,2)	6,7 (7,1)

Inzersdorf 1, mechanisch gereinigt

	$KMnO_4$	NH_4.mg nach 4 Tagen	pH
ooo	195	10,5	8,0
KNO_3	197	10,5	7,9
NH_4Cl			
KH_2PO_4	158[1])	10,5	7,8

Inzersdorf 2, Rohabwasser belüftet

	$KMnO_4$ nach 5 Tagen		pH nach 5 Tagen	pH nach 20 Tagen	pH nach 58 Tagen
ooo	250	43	7,7	8,6	8,4
KNO_3		49	7,9	8,5	8,3
NH_4Cl		77	6,4	5,0	3,6
KH_2PO_4		43	6,7	7,0	6,2

Inzersdorf 2, Rohabwasser unbelüftet

	$KMnO_4$ nach 5 Tagen mg/l			pH nach 5 Tagen			pH nach 20 Tagen			pH nach 58 Tagen		
ooo	64				7,8							
$Ca(NO_3)_2$	63		68	7,9		7,9	8,8		8,2	8,7		7,7
NH_4Cl/KH_2PO_4		64			7,2			8,2			6,0	
KH_2PO_4		61			6,9			7,7			6,5	
Salzzugabe (g/l)	0,8	2,0	4,0	0,8	2,0	4,0	0,8	2,0	4,0	0,8	2,0	4,0

Inzersdorf 2, mechanisch gereinigt, belüftet

	$KMnO_4$ sofort mg/l		$KMnO_4$ nach 5 Tagen mg/l		pH nach 5 Tagen			pH nach 20 Tagen			pH nach 58 Tagen		
ooo .	400		56			7,9			8,5			9,1	
KNO_3		70	60	59	7,9	7,9	8,0	8,6	8,9	8,6	8,6	9,2	8,4
NH_4Cl			82			6,9			6,1			5,9	
KH_2PO_4		50	64		7,0	6,5		7,3	6,9		6,7	6,4	
Salzzugabe (g/l)		0,8	2,0	4,0	0,8	2,0	4,0	0,8	2,0	4,0	0,8	2,0	4,0

Inzersdorf 2, mechanisch gereinigt, unbelüftet

	$KMnO_4$ nach 5 Tagen mg/l	pH nach 5 Tagen	pH nach 58 Tagen
ooo	52	7,7	8,5
KNO_3	80	8,0	8,9
KH_2PO_4	56	6,5	6,1

Traiskirchen, Rohwasser belüftet

	$KMnO_4$ nach 4 Tagen mg/l	pH
ooo	72	8,25
KNO_3	97	8,45
NH_4Cl	78	8,29
KH_2PO_4	56	7,45

[1]) Volldüngung ($KNO_3/KH_2PO_4/MgSO_4$). $KMnO_4$-Verbrauch mg/l, NH_4 · mg/l

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

Zusatz von Nitrat bewirkte Anhebung des p_H, etwas verminderte Flockung. und begünstigte vielfach den Abbau bei fehlender Belüftung. Phosphat (primäres Salz, KH_2PO_4) verursachte eine leichte Ansäuerung, besonders bei geringer Belüftung auch Faulschlammbildung.

Ammoniumchlorid-Zusatz beeinflußte den Abbau negativ, führte vielfach zu Ansäuerung.

Bei steigenden Salzmengen (KNO_3 — 0,8 bis 4,0 g/l, ebenso KH_2PO_4) war die Flockung bei den niedrigeren Mengen höher, weil die biologischen Vorgänge hier eher gefördert als gebremst wurden.

Tabelle 3. Absetzbare Feststoffe nach 20 Minuten Absetzzeit (IMHOFF-Trichter), von 200 ml Abwasser, nach Abschluß des Versuches.

	Schwebstoffe in ml / in Klammer „unbelüftet"				
	Baden 1	Baden 2	Baden 3	Mödling 1	Inzersd. 1
Leerversuch	3,64	3,12	4,60	0,90	0,70
+ KNO_3	3,32	1,76 (4,0)	4,00	0,50	0,30
+ NH_4Cl			4,00		
+ KH_2PO_4		3,32	1,54		
+ Volldüngung	5,24			2,00	0,90

	Rohabwasser			Rohabwasser mechan. g.	
	Mödling 2	Mödling 3	Traisk.	Inzersdorf 2	
Leerversuch	0,70	0,50	3,50	0,70	1,35 (1,80)
+ KNO_3	0,50	0,20	3,00	0,60	2,20 (1,20)
+ NH_4Cl		0,30	1,00	0,70	1,85
+ KH_2PO_4	3,60	0,35	1,20	0,50	2,40 (0,70)

4.1. Gesamthäufigkeiten der ausgezählten Organismen

Die angegebenen Zahlen verstehen sich als Summe aller Organismen der verschiedenen Ansätze eines Versuches; es sind also die Werte des Leerversuches, des KNO_3-Ansatzes, des NH_4Cl-Ansatzes und des KH_2PO_4-Ansatzes addiert.

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

In Abb. 1 sind die Verhältnisse in Abwasser hoher NH_4-Gehalte (vgl. Tabelle 2), meist auch hohe Gehalte an gelösten Phosphaten, wiedergegeben.

Es zeigte sich eine deutliche Neigung zur Bildung einer zweigipfeligen Individuenkurve. Der erste Gipfel scheint vornehmlich im NH_4-Ansatz auf und wird offensichtlich durch die Massenentwicklung von Ciliaten mit markanter Milieu- und Nahrungsspezialisierung hervorgerufen, die in Zusammenhang mit der Umwandlung der N-Komponenten (Denitrifikation usw.) stehen. Bisweilen geht die Massenentwicklung vom NH_4- zum NO_3-Ansatz über. Diese ersten Massenentwicklungen dauern etwa vom 6. bis zum 20. Tag der Versuchsaufstellung, während der zweite Gipfel erst sehr spät einsetzt, 20. bis 40. Tag, und bis zum 100. Tag und darüber andauert.

Es kommt somit in mit organischen Stoffen, besonders N-Verbindungen, hochbelasteten Abwässern zu einer ausgeprägten zweigipfeligen Abbau-Individuen-Kurve, wobei das erste Maximum durch N-Abbau-Spezialisten, der zweite durch Sekundär-Abbau-Organismen (Detritus-Flockungs-Abbau) verursacht wird. Selbstverständlich laufen diese Ciliaten-Maxima vornehmlich ausgelöst durch knapp vorangegangene Bakterien-Massenentwicklungen.

Bei Zusatz von Belebtschlamm ergab sich der Vergleich von einfach und doppelt belastetem Schlamm, wobei im ersteren Fall der erste Gipfel deutlich abgeflacht ist (PO_4-Ansatz) — der zweite Gipfel hingegen besonders ausgeprägt. Im zweiten Fall kam es nach einem ausgeprägten Gipfel im NH_4-Ansatz zu einem steilen Abfall der Kurve. Die Veränderungen der Besiedlung bei Zusatz von Belebtschlamm sind in Tabelle 4 angegeben. Allgemein findet eine Abnahme der Organismen statt, allerdings kann bei geringerer Schlammbelastung der Feststoffabbau weiter voranschreiten (Zunahme von Bdelloiden, *Uronema*, *Amoeba*, auch Nematoden — Baden 3). Koloniebildende Formen (*Epistylis*) nehmen gegenüber Vorticella zu.

Höher belastetes Abwasser bewirkt ebenso wie höher belasteter Schlamm eine stärkere Besiedlung, wobei gewisse Ciliaten (*Paramecium caudatum*, Oxytrichidae) bei Schlammzusatz aufscheinen.

Die anderen untersuchten Abwässer mit durchwegs geringerer Belastung an organischen Stoffen, NH_4-Gehalten unter 20 mg/l, zeigen keine derartige Unterteilung der Gesamtentwicklung in zwei Maxima (vgl. Abb. 2).

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

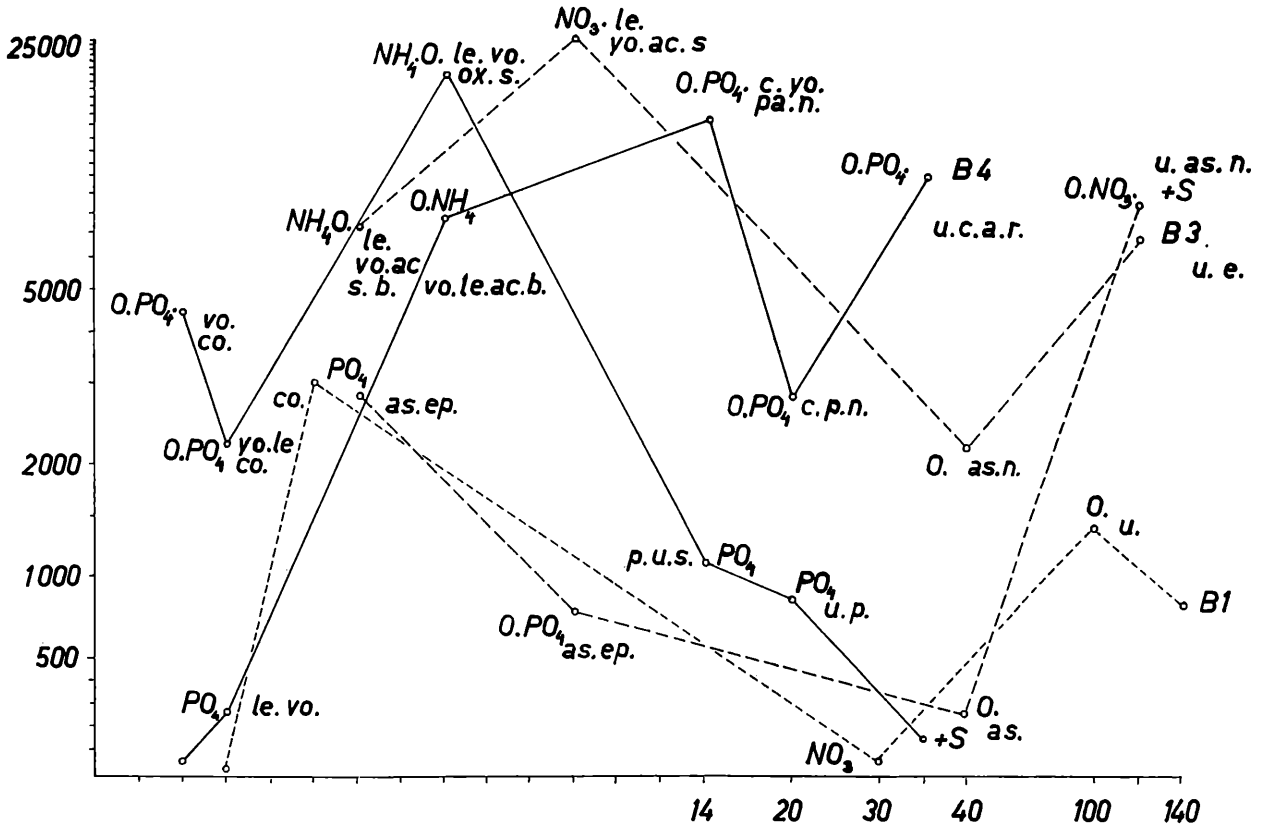

Abb. 1: Gesamthäufigkeiten der ausgezählten Organismen (Summe aller Ansätze) für die Versuchsansätze mit Abwasser von Baden (B).
B 1 — kurz strichliert; B 3 — B 3 + S (Belebtschlamm) — strichliert; B 4 — B 4 + S — volle Linie.
Große Buchstaben — Salzzusätze (Leerversuch = O, NO_3, NH_4, PO_4).
Kleine Buchstaben — Abkürzungen für Organismenarten:
a = *Amoeba* sp.; ac = *Acineria incurvata*; as = *Aspidisca*; b = *Bodo* sp.; c = *Colpoda* sp.; co = *Colpidium colpoda*; ca = *Carchesium*; ep = *Epistylis* sp.; eu = *Euglypha* sp.; le = *Lembus* sp.; n = Nematoden; ox = Oxytrichidae; p = *Paramecium caudatum* + *Paramecium trichium*; r = Rotatorien; s = *Spirillum* sp.; u = *Uronema marinum*; vo = *Vorticella microstoma*.
Angegeben sind besondere Massenentwicklungen.

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

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

Tabelle 4. Gesamthäufigkeiten bei Zusatz von Belebtschlamm (20 cm³ zu je 250 cm³ mechan. gerein. Abwasser) (in Klammer Ansätze mit besonderer Förderung der Entwicklung)

	Baden 3	Baden 3 + S	Baden 4	Baden 4 + S	Mödling 3	Mödling 3 + S
Bdelloidea	33 (PO_4)	100 (PO_4)	311 (PO_4)	45 (PO_4)	36 (PO_4)	25 (PO_4)
Colurella	20 (PO_4)	10 (PO_4)	—	—	—	—
Nematoden (abgestorben)	55 (NH_4) (1100 NH_4)	491 (PO_4)	599 (NO_3)	329 (oo)	743 (NO_3)	173 (o, PO_4)
Acineria	267 (oo)	32 (PO_4)	2288 (PO_4)	190 (PO_4)	220 (PO_4)	6 (o, PO_4)
Aspidisca	2335 (oo)	3820 (oo)	—	—	—	—
Colpidium	—	—	92 (oo)	—	—	—
Colpoda	—	25 (oo)	10930 (oo)	—	35 (oo)	—
Lembus	30900 (NO_3)	260 (NH_4)	2665 (NH_4)	17662 (NH_4)	590 (NH_4)	—
Oxytrichidae	—	—	—	441 (oo)	15 (NO_3)	—
Param. trichium	16 (PO_4)	1 (PO_4)	2245 (PO_4)	—	10 (PO_4)	—
Param. caudatum	90 (PO_4)	—	—	552 (PO_4)	—	10 (PO_4)
Uronema	450 (oo)	6100 (oo)	3480 (NO_3)	770 (PO_4)	10125 (oo)	—
Opercularia	140 (oo)	300 (oo)	—	—	—	—
Epistylis	30 (PO_4)	1125 (NO_3)	400 (PO_4)	510 (oo)	15 (oo)	8030 (alle)
Vorticella	1114 (oo)	215 (oo)	6180 (oo)	7322 (PO_4)	1965 (PO_4)	355 (oo)
Amoeba	41 (oo)	330 (NH_4)	4720 (oo)	—	448 (oo)	—
Euglypha	6000 (NO_3)	1 (oo)	1 (NO_3)	—	160 (PO_4)	—
Bodo	860 (oo)	9 (PO_4)	600 (oo)	33 (NO_3)	181 (NH_4)	42 (oo)
Polytoma	15 (NH_4)	—	—	25 (NH_4)	—	—
Euglena	9 (PO_4)	1 (PO_4)	—	10 (oo)	—	—
Astasia	—	1 (oo)	—	—	30 (o, PO_4)	10 (PO_4)
Spirillum	419 (oo)	28 (oo)	5 (alle)	131 (NH_4)	53 (NH_4)	56 (NH_4)
Stäbchen	1650 (oo)	3023 (PO_4)	17524 (oo)	15730 (PO_4)	1750 (PO_4)	660 (NH_4)

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

Entweder folgt der starken Ausgangsbesiedlung ein ziemlich steiler Abfall vom 20. bis zum 50. Tag oder es ist, wie im Fall besonders dünner Abwässer mit hoher Ausgangsbesiedlung von der Entnahme her, besonders der Sekundärabbau betont (Kurve T).

Die Anreicherung mit Phosphat führt nach 1—2 Tagen bereits zu starker Ankurbelung der Entwicklung, wobei Rohabwasser noch zusätzlich eine maximale Entfaltung der Organismen (*Lembus* sp.) im NH_4-Ansatz verzeichnet. Die Reihenfolge der Maxima (Ciliata) lautet: PO_4 —, NH_4 —, Leerversuch.

Dazwischen kommt es zu keinem Abfall. Die NH_4-Spitze der Individuen im Rohabwasser (hoher Feststoffgehalt) deutet auf Parallelen zu Baden.

Ohne Belüftung (Abb. 2, „I"-Kurve —m x, RW x) fördert im Falle mechanisch geklärten Abwassers anfangs Nitrat, bei Rohabwasser sieht man keine Beeinflussung durch Salze, später dominiert die Entwicklung im Phosphat-Ansatz. Im Fall von Mödling (M) ist die Reihenfolge der Maxima nach hinten verlagert, was durch die höhere organische Belastung erklärlich wird. Allerdings bestätigt die Kurve des am geringsten belasteten Abwassers (Traiskirchen) diese Verschiebung nicht, denn sie findet ebenso statt.

Die Erklärung dürfte hauptsächlich im Abbau der Flockung, der primären Aufwuchsorganismen usw. liegen. Baden (Abb. 1) zeigt im Anwachsen der Kurve in doppelt belastetem Belebtschlamm diesen Vorgang.

Die Besiedlung der einzelnen Versuche ähnelt sehr.

Anfangs dominieren Vorticelliden, *Colpidium*. Bei etwas geringerer organischer Belastung treten *Paramecium trichium* und *P. caudatum*, *Acineria* sowie *Spirillum*, *Bodo* bereits sehr häufig auf, was auf die bereits in Schwung gekommenen Abbauvorgänge hinweist.

Später treten rasch enorme Massenentwicklungen von bestimmten Spezialisten (NH_4-Milieu, belüfteter Ansatz) wie *Lembus* sp., oft von Spirillum begleitet, hervor. Dieser Gipfel ist bei Baden steil an- und absteigend, bei den anderen Abwässern breitgezogen und von vielen anderen Arten begleitet (zum Teil sogar von sonst später hervortretenden Ciliaten, wie Uronema). Dies zeigt die Verknüpfung von Primär- und Sekundärgipfel bei geringer belasteten Abwässern. Der absteigende Primärgipfel ist von *Paramecien*, Oxytrichiden, *Colpoda*, Nematoden u. a. begleitet. *Uronema marinum*, Rotatorien, begleiten schließlich den den Abbau beendenden Entwicklungsschub.

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

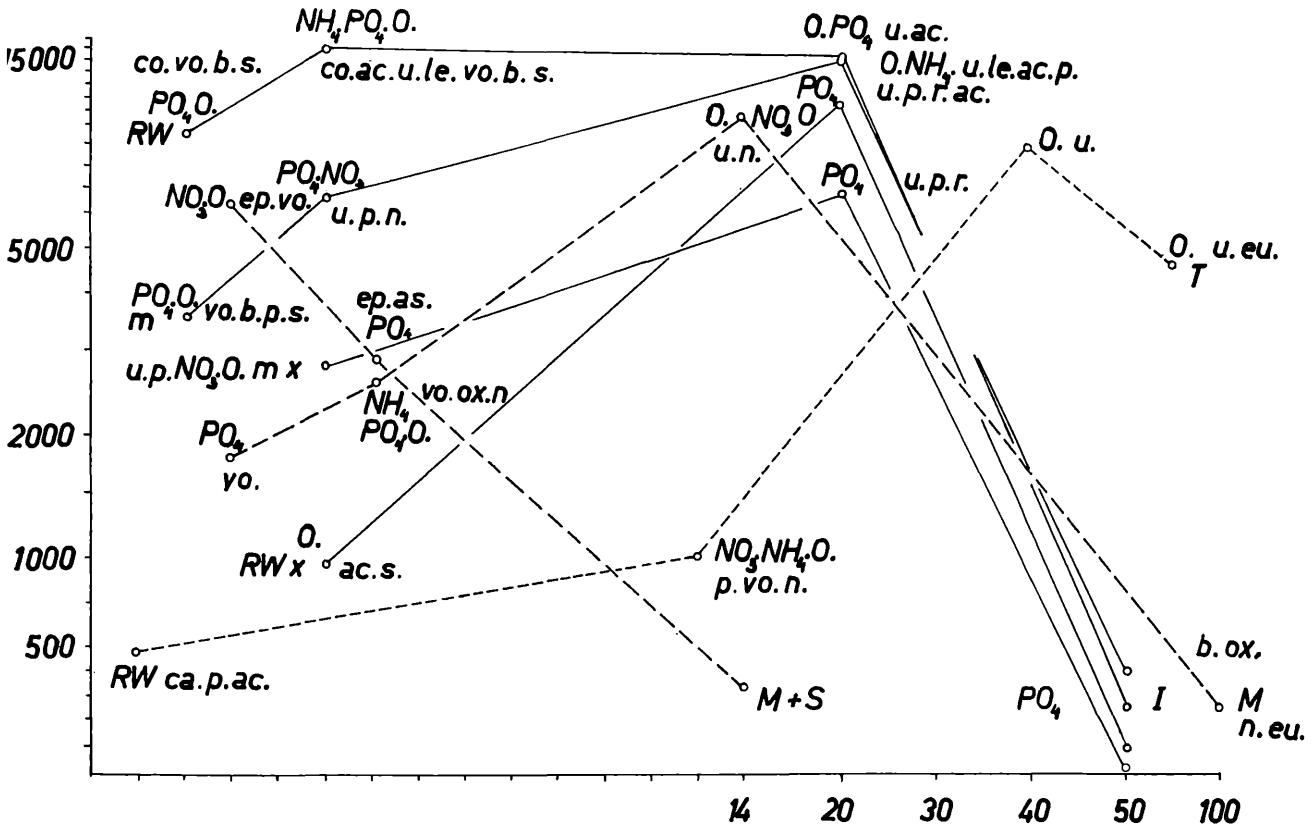

Abb. 2: Gesamthäufigkeiten der ausgezählten Organismen (Summe aller Ansätze) für Abwässer von Mödling (M), M 3, M 3 + S (Belebtschlamm) — strichliert; Inzersdorf (I) — mechanisch gereinigt (m), Rohabwasser (RW) — volle Linie; Traiskirchen, Rohabwasser (RW) — kurz strichliert.
Abkürzungen siehe Abb. 1, x = unbelüftet.

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

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

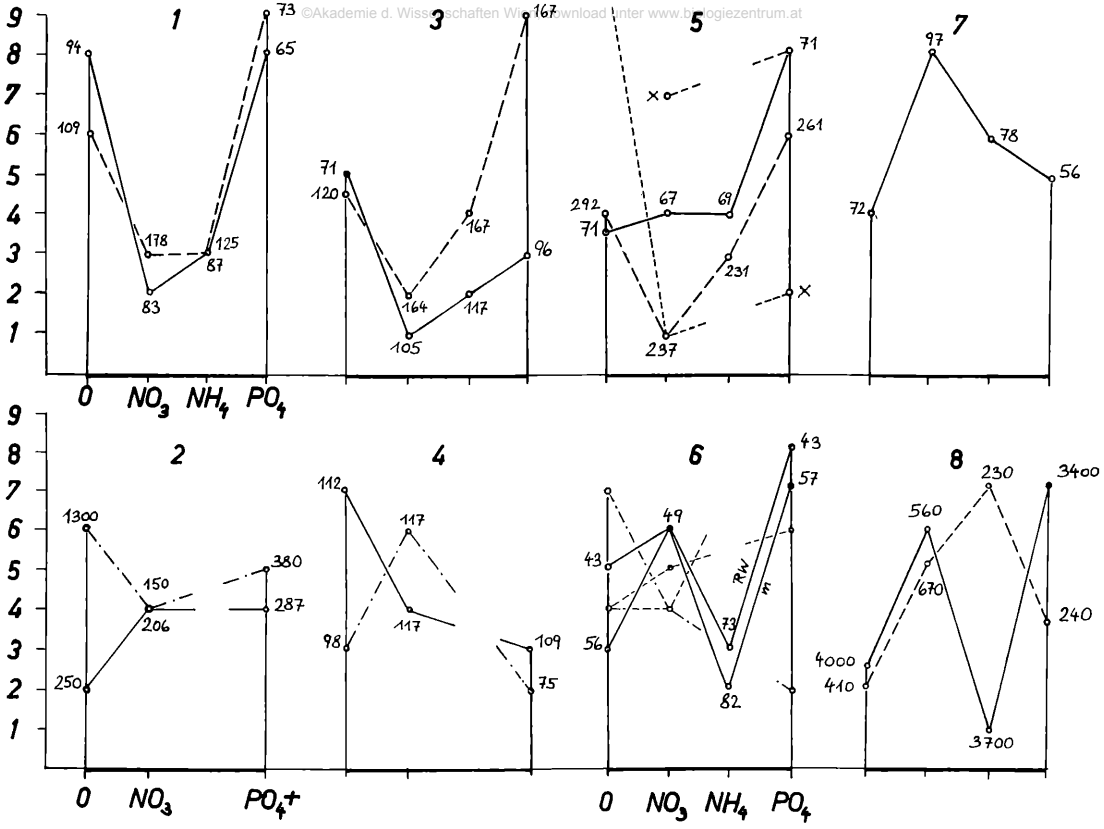

Abb. 3: Anzahl der aufgetretenen Entwicklungsmaxima der Arten in den einzelnen Versuchsansätzen, beigefügt ist jeweils der $KMnO_4$-Verbrauch beim Einsetzen deutlich sichtbarer Klärung.

Unterteilung 1 — Baden 3 (mechanisch gereinigt — volle Linie, + Belebtschlamm — strichliert).

Unterteilung 2 — Baden 1 (strichpunktiert), Baden 2 (voll).

Unterteilung 3 — Baden 4 (siehe Unterteilung 1).

Unterteilung 4 — Mödling 1 (strichpunktiert), Mödling 2 (voll).

Unterteilung 5 — Mödling 3 (siehe Unterteilung 1), kurz strichliert — ohne Belüftung.

Unterteilung 6 — Inzersdorf 1 (strichpunktiert), Inzersdorf 2 (siehe Unterteilung 1), kurz strichliert — ohne Belüftung.

Unterteilung 7 — Traiskirchen (volle Linie, Rohabwasser).

Unterteilung 8 — Zusatz von Rohrzucker (volle Linie), Zusatz von Eiweiß (strichliert).

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

4.2. Die Anzahl der Organismen-Maxima Abb. 3/1–8

Die Anzahl der Massenentwicklungen der einzelnen Arten in den Versuchsreihen der verschiedenen Abwässer deutet auf beträchtliche Unterschiede im Ablauf der Abbauprozesse hin (Abb. 3). Die Beeinflussung durch Zusatz von Nitrat erweist sich als einschneidend, entweder sinkt die Zahl der Maxima (Baden) oder sie nimmt zu (Traiskirchen).

Nicht erfaßt sind hier Bakterienstämme, wenn man von der Unterscheidung von der Länge nach verschiedener Stäbchen und Spirillen absieht.

In schwächer mit organischen Stoffen belasteten Abwässern, mit starker Ausgangsbesiedlung der Sphaerotilusflocken (Abb. 3/7), kommt es jedenfalls im Anschluß an die Zugabe von KNO_3 zur Mehrung der besonders häufigen Populationen, ebenso zeigt sich bei Anreicherung der Versuchsflaschen mit Belebtschlamm (Abb. 3/1,3) eher eine Abschwächung des Rückgangs der Maxima, gegenüber den anderen Ansätzen. Anders liegen diese Verhältnisse bei Mödling, wo der Schlammzusatz im KNO_3-Versuch, entgegen der sonst geringen Reaktion dieses Abwassers, ein starkes Abnehmen der Maxima verursacht, wobei der Abbau aber zunimmt (Abb. 3/5).

Der Zusatz von NH_4Cl senkt die Anzahl der Maxima gegenüber dem Leerversuch ebenfalls, wobei sich Zusammenhänge mit den Ergebnissen des KNO_3-Ansatzes ergeben, nur in etwas abgeschwächter Form. Das häufige Auftreten einzelner Spezialisten im belüfteten Ansatz bedingt die etwas höher liegende Anzahl der Massenentwicklungen.

Keinen Zusammenhang mit der Nitrat-Anzahl zeigen die Maxima des NH_4-Versuchs im Fall von Inzersdorf, ähnlich wie bei Zusatz von Rohrzucker (Abb. 3/8).

Die Zahl der Individuen-Gipfel bei Rohabwasser liegt etwas über der von mechanisch gereinigtem Abwasser, wobei auch hier Nitrat angleichend wirkt (Abb. 3/6).

Der Zusatz von KH_2PO_4 wirkt bei allen Abwässern, außer Traiskirchen[1]), als außerordentlich anregend auf die Entwicklung von Massenpopulationen. Volldüngung bringt dagegen den gegenläufigen Effekt (Abb. 3/2,4). Keine maximale Anzahl der Individuen-Gipfel gibt es im PO_4-Ansatz bei Anreicherung mit Eiweiß (Fleischbouillon), diese liegt hier im NH_4-Versuch, allerdings nur bei starker Belüftung.

[1] Nematoden-Maximum (NH_4Cl), Paramecium-Maximum (KNO_3)-Abwasser) enthält bereits im Kanal-Zulauf hohe NO_3-Mengen.

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

4.3. Künstliche Anreicherungen mit organischen Substanzen

a) mit Rohrzucker, Baden 3
b) mit Eiweiß (-Fleischbouillon), Baden 3
c) mit „Dextrose" (Traubenzuckergemisch), Baden 3/Traiskirchen.

Die Gesamtzahlen der Organismen (Abb. 4, 5) bei Rohrzucker und Eiweißzusatz zu Abwasser nach abgeklungenem Abbau (mehrwöchiger Aufstellung und Belüftung) zeigen große Verschiedenheiten.

Die Eiweiß-Zugabe zeigt eine dem normalen Versuch mit Badener Abwasser entsprechenden Kurvenverlauf (Baden 3, Abb. 5), die Entwicklung läuft nur langsamer an. Dem NH_4-Gipfel folgt ein NO_3-Ansteigen, die PO_4-Kurve steigt allerdings im Eiweiß-Versuch besonders stark an, während sie im vorangegangenen Ausgangsversuch sehr klein war. Die Leerkurve bleibt völlig unbedeutend, sie gehört im Ausgangsversuch vermutlich dem Detritusabbau (C-Verbindungen usw.) an, die keine neue Zufuhr erfuhren.

Der Spätabbau vollzieht sich vorwiegend im Nitrat-Ansatz, es kommt zunächst zu stürmischer Bakterien-Entwicklung, dann zu einem zweiten Infusorien-Gipfel. Der Kurvenverlauf ist somit ähnlich zweigipfelig, nur aus anderen Komponenten (NH_4—NO_3, gegenüber NH_4 — „ohne Zusatz" im Erstversuch). Die Nitrat-Zusätze führen hier aber zu keiner Abbauverbesserung, sondern bremsen wesentlich.

Beim Rohrzucker-Ansatz zeigen nur Bakterien einen frühen NH_4-Gipfel, dann einen „ohne Salz"-Gipfel, beide Ansätze gehen früh in saure Gärung über. Dagegen wächst der NO_3-Gipfel nach 30 Tagen sehr schnell an, auch ansteigend ist der PO_4-Gipfel, während „ohne" und NH_4 nur ein massenhaftes Bakterienwachstum zeigen (weitere Gärung). Die Bakterienmaxima divergieren mit denen der Infusorien, nur Spirillum geht parallel. Vgl. MECHNSNER et al (1963)[1]). Das NO_3-Maximum ist hier mit einer auffälligen Abbausteigerung verbunden (beachte p_H!).

Der Zusatz von Glucose verursacht ein sehr rasches Ansteigen der Bakterien- und Infusorienpopulationen, wobei die einzelnen Ansätze je nach Abwasser differieren. An Ciliaten weist der Ansatz „Baden" nur *Uronema marinum* auf (Maximum nach 3 Tagen), während der Ansatz „Traiskirchen" *Uronema marinum* und *Acineria incurvata* beinhaltet (Maximum nach 10 Tagen). Nach

[1]) Spirillum verträgt bei Denitrifikation hohe O_2-Spannung.

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

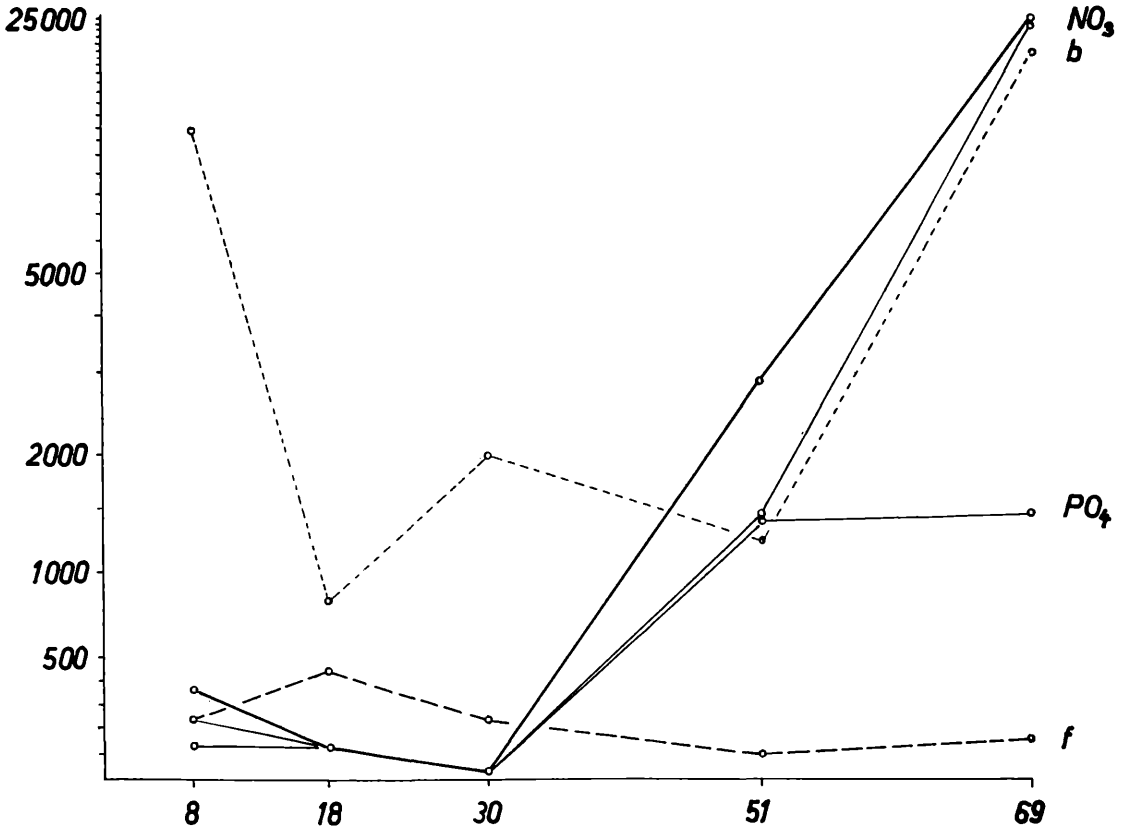

Abb. 4: Häufigkeit der Organismen bei Zusatz von Rohrzucker zu weitgehend abgebautem Abwasser von Baden 3 (Ordinate).
Gesamte Häufigkeit (Leerversuch + Salzansätze, starke-volle Linie), Häufigkeit in den einzelnen Ansätzen (volle-dünne Linie); beide pro mikroskopischem Präparat.
Gesamte Häufigkeit der Flagellaten — „f" (dick strichliert); Gesamte Häufigkeit der Bakterien — „b" (dünn strichliert); beide pro Gesichtsfeld bei 300facher Vergrößerung (Bakterien z. T. geschätzt). Abszisse = Tage des Versuchsansatzes.

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

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

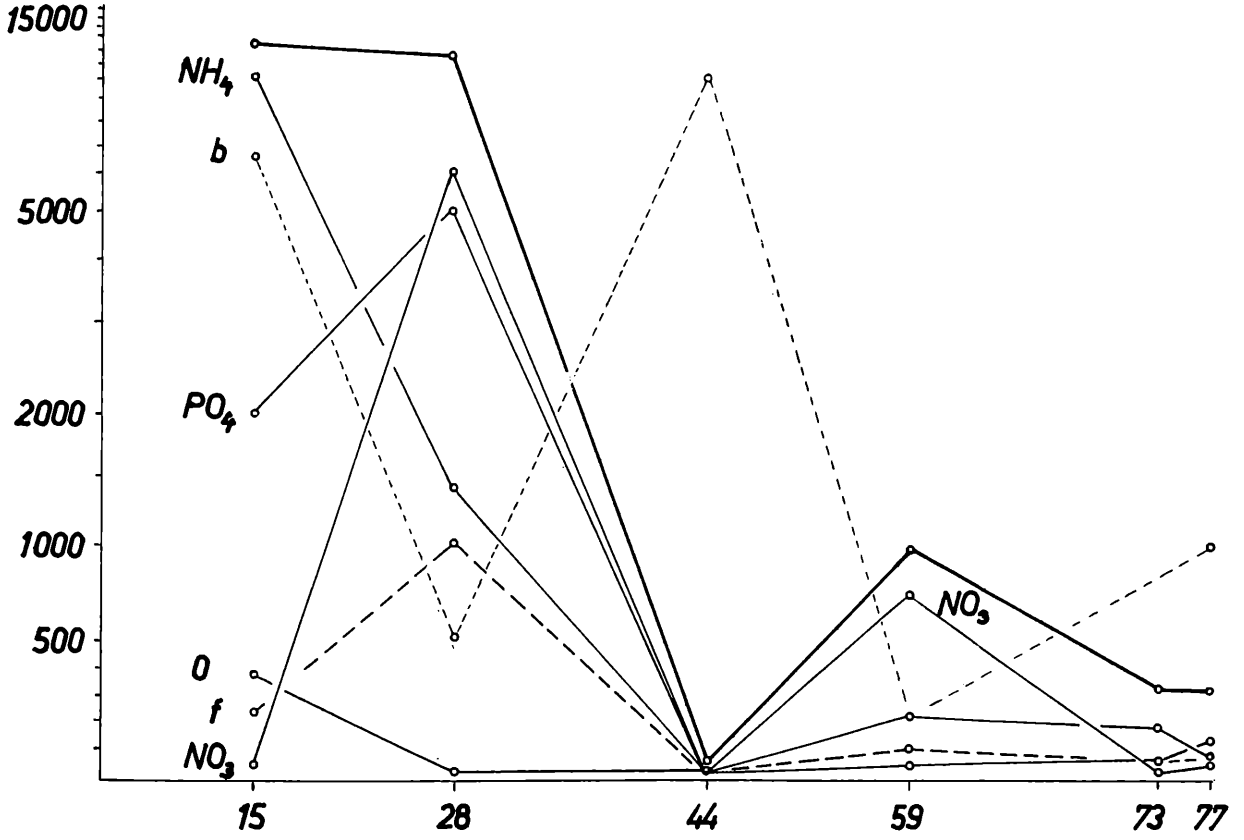

Abb. 5: Gleiche Darstellung für Eiweiß-Zusatz (Fleischbouillon).

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

dem 10. Tag setzt saure Gärung ein. Die Besiedlung besteht in dieser langandauernden Phase aus Bakterien, Flagellaten und Pilzen. Erst nach 60 Tagen taucht *Aspidisca costata* wieder auf (Ansatz „Baden" — Nitratzusatz), wobei in diesem Gefäß der p_H-Wert auffällig anstieg (Tabelle 5).

Tabelle 5.

	$KMnO_4$ (pH) Rohrzucker	Eiweiß	Dextrose	
			Baden	Traiskirchen
ohne	3961 (7,9)	412 (7,8)	(5,8)	(4,2)
KNO_3	561 (8,8)	670 (8,4)	(8,5)	(5,7)
NH_4Cl	3680 (5,2)	231 (5,1)	(3,2)	(4,1)
KH_2PO_4	3431 (7,5)	243 (6,5)	(6,3)	(4,8)

Die oxydative Wirkung des Nitratzusatzes bremst somit die Gärung, die beiden untersuchten Wasserproben reagierten jedoch verschieden auf gleiche Zusätze. Bevor die Gärung eintritt, kommt es noch zu Massenentwicklung üblich vorhandener Abbau-Organismen.

Rohrzucker- und Eiweiß-Ansatz unterscheiden sich deutlich hinsichtlich der Verteilung und Häufigkeit der Maxima. Während nach Eiweiß-Anreicherung die Anzahl der Maxima im NH_4-Versuch ansteigt, sinkt sie hier bei Rohrzucker-Zusatz extrem ab (Abb. 4, Abb. 5), während sie im PO_4-Versuch ansteigt.

Charakteristische Organismen sind dabei (Tabelle 6); Rohrzucker-Zusatz (in Klammern — Maximum nach Tagen). Auffallende Maxima sind kursiv.

Tabelle 6.

ohne Salze	KNO_3	NH_4Cl	KH_2PO_4
—	Lembus (8)	—	—
—	—	—	*Paramecium trichium* (8)
Vorticella (69) microst.	Vorticella (51)	—	*Vorticella* (69)
—	*Aspidisca* (69)	—	—
—	*Uronema* (69)	—	—
—	Nematoden (30)	—	—
Polytoma (30)	Polytoma (18)	Polytoma (69)	*Polytoma* (30)
—	Bodo (18)	Bodo (69)	*Bodo* (8) Euglena (69)
—	*Spirillum* (18)	Spirillum (69)	—
Stäbchen (69)	Stäbchen gering (8)	*Stäbchen* (8)	Stäbchen gering (8)

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

Bei Zusatz von Nitrat wird die Artenzahl und deren Entwicklung stark gefördert, Ammoniumsalz bremst total, der Leerversuch und der Phosphat-Ansatz gleichen einander in wesentlichen Punkten, wie Maxima von *Vorticella microstoma*, *Polytoma* usw. (Rohrzucker-Versuch).

Im Falle der Eiweiß-Anreicherung ist im Nitrat-Ansatz keine deutliche Anregung ersichtlich, interessant ist das Vorkommen von sonst überwiegend nur im Ammonium-Ansatz vorkommenden Ciliaten (*Lembus*) in nahezu gleicher Häufigkeit in den anderen Salz-Ansätzen, mit Ausnahme des Leerversuches, wo *Lembus* erst nach längerer Zeit und dann selten aufscheint. Die Biozönose im Ammonium-Ansatz bildet sich hier besonders rasch aus (Maxima von *Lembus*, *Amoeben*, *Spirillum* sowie starke Pilzentwicklung), während sich im Phosphat-Ansatz vor allem Flagellaten (*Bodo* sp.) rasch entwickeln, dagegen *Vorticella microstoma* und *Lembus* verzögert, desgleichen ist hier die Bakterienentwicklung schwächer.

Tabelle 7. Charakteristische Organismen bei Zusatz von Fleischbouillon (Eiweiß).
(In Klammern — Maximum nach . Tagen). Auffallende Maxima sind kursiv.

ohne Salze	KNO_3	NH_4Cl	KH_2PO_4
Lembus (77)	*Lembus* (28)	*Lembus* (15)	*Lembus* (28)
—	Aspidisca (28)	—	—
—	—	Acineria (59)	—
Vorticella (15) microst.	Vorticella (77)	Vorticella (77)	Vorticella (59)
—	—	*Amoeba* (28)	—
Bodo (28)	Bodo (15)	Bodo (59)	*Bodo* (15)
Polytoma (59)	Polytoma (73)	—	Polytoma (44)
—	Spirillum (28)	*Spirillum* (28)	Spirillum (28)
Stäbchen (15)	*Stäbchen* (44)	Stäbchen (15)	Stäbchen gering (15)

Der Leerversuch zeigt zunächst vor allem *Vorticella* in rascher Entwicklung, dann tritt *Bodo* sp. massenhaft auf, gegen Versuchsende *Polytoma sp.* Parallelen des Leerversuchs mit dem Phosphat-Ansatz sind auch hier gegeben (starke Flagellatenentwicklung).

Insbesondere fällt auf, daß der meist von starker Massenentfaltung der Ciliaten *Uronema marinum* und *Aspidisca costata* begleitete zweite Abbaugipfel (Nitrat) hier völlig fehlt (vgl. Abb. 5 gegenüber Abb. 4), ebenso ist in diesem Zusammenhang der im Phosphat-Ansatz des Rohrzucker-Versuches auftretende Vorticelliden-Gipfel hier nicht ausgeprägt.

BICK (1967b) stellte bei Peptonabbauversuchen ebenfalls keine Schädigung der Biozönose bei NH_4-Gehalten bis 65 mg/l und Gehalten an freiem NH_3 bis 10 mg/l fest, was durch Vorhandensein geeigneter Nahrungsorganismen zu starker Vermehrung bestimmter Ciliaten führt. In intensiv belichteten, aber unbelüfteten Modellversuchen wies BICK (1967b) ebenfalls beträchtliche Unterschiede der Besiedlung beim Abbau von Pepton und Zellulose nach. Der Pepton-Abbau verläuft rascher und läßt eine Trennung in eine nach ½—1 Woche einsetzenden ersten Gipfel der Organismenentwicklung (neben Bakterien, Flagellaten, *Amoeben*, die Ciliaten *Glaucoma*, *Colpidium*, *Halteria*, *Lionotus*, *Colpoda steinii*), dann nach 1—3 Wochen (*Vorticella*, Oxytrichidae) und 2—4 Wochen (*Paramecium caudatum*, *Cyclidium*) erfolgenden neuerlichen Anstieg der Entwicklung erkennen. Bei noch höherem Peptongehalt sind die Maxima nach hinten verschoben. Der Pepton-Abbau läßt allerdings zahlreiche spezifische Eigenheiten erkennen (Auftreten von *Colpoda steinii* usw.), vgl. WENINGER (1967).

Der Abbau von Zellstoff geht langsamer vor sich, die einzelnen Phasen sind unscharf zu erkennen. Sulfide treten gegen Mitte des Versuches in nennenswerter Menge auf, ebenso sind deutliche Denitrifikationsprozesse zu beobachten. *Glaucoma* weist mehrere Gipfel auf, nach 1—2 Wochen dominieren mehrere Ciliaten (*Vorticella*, *Halteria*, *Lionotus*, *Oxytrichidae*, *Coleps*, *Colpidium*), nach 2—5 Wochen (*Paramecium caudatum*, *P. trichium*, *Astasia*, Rotatorien), nach 3—5 Wochen (*Cyclidium*, *Microthorax*, *Cinetochilum*).

Insgesamt ist die starke Algenentwicklung während der zweiten Versuchshälfte erwähnenswert (Belichtung!), die Anzahl der Arten ist z. T. größer als beim Abbau städtischen Abwassers. Einzelne Arten (*Coleps hirtus*) weisen nach BICK (1966) deutliche CO_2-Abhängigkeit (Zellulose-Abbau) auf.

Ansonsten finden sich viele Parallelen, so namentlich im ausgeprägten spät hervortretenden Maximum von *Cyclidium* (hier *Uronema*) bei den eigenen Versuchen, sowie von *Paramecium caudatum* (*trichium* weniger), das besonders beim Abbau von Zellstoff (Zucker, ebenso Belebtschlamm + KH_2PO_4 usw.) auftritt. Ebenso liegt die Individuenzahl von *Vorticella* im Zellstoff- wie im Zucker-Abbau wesentlich höher.

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

Interessant erweist sich der Vergleich zwischen der „mittleren Häufigkeit"[1]) und den Werten des $KMnO_4'$-Verbrauchs beim Eiweiß- und Zucker-Abbau.

	000	KNO_3	NH_4Cl	KH_2PO_4	
Zucker	3961	561	3680	3431	$KMnO_4$ mg/l
	7	1641	0	448	„mittlere Häufigkeit"
Eiweiß	412	670	231	243	$KMnO_4$/mg/l
	46	580	1760	1248	„mittlere Häufigkeit"

Massenentwicklung einzelner Arten im NO_3-Ansatz beim Zuckerversuch entspricht ein guter Abbau (*Spirillum, Aspidisca, Uronema*) — spät einsetzend; beim Eiweiß-Versuch gilt ähnliches für NH_4- und PO_4-Ansatz (*Lembus*).

4.4. Vermischung von Probenansätzen

Bei Abwasser von Baden (3, 4) wurden hier Biozönosen von ± Belüftung sowie ± Belebtschlamm-Zusatz vermischt, um die Konstanz bzw. Veränderung der ursprünglichen Lebensgemeinschaften zu beobachten.

Tabelle 8. Ansatz im unbelüfteten Kleinversuch, nach 2 Wochen Abbauzeit (Baden 3), 5 Wochen (Baden 4).

Förderung beim Austausch:

Tabelle 8.[2])

	Wasser	Detritus	Wasser	Detritus
Nematoden		x	(x)	x
Acineria	x		x	
Colpoda	x		x	
Paramec. caud.			x	(x)
Paramec. trich.	x	(x)	x	(x)
Uronema	x	(x)	x	(x)
Vorticella		x		x
	gleiches Milieu (Wasser)	Umkehrförderung (Detritus)	gleiches Milieu (Wasser)	Umkehrförderung (Detritus)
	± Belüftung		± Belebtschlamm	

[1]) Gesamte Individuenzahl dividiert durch die Anzahl von Arten
[2]) In Klammern geringere Förderung

Die Aufstellung zeigt, daß sich hier mehr an Substrat (Schlamm, Detritusflocken) gebundene und hauptsächlich an den freien Wasserraum gebundene Organismen unterscheiden lassen.

Zu den Formen, die hauptsächlich mit dem Detritus in den Versuchsansatz mitgelangen, gehören Nematoden, die mit einer starken Vermehrung auf die Veränderung ansprechen, sowie auch *Vorticelliden*, die aber bei der Umstellung des Lebensraums meist geschädigt werden. Substratbezogenheit zeigen auch *Paramecium trichium* (anfänglich), noch mehr *Paramecium caudatum*, auf längere Sicht bestimmt jedoch vor allem die Wasserqualität die weitere Entwicklung[1]).

Die große Anpassungsfähigkeit der Nematoden erleichtert die starke Entfaltung bei etwa neu hinzugekommenen zusätzlichen Abbauvorgängen in den Schlammflocken.

Zu den vornehmlich an die Wasserqualität gebundenen Arten gehören die meisten frei schwimmenden Ciliaten (*Acineria*, *Uronema* — dieser Ciliat zeigt allerdings besondere Beziehung zu Abbauvorgängen).

Es zeigt sich eine starke Verstärkung der ursprünglichen Detritusbesiedlung bei Zusatz andersartigen Wassers. Die „Rhythmik" der Individuen-Entwicklung geht vom Wasser aus. Die Zugabe von neuen Arten durch Injektionen kleiner Detritusmengen bewirkt keine besondere Entfaltung dieser Hinzukömmlinge.

Die überwältigende Hauptmasse des Wasser-Detritus-Systems bestimmt die Besiedlung in ihrer qualitativen Zusammensetzung. Nicht dagegen wird die quantitative Relation erhalten. Hier zeigen einzelne Formen plötzliche Massenentwicklung (Detritusbewohner, wie Nematoden) und scheinen somit recht prompt auf die Veränderungen in der Umwelt anzusprechen. Jede tiefgreifende Veränderung der Umwelt wirkt somit ähnlich wie auch die am Anfang stehenden Abbau-Prozesse. Die Biozönose scheint somit bevor sie sich in ihren grundlegenden Wesenszügen verändert zunächst quantitative Verschiebungen durchzumachen, die eine ausgleichende Wirkung besitzen können („biozönotische Pufferung").

Sicher dürfte ein enger Zusammenhang mit der Bakterienvermehrung, die durch die Veränderung des Milieus eintritt,

[1]) Im Ansatz Baden 3 + PO_4 kam Paramecium trichium, im Ansatz Baden 3 + Schlamm + PO_4 kam Paramecium caudatum vor. Nach Vermischung beider Ansätze pendelten beide Arten trotz wesentlicher Abnahme ihrer Häufigkeit wieder auf ursprünglich bevorzugten Biotop ein, der durch den Wasserraum, nicht durch die zugesetzten Detritusflocken, gegeben war.

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

bestehen. Bei der Vermischung von Flocken und Wässern von verschiedenen Entnahmeorten (Baden, Traiskirchen) zeigt sich eine ähnliche Beeinflussung. Nematoden nehmen stark zu („ohne", NH_4, PO_4), im NO_3-Ansatz starben über 50% ab. Die Ciliatenbesiedlung nimmt gegenüber beiden Ausgangsansätzen ab. Am häufigsten bleibt noch *Uronema* („ohne", NO_3, PO_4). Bakterien nehmen stark zu, was durch die Störung des ursprünglichen Gleichgewichts zu erklären ist.

Tabelle 9. Abweichungen in IND/Präparat vom ursprünglichen Detritus (Baden 4), „ohne Salz" belüftet + Detritus (unbelüftet) und umgekehrt.

Tabelle 9.[1])

	„ohne Salz" belüftet + Detritus (unbelüftet)			
Bdelloidea	0	0	0	+45
Nematoden	+400	+230	−15	+25
Paramecium	+500	+70	0	0
Colpoda	—240	(1200)	0	0
Uronema	0	+50	+2000	0
Gesamt (Total)	1780	1550	2005	91
	nach 2 Tagen	nach 4 Tagen	nach 11 Tagen	nach 25 Tagen

	„ohne Salz" unbelüftet + Detritus (belüftet)	
Bdelloidea	0	+20
Nematoden	—100	—100
Acineria	0	+3500
Paramecium	—120	+900
Uronema	+430	+3500
Vorticella	+20	0
Amoeba	+20	0
Gesamt (Total)	580	7045
	nach 2 Tagen	nach 11 Tagen

[1]) 0 = totales Fehlen, in Klammern Ausgangshäufigkeit

4.5. Beeinflussung der einzelnen Arten durch die Salzzusätze

In Tabelle 10 wurden die Gesamthäufigkeiten der Arten errechnet, zusätzlich wurde noch die Zeit (Beginn bis Ende) des Auftretens nachgestellt. Unterbrechungen im Auftreten sind durch Beistriche festgehalten. Außerdem zeigen die graphischen Darstellungen (Abb. 6, 7) anschaulich die Verhältnisse.

An Hand der Reaktionen gegenüber den Salzzusätzen lassen sich ungefähr folgende „Typen" heraussehen, wobei hier zunächst andere wichtige Faktoren, wie Turbulenz (künstliche Belüftung) usw. nicht erwähnt werden (siehe S. 21ff.).

a) „Normalreaktion" (durchwegs Ciliaten): „ohne Salzzusatz" und „Phosphat" entsprechen einander in ihrer Wirkung auf die Organismen und erlauben annähernd ungehemmte Entwicklung. Dagegen hemmen Nitrat und noch stärker Ammoniumsalze außerordentlich. Die Arten treten mit Ausnahme von *Vorticella* sp. (während ganzer Versuchsdauer häufig) schon früh, ab dem 2.—3. Tag, auf.

Acineria incurvata:

Diese räuberische Art entwickelt sich annähernd parallel zu *Vorticella* (Nahrung!), zeigt sich gegenüber NH_4-Salzen sehr empfindlich (meist völlige Ausschaltung der Population), Nitrate bewirken dagegen bisweilen sogar eine Förderung, und zwar in dünnem Abwasser mit starker Ausgangspopulation in Sphaerotiluszotten.

Phosphat-Förderung zeichnet sich in Rohabwasser (Inzersdorf 2) und auch in stark mit Schwebstoffen belastetem, mechanisch gereinigtem Abwasser ab (Baden 4).

Vorticella microstoma:

Die Art ist gegenüber NH_4 nicht dermaßen empfindlich, die Population bleibt stets erhalten, nimmt bisweilen von der Nitratstufe her sogar zu (Maximum — Traiskirchen), vgl. *Acineria*. Starke Förderung im Phosphat-Ansatz über den Leerwert hinaus ergibt sich bei Baden 4 + Schlamm (doppelt belastet).

Colpidium colpoda:

Starkes Absinken bei Nitrat- und Ammonium-Zugabe (bei letzterer meist total). Nur bei Gärung (Baden 1) Nitrat-Förderung. Nur bei Rohabwasser (Inzersdorf 2) schwach ausgeprägter NH_4-Gipfel. Bei den Versuchen mit Belebtschlamm-Zusatz fehlend.

Colpoda sp.: Auftreten ähnlich Colpidium.

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

Glaucoma scintillans: Entsprechend, Phosphat weniger fördernde Wirkung.

Auch Bakterien zeigen meist einen Abfall bei Nitrat, allerdings einen Anstieg bei NH_4, der Phosphat-Einfluß ist sehr wechselnd.

b) „Etwas abweichender Normaltyp"

Uronema marinum:

Spätes Auftreten (2. Abbaugipfel, vgl. S. 6ff.), Verhältnisse dadurch komplizierter, da hier nicht nur die primäre Einwirkung des Salzes auf die Art, sondern eventuelle Umlenkungsvorgänge, Veränderungen des Abbau-Verlaufs mitspielen.

Uronema zeigt ein sehr ausgeprägtes „ohne Salz"-Maximum, selten einen Nitrat-Gipfel (Baden 4) sowie neben dem Leerversuch einen NH_4-Gipfel (Inzersdorf-Rohabwasser, unbelüftet). Im Phosphat-Ansatz steigt die Individuenzahl neuerlich stark an, ohne die Werte des Leerversuches zu erreichen. Nach einem NH_4-Gipfel scheinen die Phosphat-Populationen stärker abzufallen.

Bisweilen (Traiskirchen) scheint bei dünnem Abwasser sogar ein Phosphat-Minimum der Populationen auf.

Ein Nitrat- und Phosphat-Populationsgipfel, bei ausbleibender „ohne Salz"- und „NH_4"-Besiedlung zeigt sich bei Baden 4, während im dünneren Abwasser von „Baden 3" der Leerversuch, ein wenig der NO_3-Ansatz, als einzige schwächere Populationen aufweisen.

Die Ansätze mit Belebtschlamm-Zugaben (Baden 3, Baden 4) weisen Zunahmen der Besiedlung im Phosphat-Bereich auf.

c) „Übergangstypen"

Hier handelt es sich um Mikro- und in der Folge auch Makroorganismen, die heftig auf die besonders durch Zuführung der N-Salzkomponenten (Denitrifikation usw.) einsetzenden biochemischen Vorgänge reagieren und zum Abfangen der neu einsetzenden Abbauprozesse beitragen.

Bodo sp. (*Trepomonas* u. a. kleine farblose Flagellaten):

Vom Leerversuch („ohne Salz") Abfall zum Nitrat-Ansatz (selten Anstieg — Baden 2), im Ammonium-Ansatz, z. T. Anstieg (Mödling 3). Geringer Anstieg, z. T. auch Abfall im Phosphat-Ansatz, besonders auffallend bei hohen Zahlen im „ohne Salz"-Versuchsansatz.

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

Tabelle 10. Gesamt-Häufigkeiten der einzelnen Arten (/Zeit des Auftretens)

		Gesamtdauer (Tage)										
		/(119)	/(118)	/(35)	/(35)	/(73)	/(92)	/(15)	/(56)			
		Baden 3	Baden 3 + S	Baden 4	Baden 4 + S	Traiskirchen	Mödling 3	Mödling 3 + S	Rohwasser belüftet Inzersdorf 2	Rohwasser unbelüftet Inzersdorf 2	mechanisch belüftet Inzersdorf 2	mechanisch unbelüftet Inzersdorf 2
Bdelloidea (*Colurella*)	ooo	1/119	—	—	—	(20) 49/46—73	—	5/3	6/5—20	15/56	(5)/2	(5)/56
(+ *Lepadella*)	NO_3	2/41—119	—	15/35	—	18/73	1/92	—	22/56	70/20—56	(20) 40/22—56	—
	NH_4	—	—	—	—	—	5/92	—	—	—	5/22	—
	PO_4	30/41—119 (20/119)	100/44—118 (10/118)	296/3—35	45/35	5/73	(1) 30/15—92	20/3—6	(75) 240/20—56	(1000) 100/56	(40) 183/5—56	—
Nematoden	oo	16/41	25/44—118	57/8—35	207/8—20	55/46—73	142/6—15	50/3—6	36/5—56	20/20	75/5—22	10/22
(z. T. abgestorben)	NO_3	(68) 2/11—119	110/6, 118	262/8—35	1/3	70/13—46	395/6—92	25/6	86/5—56	25/56	186/2—56	—
	NH_4	(1043) 20/11—41	11/44—118	162/8—14	1/14	—	76/6—15	30/3—6	70/5—56	—	45/5	—
	PO_4	17/6—11, 119	345/6, 44—118	118/8—14 (35)	120/14—35	20/46—73	130/6—15	68/3—6	(110) 40/5—20	—	106/5—56	95/22—56
Acineria (*Lionot.*)	ooo	154/6—11	—	(10) 770/3—14 (35)	40/3—8	55/46—73	55/3—15	5/3	1220/2—20	800/5	95/2, 22	20/22
	NO_3	66/6	(1)/6	(20) 123/8—35	—	60/46—73	10/6	—	155/2—5	35/5—20	46/5—22	—
	NH_4	26/11	—	—	—	—	—	—	—	33/5	—	—
	PO_4	21/6—11	(31)/6, 44—118	1395/3—20	150/3—14	(30) 10/73	155/3, 15	1/3	3165/2—20	230/5—20	15/2,22	80/22
Aspidisca (*Euplotes*)	oo	2305/41—119	1050/6—118	—	—	30/46—73	—	20/6	—	—	—	(10/22)
	NO_3	25/119	1440/6—118	—	—	60/4—73	—	5/3	—	—	—	—
	NH_4	—	—	—	—	—	—	5/3	—	(35/20)	—	—
	PO_4	5/119	1330/6—11, 118	—	—	10/73	—	475/3—6	—	—	—	(10/5)
Colpidium (*Colpoda*)	oo	—	(10)/44	(10.900) 22/2 (14—35)	—	(20)/(13)	(25/3—6, 92)	—	3500/2	—	—	—
	NO_3	—	—	(20)/(14)	—	(10)/(13)	—	—	1200/2	70/5	—	—
	NH_4	—	—	—	—	—	—	—	9010/2—5	—	—	—
	PO_4	—	(5)/44	(10) 70/2—3 (14)	—	(10)/(13)	(10/92)	—	4280/2—5	1/56	—	—
Lembus	ooo	300/6	5/44	16/3	5300/3—8	10/46	—	—	—	—	—	—
	NO_3	25.080/6—11	75/6—11	418/3—8	1162/3—14	20/46	—	—	—	—	5/5	—
	NH_4	5500/6	180/6—11	2221/2—14	11.200/3—8, 20	—	590/3—15	—	800/5	—	330/5—22	—
	PO_4	25/41	—	10/3	—	10/46	—	—	—	—	—	—
Oxytrichidae	ooo	—	—	—	440/8	—	—	—	505/20—56	—	—	—
	NO_3	—	—	—	—	1/73	15/15	—	—	—	230/5, 56	—
	NH_4	—	—	—	1/14	30/13—46	—	—	—	—	25/22	—
	PO_4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15/22—56	15/22—56
Paramecium caudatum	o	—	—	—	—	(28) 133/13	—	—	—	—	(22/2)	550/5
(*P. trichium*)	NO_3	—	—	(15/35)	—	(10) 220/13	—	—	(20) 30/5	—	(75/2—5)	10/5
	NH_4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	PO_4	(16) 90/11—41 (11)	(1/6)	(2230/8—35)	552/8—35	(47) 67/13—46	(10/3)	10/3	—	(3600/20)	(786/2—56)	(550) 395/5—22
Uronema	oo	350/119	5000/118	—	—	11.500/46—73	5720/6—15	—	7000/2—5	2400/20	8300/5—22	50/22
	NO_3	100/119	600/118	1650/35	—	565/46—73	4405/15—92	—	3900/5—20	60/20	3056/5—22	2200/5—22
	NH_4	—	—	—	—	70/46	—	—	1720/5—20	2400/20	4260/5—22	—
	PO_4	—	500/118	1830/14—35	770/14—20	60/46—73	—	—	1800/20	1600/20	775/22	4600/22
Opercular. (*Epistyl.*)	oo	130/6—11	(110) 165/11	—	(510/2—3)	—	(15/15)	(2350/3—6)	—	—	—	15/5
	NO_3	—	(430) 40/6—44	—	—	10/13	—	(2500/3—6)	70/5	—	50/5	80/5
	NH_4	(10)/6—11	(240) 5/6—118	—	—	—	—	(580/3—6)	—	—	10/5	—
	PO_4	(20) 10/6—11	(45) 90/6—11	(400/14)	—	(10/13)	—	(2600/3—6)	—	—	50/5	30/5
Vorticella	oo	553/6, 41	180/6—44	5140/2—35	1720/2—8	50/13—73	240/3—6	300/3	720/2—5	—	880/2—5	40/5—22
	NO_3	54/6—11	10/44	713/2—35	982/2—8	40/13—46	120/3—6	—	350/2—20	25/5	340/2—22	5/22
	NH_4	132/6—41	—	—	120/2—3	220/13—46	10/6	55/3	165/2—20	70/5—56	25/2—5	—
	PO_4	375/6—11	15/11—44	327/8—20	4500/2—8	—	1595/3—6	—	135/2—5	—	2240/2—5	—
Amoeba	oo	25/11—119	—	4515/14, 35	—	10/46	234/3—15	—	—	—	—	—
	NO_3	—	—	5/14	—	35/46	214/3—15	—	5/5	220/20	—	—
	NH_4	—	330/118	160/14, 35	—	—	—	—	—	—	—	—
	PO_4	16/6	—	40/3, 14, 35	—	—	—	—	—	—	—	—
Euglypha (*Arcella*)	oo	—	(1/6)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	NO_3	6000/119	—	(1/14)	—	190/73	—	—	—	—	—	—
	NH_4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	PO_4	—	—	—	—	—	160/92	—	—	—	—	—
Podophrya	oo	—	—	—	—	5/46	—	110/3—6	—	—	—	—
	NO_3	—	1/6	80/8—14	—	20/46	—	35/3—6	—	—	—	—
	NH_4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	PO_4	—	1/6	200/8—20	—	—	—	15/3—6	—	—	—	—

Tabelle 10. Gesamthäufigkeiten (Fortsetzung) Flagellaten, Bakterien (Häufigkeit/Gesuchtes Feld)

		Gesamtdauer (Tage)										
		/119	/118	/35	/35	/73	/(92)	/(15)	/(56)			
		Baden 3	Baden 3 + S	Baden 4	Baden 4 + S	Traiskirchen	Mödling 3	Mödling 3 + S	Rohwasser belüftet Inzersdorf 2	Rohwasser unbelüftet Inzersdorf 2	mechanisch belüftet Inzersdorf 2	mechanisch unbelüftet Inzersdorf 2
Bodo sp.	ooo	802/6—11	—	344/2—35	7/3—14	2/13	42/3—6	18/3—6	90/2—20	1/5	32/2—5	1/22
	NO_3	21/6—11	—	91/2—35	24/2—3, 14	1/13	16/3—6, 92	9/6—15	24/2—5	1/5	20/2—22	—
	NH_4	31/6—11	—	72/2—14	2/2—3	—	80/3—92	3/3—6	40/5	3/5—20	12/2—5	—
	PO_4	6/6—11	9/6—41	93/2—8, 35	—	30/13—73	43/3, 15	12/3—6	23/2—5	—	40/2—22	—
Polytoma	oo	—	—	—	2/8—14	—	—	—	—	8/5	—	—
	NO_3	5/11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	NH_4	10/6	—	—	23/8—20	15/13	—	—	—	10/5—20	—	—
	PO_4	—	—	—	—	5/73	—	—	—	1/5	—	—
Trepomonas (Monad.)	oo	—	10/6—41, 118	—	5/2—3	2/46	—	8/3	—	1/5	27/2—5	1/5
	NO_3	—	0—1/118	—	5/2—3	—	2/92	—	3/5	4/5	1/22	4/22
	NH_4	—	0—1/118	—	—	1/46	1/92	—	—	—	1/22	—
	PO_4	—	0—1/118	—	14/2—3	—	100/3—6	1/3	5/5	—	—	—
Euglena (*Astasia*)	oo	1/6	(1/6)	—	10/2	—	(20/6)	—	5/5	—	1/2	10/22
	NO_3	1/6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	NH_4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	PO_4	7/6—11	1/118	—	—	—	(10) 200/3—6	10/15	25/5, 56	—	—	—
Spirillum	o	404/6—11	16/11—44	2/8—14	6/2—14	1—2/46	—	11/3—6	318/2—20	28/5—20	262/2—22	5/5
	NO_3	10/11	2/44	1/3	1/2	—	—	—	3/2—5	—	3/2	50/5
	NH_4	3/6	10/11—118	1/20	115/2, 8—35	51/13—46	30/3	43/3—15	11/5—20	26/5—20	2/22—56	—
	PO_4	2/6	—	1/3	9/3—8	1/13	23/3—15	2/3	590/2—5	43/5—20	65/2—22	8/5
Kurze Stäbchen	ooo	1500/6	360/6—11	12.050 /2—20	3060/2—8	30/13	80/3	80/3	20	50/5	—	50/5
	NO_3	50/6	20/6	1300/2—20	640/2—14	30/13	400/3—6	80/3	20	250/5	1000/5	50/22
	NH_4	50	603/6—44	2515/2—14	1700/2—8, 20	80/13	420/3—6	500/6	20	70/5	50/5	—
	PO_4	50/6	2040/6—11	1660/2—14	10.330/2—8	80/13	850/3	—	20	50/5	30/5	550/5—20
Lange Stäbchen	ooo	—	—	525/2, 8	150/3	—	—	—	—	—	—	—
	NO_3	—	—	60/2, 8	910/2—3, 14	—	20/3	6/3	—	—	—	100/5
	NH_4	—	—	100/3	100/2	—	—	30/3	—	—	—	—
	PO_4	—	—	110/3—8	600/2, 8	—	10/3	—	—	—	150/5	—
Zoogloea	oo	—	***/11	—	*/8—14	—	*/6	—	—	—	—	—
	NO_3	—	—	***/3, 14	**/8—14	—	—	*/6	—	—	—	—
	NH_4	—	—	***/3	*/8—14	—	—	—	—	—	—	—
	PO_4	—	***/6—118	—	*/8	—	—	**/6	—	—	—	—
Sphaerot.	oo	**/6—41	—	**/2–3, 14–35	**/2—14	**/73	**/6	*/6	***/2—5	**/5	*/2—22	*/5
	NO_3	**/6—11	—	***/2—3, 14	**/2—8	***/13	—	*/6	***/2—5	*/5	**/2—22	—
	NH_4	**/11—119	—	**/2—14	**/3—8	*/46	**/15	—	***/2	*/5	**/2, 22	—
	PO_4	**/41	—	*/2, 14	***/3—14	*/13	—	—	***/2	**/5	*/2	—
Beggiatoa	oo	*/6	***/44	—	—	***/13—46	—	—	—	—	—	—
	NO_3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	NH_4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	PO_4	*/6	***/6—44	—	***/14—35	***/13—46	—	—	—	—	**/22	*
Pilze	ooo	—	**/11—118	—		—	—	—	*/56	—	—	—
	NO_3	—	*/44—118	—	—	***/46—73	—	—	—	—	—	—
	NH_4	—	**/118	—	**/14	**/73	*/15	—	**/56	—	—	—
	PO_4	—	*/6	—	*/8	*/73	**/15	—	—	—	—	—
Algen (Chloroph. Diatom.)	ooo	*/119	—	—	—	—	*/92	—	—	*/56	***/22—56	**/56
	NO_3	—	—	—	—	—	***/92	—	—	***/56	***/22—56	*/56
	NH_4	—	*/118	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	PO_4	*/119	—	—	—	—	—	—	—	—	***/22—56	*/56

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

Abwässer mit hohem Feststoffgehalt (Baden 4, Traiskirchen) zeigen dagegen stärkeren Anstieg der Population im Phosphat-Ansatz.

Von den Bakterien ist hier besonders

Spirillum sp. zu erwähnen,
das einen starken Nitrat-bedingten Abfall gegenüber dem Leerversuch verzeichnet. Im Gegensatz dazu zeigt sich ein mitunter deutlicher Gipfel im $NH_4^{\cdot}$-Ansatz bei Abwässern hoher Feststoffbelastung (Traiskirchen, Baden 4 + Belebtschlamm, Mödling 3 + Belebtschlamm).

Aspidisca costata:

Empfindlich gegenüber Ammonium-Salzen, Feststoff-reiche Abwässer erfahren eine deutliche Nitrat-Förderung (Traiskirchen, Baden 3 + Belebtschlamm), in der Besiedlung mit diesem Ciliaten. Die Förderung im Phosphat-Ansatz vollzieht sich bei Anwesenheit von Belebtschlamm, an dessen Vorkommen *Aspidisca* häufig gebunden scheint.

Oxytrichidae (*Urostyla* sp., *Keronopsis* sp.):

Im Leerversuch besonders bei Schlammzusatz sehr häufig, in mechanisch geklärtem Abwasser mit geringerem Feststoffanteil zeigt sich Tendenz zu Nitrat-Maximum sowie auch zu abgeschwächtem Ammonium-Maximum (Traiskirchen). Die Turbulenzabhängigkeit ist hier besonders zu beachten, weil offensichtlich ein inniger Zusammenhang mit der Flockung und deren Abbau besteht (keine Bakterienfiltrierer, sondern auf größere Nahrung spezialisiert).

d) Nitrat-Förderung

Nematoden (*Diplogaster* sp., *Rhabditis* sp., *Paroigolaimella* sp.). Meist ab etwa dem 5. Tag hervortretend, zeigen bei Zusatz von Belebtschlamm einen allgemeinen Abfall der Individuenzahlen. Allgemeine Tendenz einer deutlichen Förderung bei Nitrat-Zusatz zu erkennen. $NH_4^{\cdot}$-Salz führt mitunter zu einer enormen Massenentwicklung, die aber durch das rasche Absterben juveniler Fadenwürmer gekennzeichnet ist (Baden 3), dagegen echtes Max. (Traiskirchen)[1]). Phosphat zeigt kaum Änderungen

[1]) Mit organischen Stoffen geringer belastetes Abwasser ermöglicht somit „echtes Maximum", während höhere Belastung Rückschläge bringt.

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

gegenüber dem Leerversuch, eher eine leichte Abnahme. Nur bei Zusatz von Belebtschlamm steigen die Individuenzahlen ebenfalls wie im Leerversuch stark an, während hier die N-Komponenten hemmen.

Testacea (*Euglypha* sp.):

Die Thekamöben zeigen einen besonders auffälligen Nitrat-Gipfel nach längerer Zeit (70 Tage usw.).

Sphaerotilus:

Zeigt mitunter Nitrat-Maximum, sonst eher kleine Beeinflussung.

Amoeba sp. (*Vahlkampffia* sp.):

Übergang zu NH_4-Förderung.

Teils Nitrat-, teils Ammonium-Gipfel (Traiskirchen, Inzersdorf, Mödling 3 bzw. Baden — vgl. Abwasserqualitäten S. 3ff.).

e) Ammonium-Förderung

Hier handelt es sich offensichtlich um ausgeprägte Spezialisten, die in diesem für viele Organismen giftig wirkenden Lebensraum besondere Massenentwicklungen verursachen.

Lembus sp.:

Scheint eine besonders typische Ciliaten-Art für belüftete NH_4-Ansätze zu sein. In unbelüfteten fehlt der Organismus meist.

Möglich scheint eine Bindung an mikrobiologisch-chemische Vorgänge.

Die Art scheint ebenfalls an das Vorhandensein hoher Belastung des Abwassers mit N-Verbindungen gebunden (Baden — vor allem). Interessant scheint das Überwechseln auf den Nitrat-Ansatz (Baden 3) nach einem kurz vorangegangenen kleineren NH_4-Maximum.

Phosphat-Zusatz bedeutet hier eindeutig eine wesentliche Hemmung.

f) Phosphat-Förderung

Rotatoria (Bdelloidea, *Philodina* sp., *Rotaria* sp. sowie *Lepadella* sp. und *Colurella* sp. Ab 20. Tag des Versuchsansatzes meist ein ausgeprägtes Phosphat-Maximum, das wegen der Regelmäßigkeit seines Auftretens sehr auffällig ist. Dabei zeigt sich bisweilen ein Nitrat-Nebengipfel. Der Anstieg im Phosphat-Ansatz tritt

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

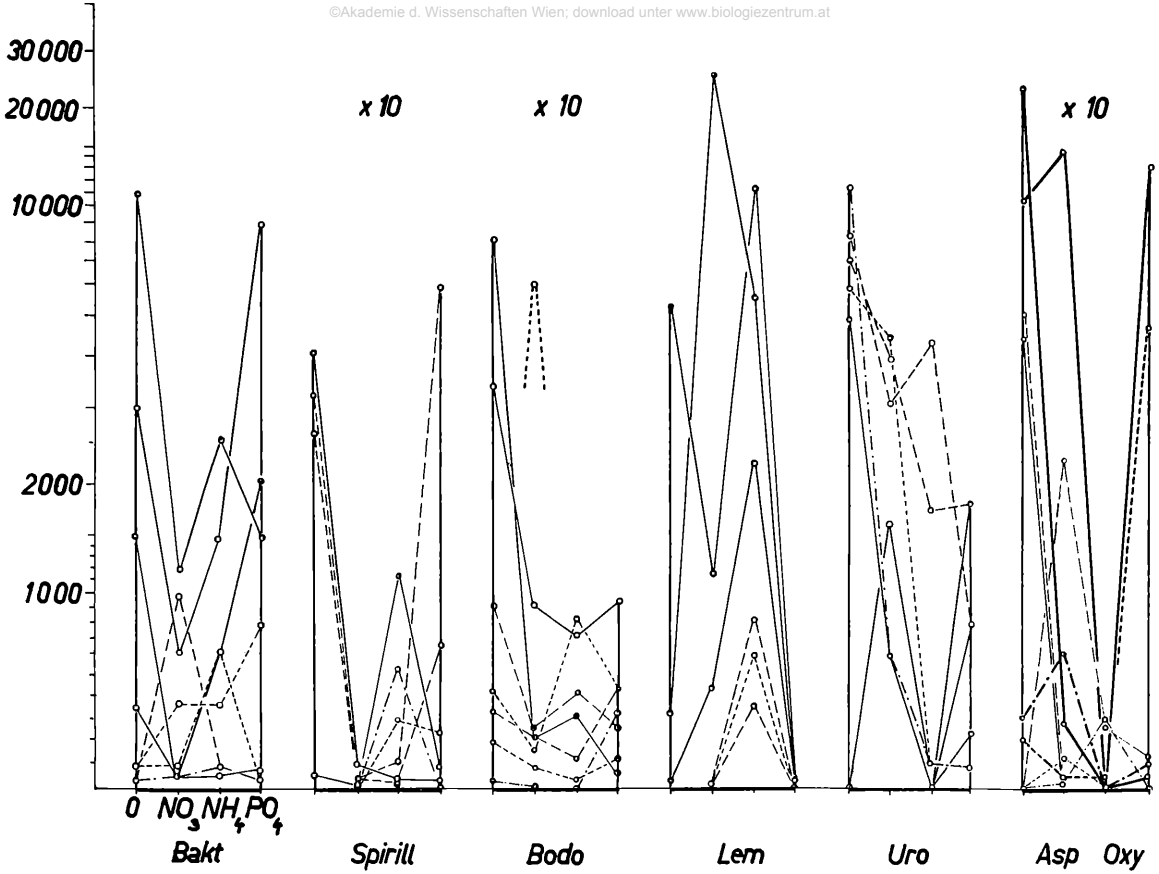

Abb. 6: Häufigkeiten der einzelnen Arten (Ordinate) pro mikroskopischem Präparat beziehungsweise Gesichtsfeld (siehe Methodik):
volle Linie — Baden (1—4); strichliert — Inzersdorf (mechanisch gereinigt, Rohabwasser); kurz strichliert — Mödling (3); strichpunktiert — Traiskirchen (Rohabwasser).
Von links nach rechts sind dargestellt:
Bakterien (Stäbchen), je Gesichtsfeld; *Spirillum* (×10), je Gesichtsfeld; *Bodo* (×10), je Gesichtsfeld; *Lembus*, je Präparat; *Uronema*, je Präparat; (starke Linie) *Aspidisca* (×10), je Präparat; (dünne Linie) Oxytrichidae (×10), je Präparat.

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

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

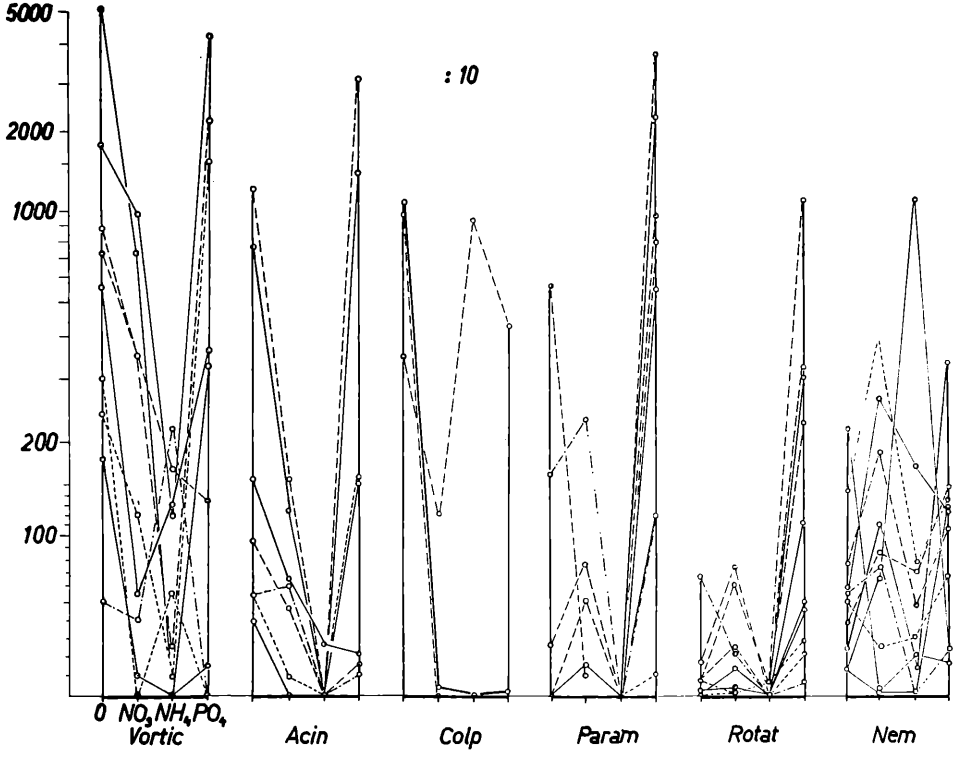

Abb. 7: Häufigkeit der einzelnen Arten (Ordinate).
Von links nach rechts sind dargestellt:
Vorticella, je Präparat; *Acineria*, je Präparat; *Colpidium* (:10), je Präparat; *Paramecium* (*caudatum* + *trichium*), je Präparat; Rotatorien, je Präparat; Nematoden, je Präparat.

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

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

Tabelle 11.

	Inzersdorf 2				Mödling 3			
	belüftet		unbelüftet		belüftet		unbelüftet	
	Rohwasser	mechanisch	Rohwasser	mechanisch	mechanisch	m. + S	mechanisch	B. Schlamm
Bdelloidea	268 (o, NO_3PO_4)	228 ($NO_3NH_4PO_4$)	185 (o, NO_3PO_4)	—	36 ($NO_3NH_4PO_4$)	25 (o, PO_4)	45 (NO_3)	270 (o, NO_3PO_4)
Colurella, Lepadella	75 (PO_4)	65 (o, NO_3PO_4)	1.000 (PO_4)	5 (o)	1 (PO_4)	—	—	260 (PO_4)
Nematoden	232 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	45 (o, NO_3)	412 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	105 (o, PO_4)	743 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	173 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	10 (NO_3)	205 (o, PO_4)
Acineria	4.540 (o, NO_3PO_4)	156 (o, NO_3PO_4)	1.098 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	100 (o, 80)	220 (o, NO_3PO_4)	6 (o, PO_4)	260 (PO_4)	10 (o)
Aspidisca	—	—	—	—	—	505 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	—	440 (o)
Euplotes	—	—	35 (NH_4)	20 (o, PO_4)	—	—	110 (NO_3)	—
Colpidium	17.990 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	—	71 (NO_3PO_4)	—	—	—	—	—
Colpoda	—	—	—	—	35 (o, PO_4)	—	20 (NO_3)	3.000 (o)
Lembus	800 (NH_4)	335 (NO_3NH_4)	—	—	590 (NH_4)	—	—	—
Oxytrichidae	505 (o)	270 ($NO_3NH_4PO_4$)	—	15 (PO_4)	15 (NO_3)	—	145 (NO_3)	—
Paramecium trichium + *caudatum*	50 (NO_3)	885 (o, NO_3PO_4)	3.600 (PO_4)	1.110 (o, NO_3PO_4)	10 (PO_4)	10 (PO_4)	690 (PO_4)	5 (PO_4)
Uronema	14.420 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	18.391 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	6460 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	6.850 (o, NO_3PO_4)	10.125 (o, NO_3)	—	23.225 (NO_3PO_4)	85 (PO_4)
Vorticella	1.370 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	3.485 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	220 (NO_3)	—	1.965 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	355 (o, NH_4)	—	1.260 (o, PO_4)
Amoeba	5 (NO_3)	—	220 (NO_3)	—	448 (o, NO_3)	—	—	—
Bodo (*Polytoma*)	177 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	104 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	4 (18) (o, NO_3NH_4)	1 (o)	181 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	42 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	45 (NO_3PO_4)	20 (o)
Spirillum	922 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	332 (o, $NO_3NH_4PO_4$)	97 (o, NO_3PO_4)	605 (o, NO_3PO_4)	53 (NH_4PO_4)	56 (o, NH_4PO_4)	12 (NO_3PO_4)	1.038 (o)

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

auch ohne Belüftung auf. Belebtschlamm-Zusatz reduziert die Besiedlung, bei Traiskirchen zeigt sich ein Abfall im Leerversuch.

Paramecium (*caudatum*, *trichium*):

Phosphat-Gipfel in belüfteten und unbelüfteten Versuchsansätzen. Nitrat-Nebengipfel bei Belüftung (Traiskirchen — dünnes Abwasser mit hoher Ausgangsbesiedlung — Nitrat-Gipfel)[1]).

Bei unbelüfteten Ansätzen zeigt sich dagegen ein Abfall „ohne Salz" und bei Nitrat.

NH_4-Zugabe wirkt bei *Paramecium* im Sinne einer totalen Ausschaltung der Population (vgl. Bick 1966).

Euglena sp. (*Astasia* sp. eher „ohne Salz"):

Nebengipfel „ohne Salz", regelmäßiges Maximum im Phosphat-Ansatz (ähnliche Wirkung auf andere assimilierende grüne Algen).

Beggiatoa

Scheint durch Phosphatzugaben wesentlich gefördert, tritt besonders über dem sich im schwach belüfteten Ansatz (PO_4) bildenden Faulschlamm stark auf (Nebengipfel „ohne Salz").

4.6. Beeinflussung der Biozönose durch die Wasserturbulenz (künstliche Belüftung)

Neben der Verschiebung des Artengefüges und der Artenentwicklung durch Düngesalz-Zugaben, erweist sich auch durch die jeweilige Wasserturbulenz eine nachhaltige Auswirkung auf die Biozönose.

Hier sollen noch die Gesamthäufigkeiten (Salz, Maxima) herausgestellt werden.

In belüfteteten und unbelüfteten Ansätzen (Baden 5, Rohabwasser $KMnO_4$-Verbrauch = 270 mg/l, mechanisch gereinigtes Abwasser $KMnO_4$-Verbrauch = 230 mg/l) (Siehe Tab. 2) ohne Salzzusätze konnten ebenfalls beträchtliche vornehmlich quantitative Verschiebungen durch den Belüftungseinfiuß beobachtet werden. Zählungen nach 12 und 17 Tagen ergaben: (Siehe Tab. 13).

[1]) Vgl. Nematodenbesiedlung.

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

Tabelle 12. Aus dieser Aufstellung ergibt sich für die einzelnen Arten: (Summe aller Individuen in den aufgezählten Versuchsansätzen)

Tabelle 12.

	belüftet	(Baden 4) ohne Salze	nicht belüftet	(Baden 4) ohne Salze
Bdelloidea	557 (PO_4)	—	500 (NO_3, PO_4)	—
Colurella *Lepadella*	141 (PO_4)	—	1265 (PO_4)	—
Nematoden	1193 (NO_3)	35	732 (o, NO_3, PO_4)	370
Acineria	4922 (o, PO_4)	60	568 (o, PO_4)	85
Aspidisca (Belebtschlamm)	505 (PO_4)	—	440 (o)	—
Euplotes	—	—	165 (NO_3, NH_4)	—
Oxytrichidae *(Urostyla)*	790 (o, NO_3)	—	160 (NO_3, PO_4)	—
Colpidium	17990 (o, NO_3 NH_4PO_4)	—	71 (NO_3)	—
Colpoda	35 (o, PO_4)	9450	3020 (o)	—
Lembus	1725 (NH_4)	—	—	—
Paramecium	955 (PO_4)	—	5405 (o, PO_4)	760
Uronema	42936 (o)	—	36620 (o, NO_3)	10
Vorticella	7175 (o, PO_4)	2760	1480 (o, NO_3)	—
Amoeba	453 (o, NO_3)	4515	220 (NO_3)	—
Bodo[1])	504 (o, NH_4, PO_4)	17	70 (NO_3, NH_4)	15
Spirillum[1])	1363 (o, NH_4, PO_4)	1	1752 (o, PO_4)	—

Der Feststoffanteil spielt hier anscheinend, wie schon mehrfach erwähnt, eine äußerst wichtige Rolle.

Rohabwasser und vorgereinigtes Abwasser unterscheiden sich hinsichtlich der Reaktion der Abbau-Biozönosen auf das Fehlen bzw. Vorhandensein einer starken Wasserturbulenz. Dabei sind vor allem die ersten Stunden und Tage bedeutend, gegen Versuchsende (mehrere Wochen) zeigten sich auch Differenzen, wenn schon mehrere Tage keine Belüftung mehr vorgenommen worden war.

[1]) Häufigkeit je Gesichtsfeld bei 300facher Vergrößerung.

Tabelle 13.

	Rohabwasser		mechanisch gereinigt	
	belüftet	unbelüftet	belüftet	unbelüftet
Nematoden	6	—	6	—
(Colurella) Bdelloidea	(1)1	—	—	—
Acineria	450	210	6	450
Vorticella	1400	750	800	1100
Amoeba	10	—	—	—
(Polyt.) Bodo	20	(40)	1	20
Spirillum	—	15	30	350

So betrug die *Acineria-* und *Vorticella*-Population (etwa dreimal so viel *Vorticella*) im belüfteten Rohabwasser etwa das Doppelte des unbelüfteten Versuchs. Im vorgereinigten Abwasser waren beide Populationen im unbelüfteten Ansatz wesentlich größer.

Ähnliches gilt für kleine Flagellaten (*Bodo* sp.), nicht für *Polytoma*. *Spirillum* dominiert in beiden Abwässern im unbelüfteten Ansatz, was ganz mit den Ergebnissen der vorhergegangenen Versuche übereinstimmt.

Bei Betrachtung der einzelnen Arten ergibt sich ein deutliches Übergewicht jener, die positiv auf künstliche Belüftung reagieren: *Nematoden* (Nitrat); *Acineria* („ohne Salz", Phosphat) — besonders deutlich; Oxytrichidae (*Urostyla, Keronopsis*) — („ohne Salz", weniger NO_3); *Colpidium* (alle Varianten, besonders NH_4) — besonders deutlich; *Lembus* (NH_4) — ausschließlich; *Vorticella* („ohne Salz", Phosphat) — deutliches Übergewicht; *Bodo* sp. („ohne Salz", weniger NH_4, PO_4) — deutliche Reaktion.

Ziemlich ähnliche Häufigkeit im belüfteten und unbelüfteten Ansatz (wenig Reaktion auf Belüftung) zeigten:

Bdelloide Rotatorien (*Philodina, Rotaria*) — belüftet PO_4, unbelüftet NO_3), unter Umständen auch Nematoden[1]).

Aspidisca costata (Belebtschlamm-Form) — (belüftet PO_4, unbelüftet „ohne").

Uronema marinum (belüftet „ohne Salz", unbelüftet NO_3, „ohne").

Besonders *Uronema* tritt in der späteren (zweiten) Abbauphase hervor. Alle diese Arten hatten ein geringes Übergewicht im belüfteten Ansatz.

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

Im unbelüfteten Ansatz häufiger waren:
Lepadella (PO_4)
Euplotes (NO_3, NH_4)
Colpoda („ohne Salz")[1])
Paramecium caudatum, *P. trichium* (PO_4, weniger „ohne Salz")
Spirillum („ohne Salz", PO_4), z. T. auch im belüfteten Ansatz häufiger.

Hinsichtlich der Wirkung der Salzzusätze läßt sich im unbelüfteten Ansatz eine Tendenz zum Ausweichen auf den Nitrat-Ansatz hin feststellen, wobei besonders die Besiedlung des NH_4-Ansatzes unterdrückt ist. Ausnahmen sind *Euplotes* und *Bodo*, die beide allerdings ebenfalls im NO_3'-Versuch häufiger sind, dennoch im NH_4-Bereich vorkommen. Der offensichtliche NH_4-Milieu-Spezialist — *Lembus* — fehlt in den unbelüfteten Ansätzen.

Besonders ausgeprägt ist das Vorkommen im unbelüfteten NO_3'-Ansatz bei:
Bdelloidea (neben PO_4)
Nematoden (neben „ohne Salz", PO_4)
Euplotes (neben NH_4)
Oxytrichidae (neben PO_4)
Colpidium (ausschließlich)
Uronema (neben „ohne Salz")
Vorticella (neben „ohne Salz")
Amoeba (ausschließlich)
Bodo (neben NH_4)
Es fehlen in den unbelüfteten NO_3'-Ansätzen:
Lepadella (PO_4)
Colurella (PO_4)
Acineria („ohne Salz", PO_4)
Colpoda („ohne Salz")
Paramecium („ohne", PO_4)
Spirillum („ohne", PO_4)

Es besteht demnach ein Gegensatz zum Phosphat-Ansatz. Die Bindung mancher Formen an den Phosphat-Ansatz scheint vor allem durch das Auftreten schwarzen Faulschlamms, damit auch von Schwefelbakterien (*Beggiatoa*) gegeben, der sich in unbelüfteten Ansätzen stärker bildet. Je höher der Anteil organischer Feststoffe (Rohabwasser), desto negativer wirken sich die Salzzusätze (auch Nitrat) auf die Besiedlung aus (vgl. Tabelle 12).

[1]) Baden 4 („ohne Salze")-Ansatz verzeichnete eine große, nur im belüfteten Ansatz (Tab. 14) vorkommende Population von *Colpoda*, während hier Nematoden bei fehlender Belüftung häufiger waren.

Gut sichtbar ist dies bei *Acineria* (PO_4), *Vorticella* (alle Ansätze), Oxytrichidae, *Uronema* (besonders NO_3-Ansatz). Dagegen nimmt die Zahl von *Lepadella* (PO_4), *Paramecium* (PO_4), *Amoeba* (NO_3) wesentlich gegenüber dem belüfteten Ansatz zu.

Die Zusammenhänge zwischen Turbulenz (besonders in den ersten Tagen des intensiv einsetzenden Abbaus) und der Wirkung[1]) einzelner mineralischer Komponenten sind demnach sehr kompliziert, es lassen sich aber deutlich gewisse „Typen" herausarbeiten. Es scheint die Zahl der Spezialisten wesentlich höher zu liegen, als angenommen, die „Verschachtelung" der Abbauvorgänge sehr komplex zu sein.

Tabelle 14.

Wirkung steigender Salz-Zusätze auf die Biozönose (Gesamthäufigkeiten).

1. Bei Belüftung (Baden 4 — mechanisch gereinigtes Abwasser) 6 Untersuchungen, 35 Tage.

		KNO_3			NH_4Cl	KH_2PO_4	
		1 g/l	2 g/l	4 g/l	2 g/l	2 g/l	4 g/l
Bdelloidea	—	10	20	—	—	296	1
Nematoden	57	225	380	261	162	33	201
Acineria	780	168	68	10	—	25	2.090
Colpidium	22	—	—	—	—	21	110
Colpoda	10.900	—	20	—	—	10	—
Lembus	16	34	904	310	2.821	—	10
Paramecium trichium	—	—	15	—	—	—	2.230
Uronema	—	1.500	—	1.800	—	40	3.600
Vorticella	5.200	988	660	403	—	385	260
Epistylis	—	—	—	—	—	640	160
Podophrya	—	140	—	21	—	200	—
Amoeba	4.515	5	—	5	160	20	20
Bodo	344	83	85	76	72	104	71
Spirillum	2	—	1	—	1	1	—
Stäbchen	12.000	1.300	260	10	2.500	1.600	1.200

[1]) Oxydative Wirkung von Nitrat (Ausweichen einzelner Arten bei Schlammzusatz).

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

2. Unbelüftet (Inzersdorf, Rohabwasser). 3 Untersuchungen, 56 Tage.

		KNO_3		NH_4Cl + KH_2PO_4	KH_2PO_4
		1 g/l	6 g/l	2 g/l	2 g/l
Bdelloidea	15	45	55	—	100
Lepadella	—	—	—	—	1.000
Nematoden..	20	35	15	—	—
Acineria	800	35	—	33	230
Chilodonella	5	15	—	—	—
Colpidium	—	70	—	—	1
Euplotes	—	—	—	35	—
Paramecium trichium	—	—	—	—	3.600
Uronema	2.400	100	20	2.400	1.600
Vorticella	—	25	—	50	—
Amoeba	—	220	—	—	—
Bodo	1	—	1	3	—
Trepomonas	1	4	—	—	1
Chlamydomonas	8	—	—	8	1
Spirillum	28	—	—	26	43
Stäbchen	50	150	350	70	50

Die Art und Konzentration des Abwassers an organischen Verbindungen spielt eine bedeutende Rolle, weil damit die Art und Menge der Feststoff-Flockung zusammenhängt. So kommen Arten (*Colpoda*) meist gerade im unbelüfteten Ansatz vor, weichen bei hoher Belastung mit absetzbaren Stoffen in den belüfteten Ansatz aus (Baden 4).

Nematoden scheinen dagegen ausgerechnet derartige organische Flockung in unbelüfteten Ansätzen zu besiedeln, ebenso *Paramecium* (*trichium*). *Vorticella* dominierte im belüfteten Ansatz, während *Acineria* ebenso wie *Lionotus* die Neigung zum Auftreten von Zwergformen zeigte (Bick 1967) und keine klare Abhängigkeit von der Belüftung erkennen ließ.

Steigende Salzzusätze (KNO_3, KH_2PO_4) zeigten neben der Belüftung ebenfalls eine Beeinflussung im Vorkommen der Organismen (Tabelle 14). Auf steigenden Nitratgehalt (1—4 mg/l) im belüfteten Versuch reagierten Bdelloidea bis 2 mg/l positiv, Nematoden positiv (max. 2 mg), *Uronema* eher positiv, ebenso *Lembus* (max. 2 mg/l).

Dagegen *Acineria*, *Vorticella*, Bakterien mit einer deutlichen Abnahme (undeutlich bei *Podophrya*, *Bodo*, *Amoeba*).

Steigender Phosphatgehalt (2—4 mg/l) zeigte eindeutig fördernde Wirkung bei Nematoden, *Acineria*, *Colpidium*, *Paramecium trichium*, *Uronema*, während
Bdelloidea, *Vorticella*, *Epistylis*, *Podophrya*, *Bodo*, *Spirillum* und Bakterien-Stäbchen abnahmen.

Im unbelüfteten Ansatz (anderes Abwasser) erwiesen sich Nitratmengen bis 6 mg/l gegenüber 1 mg/l als fördernd bei:
Bdelloiden, Bakterien, sonst durchwegs hemmend (besonders bei *Acineria*, *Colpidium*, *Uronema*, *Vorticella*, *Amoeba*, Nematoden).

Zusatz von Phosphat zum NH_4Cl-Ansatz ermöglichte Acineria, *Euplotes*- auch sonst NH_4-Form —, *Uronema*, *Vorticella*, *Bodo*, *Monaden*, *Spirillum*, stärkere Entfaltung.

Im Phosphatansatz sind hier besonders Rotatorien (vor allem *Colurella*, Bdelloidea), *Acineria*, *Paramecium trichium*, *Uronema* und *Spirillum* besonders häufig.

5. Zusammenfassung

Die Beeinflussung von Abbau und Biozönose städtischer Abwässer bei Zusatz verschiedener Salze (KNO_3, $Ca(NO_3)_2$, NH_4Cl, KH_2PO_4, in Mengen von 2 g/l, in einzelnen Ansätzen auch in kleineren und größeren Quantitäten) wurde untersucht, ebenso in Zusammenhang damit die Wirkung der künstlichen Belüftung (Wasserturbulenz).

Während der Weinlesezeit ergab sich eine deutliche Beeinflussung durch Nitrate, die offensichtlich durch Bremsung der Gärung einen besseren Abbau ermöglichten. Gleiches zeigte sich bei Zusatz von Zucker. Ebenso war der p_H-Wert angehoben. NH_4Cl wirkte sich auf Abbau und Besiedlung meist außerordentlich hemmend aus, verursachte ein auffallendes Absinken des p_H. Allerdings ergab sich bei Zusatz von Fleischbouillon als Eiweißkonzentrat gerade hier eine Förderung des Abbaus, wenn für ausreichende Belüftung gesorgt wurde.

Primäres Phosphat wirkte zunächst auf Grund seiner chemischen Struktur ansäuernd, im Verlauf der Abbauprozesse stieg das p_H dann fast immer wieder an, was durch die fördernde Wirkung auf diese Vorgänge gedeutet wird. Hier glich der Phosphat-Ansatz sehr dem Kontrollversuch ohne Salzzugaben, nur erfuhr die Faulschlammbildung eine wesentliche Verstärkung, damit auch das Auftreten von Schwefelbakterien. Allgemein läßt sich somit bei stärkerer Belastung durch organische Stoffe ($KMnO_4$-

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

Verbrauch über 200—300 mg/l), namentlich bei hohem Gehalt an Kohlehydraten und Gärungstendenz, eine günstige Beeinflussung durch Nitrate erkennen. Das Flockungssediment bleibt stets braun, die Bildung von schwarzem Faulschlamm wird weitgehend hintangehalten (oxydative Wirkung). Die Entwicklung der Organismen wird eher gebremst, während sie durch Zusatz von Phosphat beschleunigt wird. Ebenso steigert Phosphat den Abbau organisch schwach belasteter Abwässer, wenn man von der erwähnten Zunahme von Faulschlamm absieht. Außerordentlich entscheidend auf die Ausbildung der Biozönose wirken Menge und Struktur der Schwebstoffe, die vor allem durch Denitrifikationsvorgänge bei Zusatz von Nitraten beeinflußt werden. Ebenso bewirkt Nitrat meist eine leichte Verminderung der Flockung. Mit zunehmender Belastung des Abwassers mit organischen Stoffen steigt die Beeinflussung durch Zusätze verschiedener Düngesalze naturgemäß an, vor allem durch Stickstoff-hältige Zugaben. Im belüfteten NH_4Cl-Ansatz ergeben sich Massenentwicklungen sehr spezifisch scheinender Ciliaten (Lembus sp.).

Bei Betrachtung der Gesamt-Individuenzahlen lassen sich bei höher belasteten Abwässern zwei Organismen-Gipfel erkennen, wobei die zweite Phase vorwiegend durch Abbau der während der ersten Phase entstandenen biogenen Flockung zustande kommt (*Uronema marinum* — als Begleitform). Hier weist der Versuch ohne Salze die höchsten Individuenzahlen auf.

Im Falle schwächer belasteten Abwassers, auch Rohabwasser mit hoher Ciliaten-Ausgangsbesiedlung, stiegen die Individuenzahlen gleichmäßig gegen den zweiten Abbau-Individuen-Gipfel hin an. Es wurden hier nur die schon vorhandenen Sphaerotilusflocken abgebaut.

Der Einfluß sekundärer Verunreinigungen durch Absterben zu plötzlich einsetzender Massenentwicklungen diverser Mikroorganismen ist sehr groß, gerade dabei spielen Düngesalze in steuernder Funktion mit. Hohe Individuendichte bedingt in der Regel keine sichtbare Abbaubeeinflussung, sie deutet eher auf spezifische Abbauvorgänge, die das Gesamtsystem nur langsam verändern. Allerdings zeigen sich beim Abbau reiner Zucker- und Eiweißansätze doch Zusammenhänge.

Bei belüfteten Ansätzen von Belebtschlamm ergaben sich nach Zusatz von Nitrat und Phosphat Zunahmen häufig vorkommender Arten (*Aspidisca*). Der Zusatz von Belebtschlamm zu mechanisch gereinigtem Abwasser verursachte qualitative und quantitative Umschichtungen innerhalb der Biozönose, wobei die Mehrzahl der Organismen abnehmende Tendenz zeigte. Die Vermischung von

Probenansätzen verschiedener Probenansätze nach bereits mehrwöchiger Aufstellung ließ erkennen, daß die einzelnen Biozönosen vor einer totalen Umstellung gewisse quantitative Umschichtungen durchmachen, die auf einen Art ausgleichenden „Puffereffekt" des Systems hindeuten. Der Haupteffekt geht hiebei vom Wasseranteil aus, der vor allem die Ciliatenbesiedlung beeinflußt, während Bewohner des Sediments (Nematoden) auf die Umstellung mit starker Vermehrung reagieren.

Hinsichtlich der Reaktion der einzelnen Arten gegenüber den verwendeten Salzen ließen sich folgende Unterscheidungen treffen:

Arten mit „Normalreaktion" (Nitrat-Hemmung, Ammonium-Hemmung, Phosphat entspricht dem Ansatz ohne Salze) — *Acineria incurvata*, *Vorticella microstoma*, *Colpidium colpoda*, *C. campylum*, *Uronema marinum*.

„Übergangstypen" (teilweise Nitrat-Häufigkeit, beziehungsweise Ammonium-Gipfel) — *Bodo saltans*, *Spirillum* sp., *Aspidisca costata*, Oxytrichidae.

„Nitrat-bevorzugende" Arten — *Amoeba* sp., *Arcella* sp., *Euglypha* sp., Nematoden.

„Ammonium-bevorzugende" Arten — *Lembus* sp. (nur bei Belüftung).

„Phosphat-bevorzugende" Arten — *Beggiatoa alba*, *Euglena* sp., *Paramecium caudatum*, *Paramecium trichium*, Bdelloidea, *Colurella* sp., *Lepadella* sp.

Sehr groß ist der Einfluß der durch die Belüftung bewirkten Wasserturbulenz, er wirkt sich in einer starken Zunahme der Besiedlung bei Belüftung aus (quantitative Zunahme und Umschichtungen). Außerdem ist ein „Ausweichen" einzelner Arten in Richtung Nitratansatz zu beobachten, wenn nicht belüftet wird. Dies wird durch die „oxydative Wirkung" auf das System erklärt.

Summary

The influence of different salt additions to common sewage, decomposition and biocenotic changes was studied (KNO_3, $Ca(NO_3)_2$, NH_4Cl, KH_2PO_4, doses of 2 g/l) as well as the effect of aeration (turbidity of water). During time of vintage nitrates showed a remarkable influence to sewage-samples, which gave good decomposition by reducing fermentation, p_H grew alkaline. The same occured when sugar was added.

NH_4Cl disordered decomposition, p_H grew acide. Otherwise it advanced decomposition in an aerated attempt with meat-bouillon.

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

Prime phosphate gave first acide reaction as a result of its chemical structure, during the experiment p_H rose, which is stated as result of advanced biological processes. The phosphate-experiment equalized most the control-water without salts, except formation of putrid sludge, accompanied by sulphure-bacteria.

Higher organic vastation of sewage, especially a high quantity of C-hydrates with fermentation-tendency, seems to be well affected by nitrates. Sediment was always brown without putrid sludge formation (oxydative effect). It limits the development of organismns, while phosphate advances biological process and gives good effect to decomposition, when the procentage of organic matter is low. Otherwise putrid-sludge forms.

Quantity and structure of suspended organic patikels influences the biocenotic development in a very important way, especially denitrificational processes. The flocculation is reduced as a result of nitriate addtion.

The more organic substances are soluted, the more important is the infiuence of nutritive salts, first of all of N-combines, which effect for instant a maximal development of *Lembus* sp. in NH_4Cl-experiment. Usually two maximum amounts of organisms occur, the second amount is caused by the decomposition of organic flocculation (accompanied with *Uronema marinum*). It has highest number of individuals when no salt is added.

When procentage of organic matter in sewage is low and colonization is already high at the start of the experiment, the populations ascend in a constant line to second maximum, untill the old Sphaerotilus flocks are decomposed.

Secondary pollutions regulated to a greater deal by nutritive salts seems to be very significant.

High density of colonization is not connected with better decomposition, it is more possible the effect of specific processes which have little influence to whole system. Clear connexions between these facts occur, when sugar or protein is added.

During aeration of activated sludge samples reinforced the populations of specific ciliata (*Aspidisca*) when nitrate or phosphate was added. On the other hand decreased most of the species and occasioned qualitative and quantitative disarrengements with in the biocenosis in additional experiments of activated sludge to sewage.

The mixture of test charges, after a several-weeks arranging, proved that the single biocenosis before a total conversion suffer a certain shifting as to quantity. The main effect starts from the water-portion of the experiment (*Ciliata*), the conversion (change

of position) favours the development of detritus-living organisms (Nematodes). With regard to the reaction of the different species in present of salts you may distinguish:

Species with "standard reaction" (decrease when nitrate or ammonium is added, phosphate equalizes experiment without salts) *Acineria incurvata*, *Vorticella microstoma*, *Colpidium colpoda*, *C. campylum*, *Uronema marinum*.

"Shifting reaction" (sometimes nitrate- sometimes ammonium-maximum of populations) *Bodo saltans*, *Spirillum* sp., *Aspidisca costata*, Oxytrichidae.

"Nitrate-prefering" species — *Amoeba* sp., *Arcella* sp., *Euglypha* sp., Nematodes.

"Ammonium-prefering" species — *Lembus* sp. (only in aerated samples).

"Phosphate-prefering" species — *Beggiatoa alba*, *Euglena* sp., *Paramecium caudatum*, *P. trichium*, Bdelloidea, *Colurella* sp., *Lepadella* sp.

The influence of turbidity (aeration) is very important, first of all effects an increasing of population (quantitative displacement of biocenosis). Equally you state a change to the nitrate-charge of the not aerated experiment, which can be explained by the mentioned oxydative operating.

Literaturverzeichnis

AMBÜHL, H. (1966): Der Einfluß chemischer Düngung auf stehende Oberflächengewässer. — Gas- u. Wasserfach 107, 357—363.

BEGER, H. (1966): Leitfaden der Trink- und Brauchwasserbiologie. 2. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 104ff.

BIFFL, W. (1967): Belastung, Betrieb und Kläreffekt der mechanisch-biologischen Kläranlage der Kurstadt Baden. — Österr. Wasserwirtschaft 19, 89—94.

BICK, H. (1966): Ökologische Untersuchungen an Ciliaten des Saprobiensystems. — II. Verh. In Verein. Limnol. 16, 845—853.

— (1967a): Vergleichende Untersuchungen der Ciliatensukzession beim Abbau von Zellstoff in marinem Brackwasser und athalassogenem Brackwasser vom Typ der Kaliwerksabwässer. — Hydrobiologia 29, 185—204.

— (1967b): Vergleichende Untersuchung der Ciliatensukzession beim Abbau von Pepton und Cellulose. — Hydrobiologia 30, 353.

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

MECHSNER, K. & K. WUHRMANN (1963): Beitrag zur Kenntnis der mikrobiellen Denitrifikation. — Path. Microbiol. 26, 579—591.

REMANE, A. (1940): Einführung in die zoologische Ökologie der Nord- und Ostsee. In GRIMPE, G., Die Tierwelt der Nord- und Ostsee, Ia.

SCHMITZ, W. (1956): Salzgehaltsschwankungen in der Werra und ihre fischereilichen Auswirkungen. — Jb. Wasser 23, 113—136.

WENINGER, G. (1964): Jahreszyklus der Biozönose einer modernen Tropfkörperanlage. — Wasser- u. Abwasser, Beitr. zur Gewässerf. IV (Wien), 96—167.

— (1967): Impfungsversuche an synthetischem Abwasser. — Ges. Ing. 10, 317—320.

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: Untersuchungen zur Düngesalzbeeinflussung von Abbau-Biozönosen. 1-32