

Protokoll zum Fachkurs

Planktonökologie
(Zooplankton)

Anikó Horváth¹, Christiane Pfeiffer²,
Regina Pokoj, Till Biskup³

26. März 2001

¹anikoh@t-online.de

²chrismarty@web.de

³till.biskup@physik.hu-berlin.de

Inhaltsverzeichnis

Einführung	1
Aufgabenstellung	1
1 Nahrungsaufnahme durch Daphnien	2
1.1 Versuchsziel	2
1.2 Durchführung	2
1.3 Daten	2
1.4 Ergebnis	4
1.5 Auswertung	6
2 Überlebensrate von Zooplanktern bei Fütterung verschiedener <i>Microcystis</i>-Stämme	7
2.1 Versuchsziel	7
2.2 Durchführung	7
2.3 Ergebnis	7
2.4 Auswertung	7
3 Ingestionsraten und Assimilationseffizienz von Daphnien nach Fütterung mit toxischen und nichttoxischen <i>Microcystis</i>-Stämmen	8
3.1 Versuchsziel	8
3.2 Durchführung	8
3.3 Berechnungen	8
3.4 Ergebnis	9
3.5 Auswertung	10
4 Einfluß von Zooplanktern auf fädige Algen	11
4.1 Versuchsziel	11
4.2 Durchführung	11
4.3 Ergebnis	11
4.4 Auswertung	11
5 Nachweis der Phosphatregeneration durch Zooplankter bei Verwendung immobilisierter Zellen	13
5.1 Versuchsziel	13
5.2 Durchführung	13
5.3 Ergebnis	13
5.4 Auswertung	13
6 Ermittlung der Filtrier- und Ingestionsraten sowie Selektivität der Futteraufnahme durch Pigmentanalyse des Futters	15
6.1 Versuchsziel	15
6.2 Durchführung	15
6.3 Berechnungen	15
6.4 Ergebnis	16
6.5 Auswertung	18

Einführung

Zielstellung: Methodenspektrum zur Erfassung grundlegender Regulationsmechanismen von Phyto–Zooplankton Wechselwirkungen in Gewässerökosystemen. Regulation der Nahrungsaufnahme durch Zooplankter. Bestimmung der Ingestions– und Assimilationsraten von Daphnien unter dem Einfluß verschiedener Futteralgen. Wirkungen der Futteraufnahme. Nährstofffreisetzung durch Fraß des Zooplanktons.

Aufgabenstellung

1. Beobachten Sie die Nahrungsaufnahme durch Daphnien und ermitteln Sie Parameter, die die Nahrungsaufnahme regulieren.
2. Bestimmen Sie die Überlebensrate von Zooplanktern bei Fütterung verschiedener *Microcystis*–Stämme.
3. Ermitteln Sie Ingestionsraten und die Assimilationseffizienz von Daphnien nach Fütterung mit toxischen und nichttoxischen Stämmen von *Microcystis aeruginosa*.
4. Ermitteln Sie den Einfluß der Zooplankter auf fädige Algen.
5. Weisen Sie die Phosphatregeneration durch Zooplankter bei Verwendung immobilisierter Zellen nach.
6. Bestimmen Sie Filtrier– und Ingestionsraten und die Selektivität der Futteraufnahme durch Pigmentanalyse des Futters.

1 Nahrungsaufnahme durch Daphnien

1.1 Versuchsziel

Ermittlung der Parameter, die die Nahrungsaufnahme der Daphnien beeinflussen und regulieren.

1.2 Durchführung

Der prinzipielle Versuchsaufbau folgte der Beschreibung in der Versuchsanleitung. Es wurden jedoch nur jeweils niedrige und hohe Konzentrationen der Algenarten *Scenedesmus* und *Planktothrix* vermessen, nicht reine Nährlösung. Aus Zeitgründen wurde nicht in jedem Fall die in der Versuchsbeschreibung angegebene Anzahl der Messungen eingehalten.

Der Versuch erfolgte als Vierfach-Bestimmung an vier verschiedenen Tieren, von denen nur zwei die gesamte Versuchszeit überlebten.

1.3 Daten

Es bedeuten: FF — Filtrierfrequenz, MR — Mandibelrate, SR — Schluckrate, RH_t — tiefe Bewegung mit der Furkalklaue, RH_f — flache Bewegung mit der Furkalklaue

Tier 1 — <i>Scenedesmus</i> : 1 mm ³ /l												
Meßgröße	x										\bar{x}	s_x
FF t/sec	27	28	28	28	28	24	23	22	23	25	23	4
FF t/sec	18	25	25	23	21	19	20	18	17	21		
MR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	136	154	137	143	145	137	141	127	109	150	138	13
SR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	22	22	20	27	24	30	24	25	26	20	24	3
RH_t $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	18											
RH_f $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	42											

Tier 1 — <i>Scenedesmus</i> : 10 mm ³ /l												
Meßgröße	x										\bar{x}	s_x
FF t/sec	21	31	30	25	23	25	30	23	27	33	27	4
FF t/sec	25	27	25	34	27							
MR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	118	133	104	113	122	133	123	118	126	129	122	9
SR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	19	20	20	24	25	19	24	21	22	17	21	3
RH_t $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	23											
RH_f $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	44											

Tier 1 — <i>Planktothrix</i> : 1 mm ³ /l												
Meßgröße	x										\bar{x}	s_x
FF t/sec	17	20	23	19	18	26	18	20	20	21	20	3
FF t/sec	21	22	20	18	16							
MR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	195	176	183	162	181						179	12
SR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	31	26	26	27	32						28	3
RH_t $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	21											
RH_f $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	26											

Tier 1 — <i>Planktothrix</i> : 10 mm ³ /l												
Meßgröße	x										\bar{x}	s_x
FF t/sec	14	16	21	22	22	21	18	23	20	19	19	3
FF t/sec	17	16	21	20	17							
MR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	209	193	187	200	196						197	8
SR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	39	35	33	42	37	42	36	36	38	40	38	3
RH_t $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	40											
RH_f $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	33											

Tier 2 — Scenedesmus: 1 mm ³ /l												
Meßgröße	x										\bar{x}	s_x
FF t/sec	28	25	37	33	27	25	30	26	28	30	29	4
MR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	118	107	126	129	105	122	124	116	119	121	119	8
SR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	16	17	20	16	17	17	18	16	20	16	17	2
RH _t $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	14											
RH _f	50											

Tier 2 — Scenedesmus: 10 mm ³ /l												
Meßgröße	x										\bar{x}	s_x
FF t/sec	20	25	26	24	25	31	25	25	26	27	25	3
MR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	172	156	168	159	151	134	127	128	103	110	141	24
SR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	6	7									6	1
RH _t $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	15											
RH _f	30											

Tier 2 — Plankothrix: 1 mm ³ /l												
Meßgröße	x										\bar{x}	s_x
FF t/sec	15	19	16	19	19						18	2
MR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	152	135	149	145	151						146	7
SR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	11	16	11	14	11						13	2
RH _t $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	32											
RH _f	40											

Tier 2 — Plankothrix: 10 mm ³ /l												
Meßgröße	x										\bar{x}	s_x
FF t/sec	20	16	20	22	18	20					19	2
MR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	133	140	154	150	148	147	133	143	140	138	143	7
SR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	15	15	18	10	11	16	9	10	13	15	13	3
RH _t $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	37											
RH _f	38											

Tier 3 — Scenedesmus: 1 mm ³ /l												
Meßgröße	x										\bar{x}	s_x
FF t/sec	20	21	20	22	23	22	20	22	22	20	21	1
MR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	100	73	70	68	69	78	65	67	72	75	74	10
SR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	28	25	24	28	22	24	23	25	28	22	25	2
RH _t $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	3											
RH _f	14											

Tier 3 — Scenedesmus: 10 mm ³ /l												
Meßgröße	x										\bar{x}	s_x
FF t/sec	30	24	23	27	25	26	27	29	30	24	26	3
MR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	165	141	143	138	114	95	130	137	135	130	133	18
RH _t $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	14											
RH _f	28											

Tier 3 — Plankothrix: 1 mm ³ /l												
Meßgröße	x										\bar{x}	s_x
FF t/sec	24	22	25	21	21	20	23	21	25	23	22	2

Tier 4 — <i>Scenedesmus</i> : 1 mm ³ /l												
Meßgröße	x										\bar{x}	s_x
FF t/sec	29	32	31	35	31	27	28	30	31	32	31	2
MR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	160	163	174	170	174	154	171	180	143	160	165	11
SR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	24	28	25	24	21	27	19	22	22	18	23	3
RH _t $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	25											
RH _f	44											

Tier 4 — <i>Scenedesmus</i> : 10 mm ³ /l												
Meßgröße	x										\bar{x}	s_x
FF t/sec	23	24	28	23	24	22	25	24	24	22	24	2
MR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	112	140	183	170	160	156	147	157	150	155	153	19
SR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	20	33	24	17	17	24	18	12	12	16	19	6
RH _t $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	33											
RH _f	19											

Tier 4 — <i>Plankothrix</i> : 1 mm ³ /l												
Meßgröße	x										\bar{x}	s_x
FF t/sec	22	29	27	26	27	24	25	25	26	24	25	2
MR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	146	166	160	148	180						160	14
SR $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	36	22	23	18	18						23	7
RH _t $x \cdot (2 \text{ min})^{-1}$	17											
RH _f	38											

1.4 Ergebnis

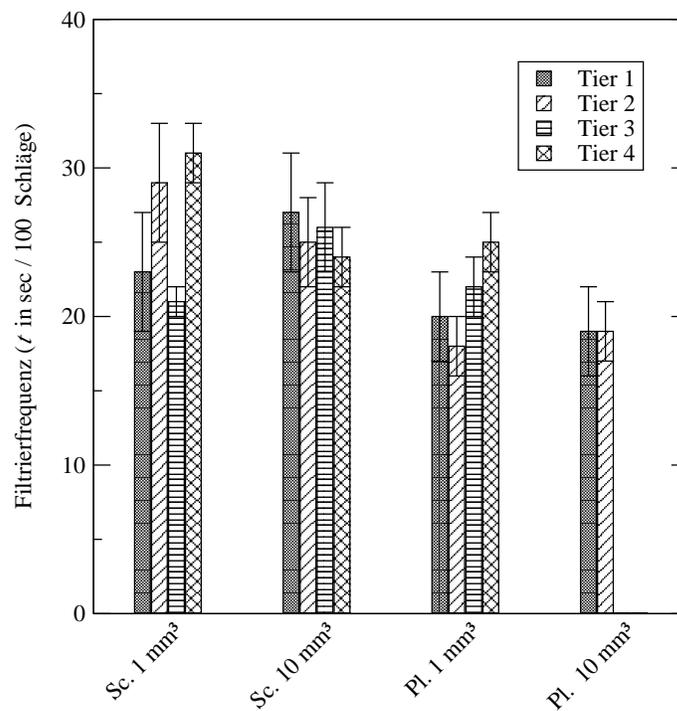


Abbildung 1.1: Filtrierfrequenz in Abhängigkeit von Algengröße und -Konzentration

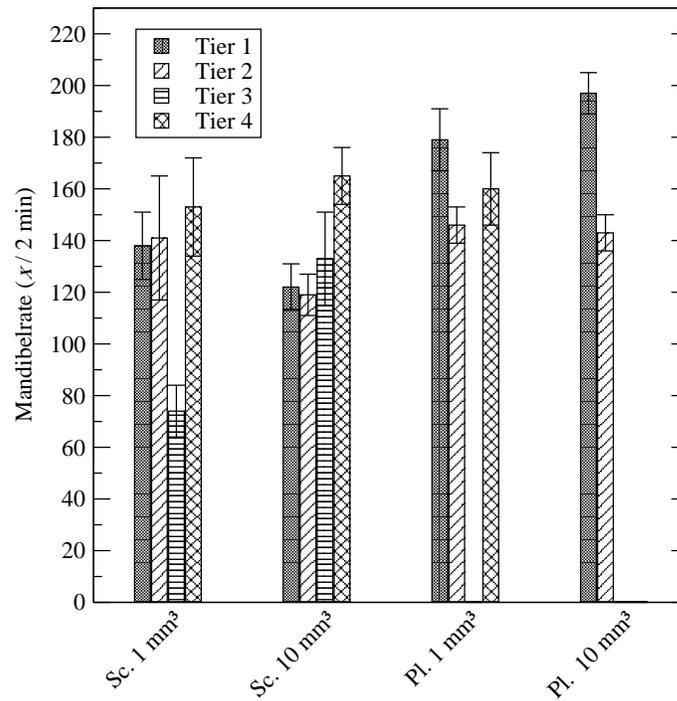


Abbildung 1.2: Mandibelrate in Abhängigkeit von Algengröße und -Konzentration

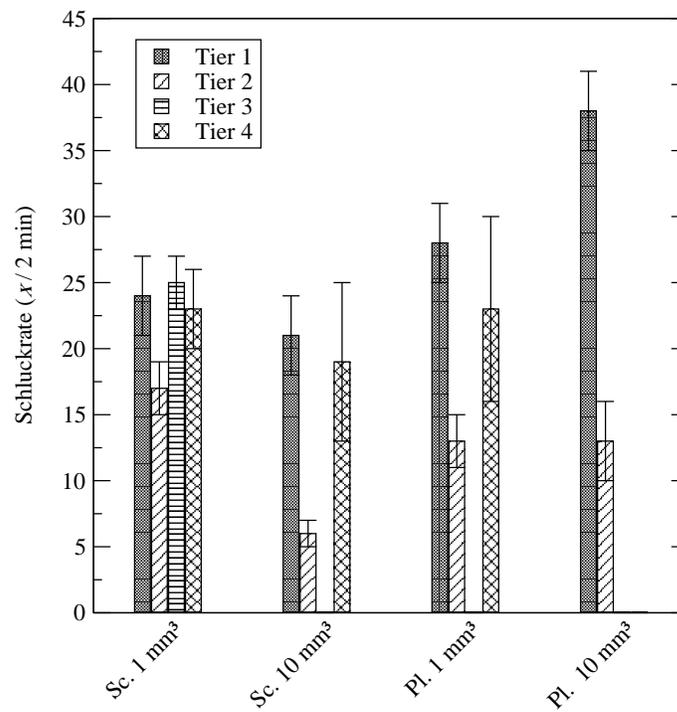


Abbildung 1.3: Schluckrate in Abhängigkeit von Algengröße und -Konzentration

1.5 Auswertung

Filterfrequenz Das Problem bei der Messung der Schlagfrequenz der Blattfüße war deren Geschwindigkeit, die oft über der maximalen Zählgeschwindigkeit eines Menschen lag. Daher sind die ermittelten Werte nur sehr eingeschränkt dazu geeignet, Schlüsse zu ziehen.

Der theoretische (und durch Versuche mit verbessertem Aufbau erhaltene) Befund entspräche einem linearen Anstieg der Schlagfrequenz mit der Futterkonzentration bis zu einem Maximalwert (Sättigung) und evtl. bei hohen Konzentrationen einer geringfügigen Absenkung.

Ein wesentlich besserer experimenteller Aufbau ist mit einer gekühlten Durchflußzelle zu erreichen, die konstante Bedingungen für das Tier ermöglicht, gekoppelt mit der Videoaufzeichnung der Bewegungen. Das ermöglicht durch Veränderung der Abspielgeschwindigkeit sehr genaue Zählungen der Schlagfrequenz.

Mandibelrate Während die Mandibelrate bei *Scenedesmus quadricauda* theoretisch mit zunehmender Konzentration leicht ansteigt, ist bei *Planktothrix* mit höherer Konzentration ein leichtes Absinken zu erwarten, da der Filtrierapparat durch die langen Algenfäden behindert wird, was den Zeitbedarf erhöht. Im Versuch war dieser theoretische Befund allerdings nicht signifikant meßbar.

Schluckrate Ist die Schluckrate bei *Scenedesmus* theoretisch positiv mit der Konzentration korreliert, konnte im Versuch nur das Gegenteil festgestellt werden. Lediglich bei *Planktothrix* trat eine solche positive Korrelation zwischen Konzentration und Schluckhäufigkeit auf.

Rejektionsrate Das Problem der Bestimmung der Rejektionsrate war die stark subjektive Entscheidung zwischen flacher und tiefer Bewegung der Furkalklaue. Sollte bei *Scenedesmus quadricauda* die Reinigungsfrequenz theoretisch mit zunehmender Konzentration ansteigen (die Versuchsergebnisse legen eher das Gegenteil nahe, sind aber stark uneinheitlich), ist bei *Planktothrix* grundsätzlich keine Abhängigkeit feststellbar.

Fazit Der vorgegebene Versuchsaufbau war nicht dazu geeignet, reproduzierbare, für eine Auswertung geeignete Ergebnisse zu produzieren. Ein Vorschlag für einen verbesserten Versuchsaufbau mit gekühlter Durchflußzelle wurde bereits bei der Auswertung der Filterfrequenz beschrieben.

2 Überlebensrate von Zooplanktern bei Fütterung verschiedener *Microcystis*-Stämme

2.1 Versuchsziel

Untersuchung der Wirkung der *Microcystis*-Toxine auf das Überleben von Zooplanktern.

2.2 Durchführung

Die Durchführung der Experimente folge der Versuchsbeschreibung, es kamen Copepoden zum Einsatz.

2.3 Ergebnis

Überlebensrate / %

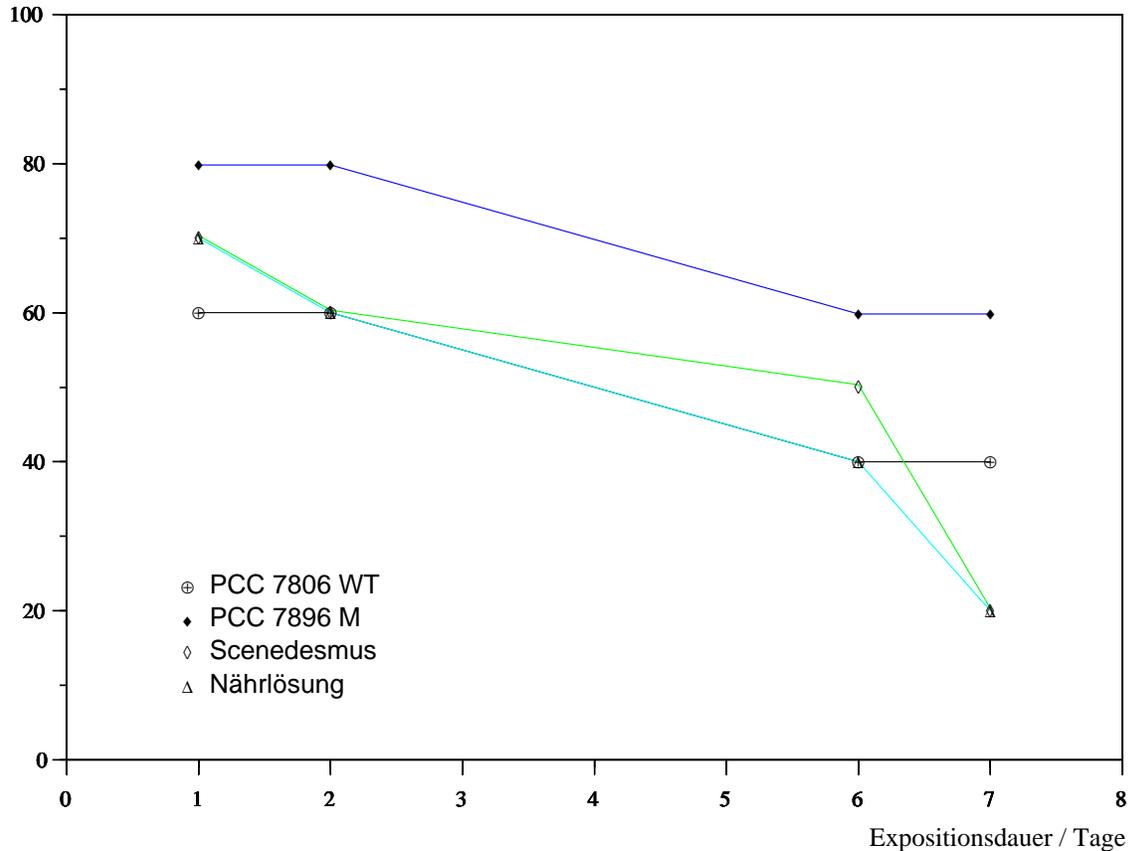


Abbildung 2.1: Überlebensrate der Copepoden in Auftrag der Expositionsdauer

2.4 Auswertung

Eine Auswertung der Versuchsergebnisse fällt schwer, zumal die Versuchsergebnisse nicht nur unerwartet, sondern bezüglich der sehr geringen Überlebensrate in der Nährlösung nur wenig glaubhaft sind. Auch der hohe Prozentsatz toter Tiere nach den ersten 24 Stunden (bis zu 40% bei *Scenedesmus*) läßt auf Verbesserungsbedarf in der Versuchsdurchführung schließen, hier insbesondere beim Übertragen der luftempfindlichen Tiere in die jeweilige Lösung.

Eine weitere Fehlerquelle könnte die Schwierigkeit des genauen Zählens der Individuen in den Versuchsansätzen gewesen sein. Für auswertbare Ergebnisse sind weitere Versuche unerlässlich.

3 Ingestionsraten und Assimilationseffizienz von Daphnien nach Fütterung mit toxischen und nichttoxischen *Microcystis*-Stämmen

3.1 Versuchsziel

Erkenntnisse über den Mechanismus der Unterscheidung zwischen toxischen und nichttoxischen Blaualgen-Stämmen durch *Daphnia*.

3.2 Durchführung

Für die Durchführung vergleiche die Beschreibung in der Versuchsanleitung.

	Verdünnung	
	1:10	1:20
Standard	0.045	0.190
	0.325	0.190
	0.325	0.190
Mittelwert:	0.045	0.190
ΔE :	0.285	0.145

Tabelle 3.1: Extinktionsmessung für PCC 7806 (WT)

Konzentrationsbestimmung PCC 7806 (WT)

Biovolumen/Zellkonzentration für *Microcystis* PCC 7806 (WT)

$$c(\text{PCC 7806 (WT)}) = 41.84 \cdot E \quad [c] = \frac{\text{mm}^3}{l} \quad (3.1)$$

Verdünnung	$c / \text{mm}^3 \cdot l^{-1}$
1:10	11.9244
1:20	6.0668

Tabelle 3.2: Konzentrationen von PCC 7806 (WT)

Verhältnisgleichung zur Bestimmung des Mischverhältnisses

$$\frac{11.9244}{20} = \frac{\frac{1}{10}}{\frac{1}{x}} = \frac{x}{10} \quad x = 5.9622 \quad (3.2)$$

3.3 Berechnungen

Ingestionsraten

Volumen T_{V_i} eines Tieres (*Daphnia galeata*) der Länge L_i in mm^3

$$T_{V_i} = 0.052 \cdot L_i^{2.529} \quad (3.3)$$

Ingestionsversuch		Assimilationsversuch	
Skalenteile	Länge / mm	Skalenteile	Länge / mm
65	1.625	57.0	1.425
82	2.050	60.0	1.500
70	1.750	58.0	1.450
58	1.450	70.0	1.750
75	1.875	65.0	1.625
64	1.600	59.0	1.475
80	2.000	53.0	1.325
80	2.000	55.0	1.275
78	1.950	70.0	1.750
68	1.700	64.0	1.600
Mittelwert:	72	Mittelwert:	61.1
	1.800		1.5275

Tabelle 3.3: Größe der Daphnien aus dem Ingestions- (Vial 22) und Assimilationsversuch (Vial 26)

Gesamtvolumen TV der Tiere eines Versuches

$$TV = \sum_{i=1}^n TV_i \quad (3.4)$$

Ingestionsrate I

$$I = \frac{DPM_{ZI} \cdot c \cdot 60}{DPM_{PI} \cdot t \cdot TV \cdot 1000} \quad (3.5)$$

Assimilationskoeffizient

$$I - E = \frac{DPM_{ZA} \cdot c \cdot 60}{DPM_{PA} \cdot t \cdot TV \cdot 1000} \quad (3.6)$$

Assimilationskoeffizient AQ

$$AQ = \frac{I - E}{I} \cdot 100 \quad (3.7)$$

3.4 Ergebnis

Mit den Gleichungen (3.3) und (3.4) ergibt sich das Gesamtvolumen TV_i der Tiere des Ingestionsversuches (Vial 22) zu

$$TV_i = 2.351 \text{ mm}^3$$

und das Volumen TV_a der Tiere des Assimilationsversuches (Vial 26) zu

$$TV_a = 1.547 \text{ mm}^3$$

Setzt man die beiden Werte in die Gleichungen (3.5) und (3.6) ein, berechnet sich der Assimilationsquotient AQ nach Gleichung (3.7) zu

$$AQ = 83.64 \%$$

3.5 Auswertung

Auch wenn die Werte für die Assimilationsquotienten der Gruppen stark unterschiedlich waren (Gruppe 3: ca. 23%), sind theoretisch keine Unterschiede zwischen dem toxischen und nichttoxischen Stamm festzustellen, da für die Selektivität der Futteraufnahme die äußere Schleimschicht entscheidend ist, die einerseits nicht direkt mit der Toxizität korreliert und andererseits bei den beiden hier verwendeten Stämmen identisch ist. (Die beiden Stämme unterscheiden sich nur in der bei der Mutante ausgeschalteten Toxin-Produktion.)

Da die verwendete Meßmethode der Flüssigkeits-Szintillationsmessung an sich relativ empfindlich ist, kommen für die stark differierenden Ergebnisse nur Fehler und Ungenauigkeiten bei der Versuchsdurchführung in Frage. Die größte Fehlerquelle war vermutlich das Einsetzen der Daphnien in die Lösung, da diese extrem luftempfindlich sind. Weiter kommt eine nicht ausreichende Durchmischung der Algensuspension in Frage.

Realistische Werte für den Assimilationsquotienten (AQ) liegen um 50%, aber auch die im Versuch gemessenen Werte in einem Bereich von 83–23% sind möglich.

4 Einfluß von Zooplanktern auf fädige Algen

4.1 Versuchsziel

Darstellung des Einflusses von Zooplanktern auf fädige Algen hinsichtlich der Trichomlänge und davon abhängig der Fraßhäufigkeit.

4.2 Durchführung

Die Durchführung erfolgte gemäß der Beschreibung in der Versuchsanleitung. Für den Versuch wurden Daphnien eingesetzt.

4.3 Ergebnis

Für die Darstellung der Ergebnisse vergleiche die Abbildungen 4.1 und 4.2.

<i>Limnothrix</i>				<i>Planktothrix</i>			
	Tag 0	Tag 1	Tag 2		Tag 0	Tag 1	Tag 2
0.01–0.03	156	47	11	0.01–0.50	100	72	71
0.04–0.06	193	116	21	0.51–1.00	28	21	7
0.07–0.09	87	79	11	1.01–1.50	13	16	8
0.10–0.12	46	45	8	1.51–2.00	13	8	1
0.13–0.15	28	19	3	2.01–2.50	10	4	0
0.16–0.18	20	7	3	2.51–3.00	4	3	1
0.19–0.21	12	8	2	3.01–3.50	4	0	1
0.22–0.24	4	2	0	3.51–4.00	2	1	0
0.25–0.27	3	3	0	4.01–4.50	1	0	0
0.28–0.30	1	0	0	Σ	175	125	89
Σ	550	326	59				

Tabelle 4.1: Klassenaufteilung der Trichomlängen

4.4 Auswertung

Ein erster Einfluß der Daphnien auf die Algen läßt sich an dem Rückgang der Gesamtzahl abgemessener Algen im Verlauf der drei Tage feststellen. Dabei nahm die Anzahl von *Limnothrix* deutlich stärker ab (bis auf ein Zehntel der ursprünglichen Zahl) als die von *Planktothrix* (auf etwa die Hälfte) — ein erster Hinweis auf die leichtere Verwertbarkeit der grundsätzlich kürzeren *Limnothrix* durch die Daphnien.

Auch die maximal gemessene Länge einer einzelnen Alge hat für beide Algenarten über die Zeit auf jeweils ca. $\frac{2}{3}$ abgenommen. Insgesamt betrachtet nahm die Zahl langer Trichome im Verlauf des Versuchs deutlich ab. Offensichtlich wurden die langen Trichome von den Daphnien zerkleinert und diese dann gefressen. Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten für die Daphnien, die Länge der Trichome zu verkürzen: einerseits durch Fraß, andererseits durch das Zerbrechen bei der Filtrierbewegung bzw. dem Auswerfen mittels der Furkalklaue.

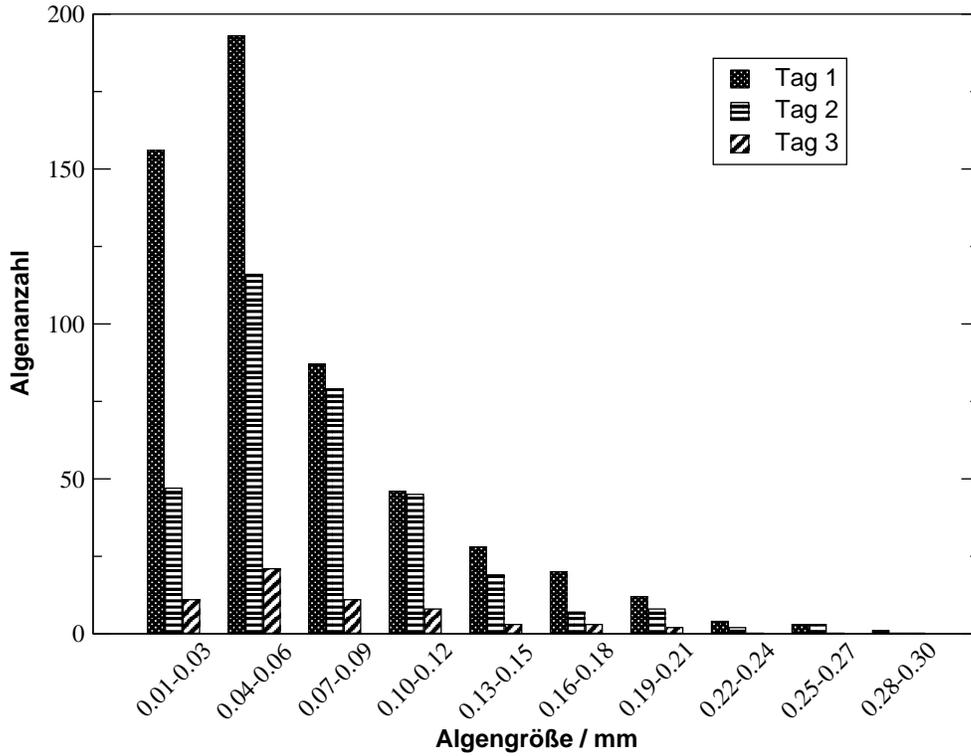


Abbildung 4.1: Veränderung der Trichomlänge von *Limnithrix* während des Versuches

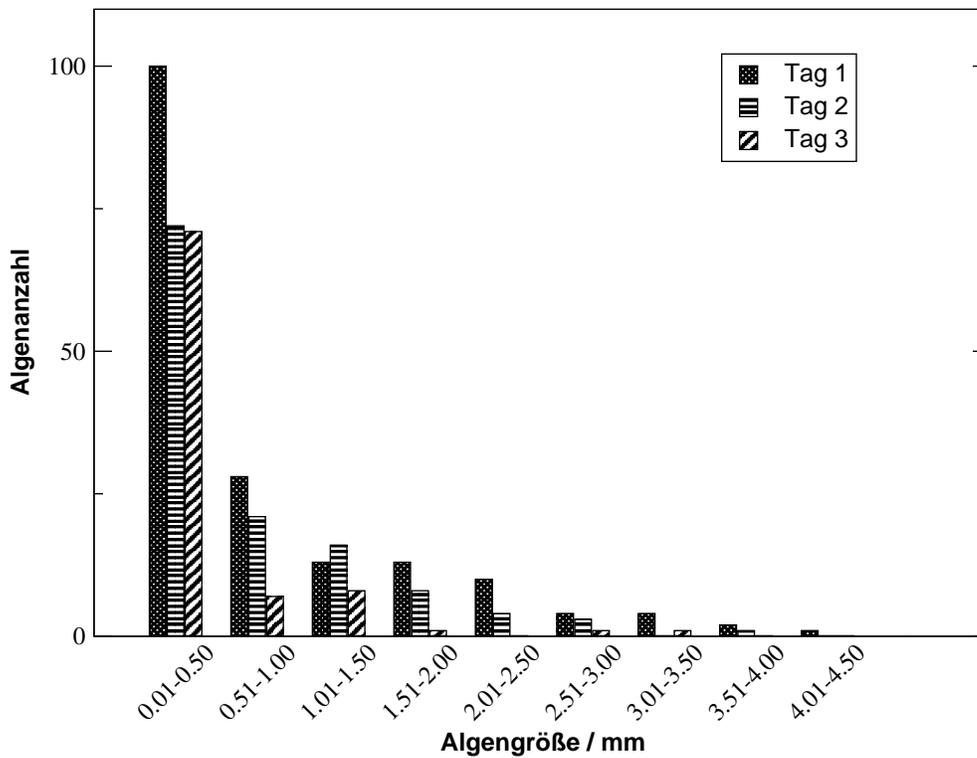


Abbildung 4.2: Veränderung der Trichomlänge von *Planktothrix* während des Versuches

5 Nachweis der Phosphatregeneration durch Zooplankter bei Verwendung immobilisierter Zellen

5.1 Versuchsziel

Nachweis von durch Zooplankter freigesetztem (regeneriertem) Phosphat durch das Wachstum immobilisierter Zellen.

5.2 Durchführung

Für die Durchführung des Versuches vergleiche die Beschreibung im Skript. Entgegen der dortigen Anweisung wurden die Geräte weder über Nacht mit HCl gespült noch mit Aqua tridest. nachgewaschen.

5.3 Ergebnis

Für die Darstellung der Ergebnisse vergleiche die Abbildungen 5.1 und 5.2.

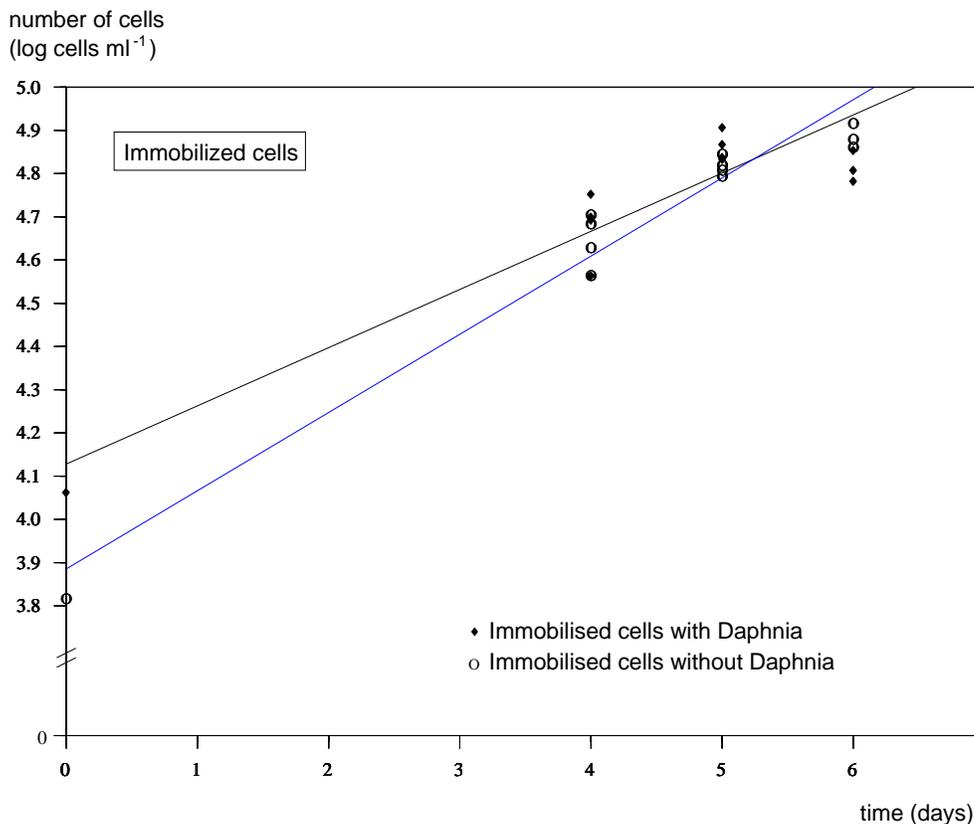


Abbildung 5.1: Entwicklung der Zellzahl immobilisierter Zellen über die Versuchszeit

5.4 Auswertung

Grundsätzlich muß festgehalten werden, daß beide Versuche den Ergebnissen von VAN DONK ET AL. (1993) genau entgegengesetzt ausfallen. Das legt den Verdacht nahe, daß die Durchführung des Versuches nicht dazu geeignet war, sinnvolle und insbesondere auswertbare Ergebnisse zu erhalten.

Grundsätzlich kann man festhalten, daß die verwendete Algenart *Ancistrodesmus* für den Versuch wenig geeignet ist, da ihre Größe in der Nähe von Bakterienzellen liegt, die im CASY mitgemessen werden und so das Ergebnis grundlegend verfälschen können.

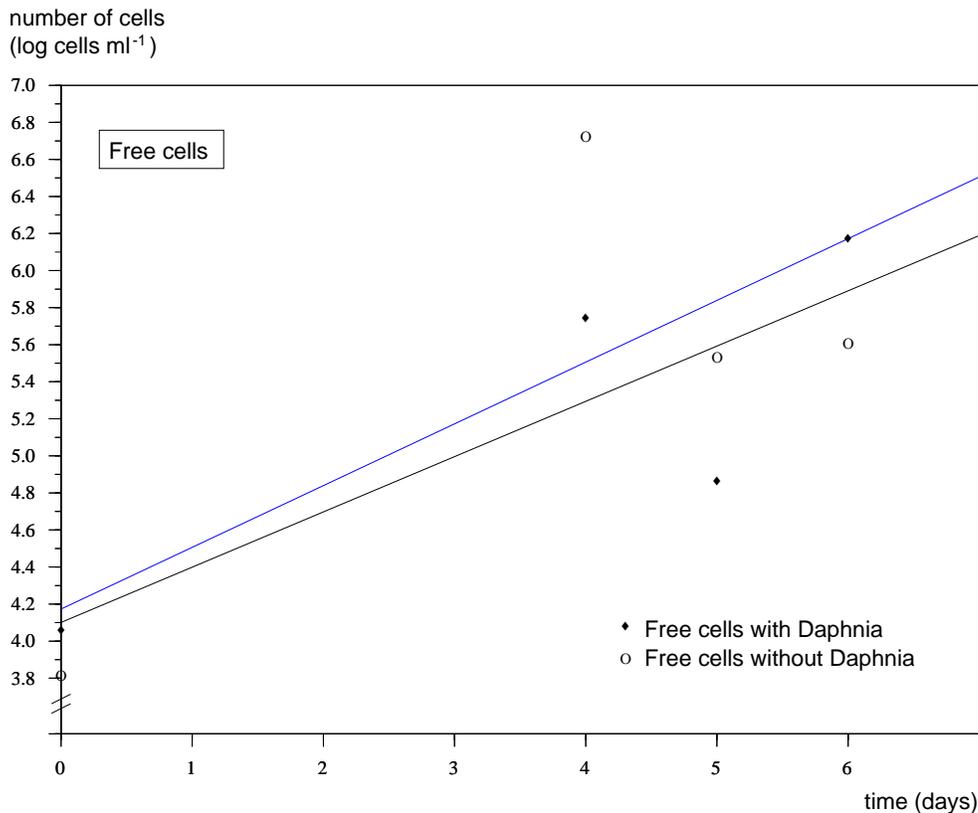


Abbildung 5.2: Entwicklung der Zellzahl freier Zellen über die Versuchszeit

Als Erklärung für den Anstieg der Konzentration freier Zellen kommt die Verwendung nicht phosphatfreier Gerätschaften in Frage, denn die Zahl der Zellen sollte theoretisch abnehmen. Der Anstieg der Zahl immobilisierter Zellen am 5. Tag könnte durch Bakterien bedingt sein, ist jedenfalls schwer zu interpretieren.

Grundsätzlich läßt sich an den Graphen eine starke Beeinflussung durch nicht konstante Außenbedingungen ablesen. Die rechnerisch ermittelten Regressionsgeraden erscheinen mehr willkürlich und sind für eine Auswertung des Versuches nur wenig hilfreich.

Theoretischer Verlauf Die immobilisierten Zellen sollten mit Daphnien in der Lösung signifikant schneller wachsen als ohne Daphnien, da die Daphnien als Verdauungsabfall Phosphat-reiche Substanzen ausscheiden, die über die Lösung auch zu den immobilisierten Zellen in die Alginat-Kugeln gelangen.

Die Zahl freier Zellen sollte ohne Daphnien leicht ansteigen, etwa vergleichbar den immobilisierten Zellen ohne Daphnien, in Anwesenheit von Daphnien sollte ihre Zahl dagegen stark zurückgehen, da sie den Daphnien als Futter dienen.

Für eine Auswertung des vorliegenden Versuches sind in jedem Fall weitere Experimente, eventuell mit einer anderen, größeren Algenart, unerlässlich.

6 Ermittlung der Filtrier- und Ingestionsraten sowie Selektivität der Futteraufnahme durch Pigmentanalyse des Futters

6.1 Versuchsziel

Untersuchung der Möglichkeit, unterschiedliche Pigment-Ausstattung von Algen zur Bestimmung des selektiven Fraßes durch Zooplankter heranziehen zu können.

6.2 Durchführung

Die Durchführung des Versuches erfolgte wie in der Beschreibung angegeben.

6.3 Berechnungen

Pigment	ϵ	Pigment	ϵ
Neoxanthin	5.03	Chl b	19.84
Violaxanthin	4.35	Chl a	17.66
Caloxanthin	3.95	Echineon	5.78
Lutein	4.38	β -Carotin	3.03
Zeaxanthin	5.22		

Tabelle 6.1: Extinktionsfaktoren ϵ der Pigmente

Injektionsvolumen: 100 μ l

Pigmentgehalt Der Pigmentgehalt c (in $\text{ng} \cdot \text{ml}^{-1}$) läßt sich aus der Peakfläche A_{Peak} , dem Extinktionsfaktor ϵ des zugehörigen Pigments, dem Injektionsvolumen V_I und dem Extrakt-Volumen V_E wie folgt errechnen:

$$c = \frac{A_{\text{Peak}} \cdot \epsilon}{V_I \cdot V_E} \quad (6.1)$$

Pigmentbildungsrate Die Pigmentbildungsrate μ für die einzelnen Pigmente ließ sich aus dem Vergleich der beiden Ansätze ohne Tiere, von denen jeweils zu Versuchsbeginn und -ende eine Probe entnommen wurde, bestimmen. Aus dem Wissen über das Zeitgesetz der Pigmentbildung

$$C_t = C_0 \cdot e^{\mu t} \quad (6.2)$$

$$(6.3)$$

ließ sich durch Umstellen ein Ausdruck für die Pigmentbildungsrate erhalten:

$$\mu = \frac{1}{t} \ln C_t - \ln C_0 \quad (6.4)$$

Für die Werte von μ , wie sie aus der Pigmentbestimmung mittels HPLC errechnet wurden, vgl. Tab. 6.5

Filtrierrate

$$g_0 = \frac{\mu \cdot (C_t - C_0 \cdot e^{\mu t})}{1 - e^{\mu t}} \frac{1}{C_0} \quad (6.5)$$

$$F = \frac{V \cdot g}{N} \quad (6.6)$$

Ingestionsrate

$$I = F \cdot C_0 \quad (6.7)$$

<i>Microcystis aeruginosa</i> (HUB 5-2-4)				Gemisch (HUB 119 + HUB 5-2-4)			
Pigment	Ansatz (interner Name)			Pigment	Ansatz (interner Name)		
	MOT15	MOT16	MMT16		GOT15	GOT16	GMT16
Caloxanthin	0.011376	0.010787	0.004345	Caloxanthin	0.006114	0.002080	0.003467
Zeaxanthin	0.125489	0.012126	0.009757	Zeaxanthin	0.006559	0.003378	0.005510
Echinenon	0.023259	0.019341	0.011249	Echinenon	0.013193	0.005542	0.006808
				Lutein	0.046942	0.004032	0.007284
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (HUB 119)				Chl b	0.145436	0.011671	0.020795
Pigment	Ansatz (interner Name)			β -Carotin	0.014017	0.004946	0.007407
	SOT15	SOT16	SMT16	Chl a	0.539091	0.114842	0.179543
Lutein	0.100256	0.101118	0.004082				
Chl b	0.316396	0.280646	0.005952				

Tabelle 6.2: Pigmentgehalt der Lösungen (in $\text{ng} \cdot \text{ml}^{-1}$)

	HUB 5-2-4	HUB 119	Gemisch
N	270	1320	74

Tabelle 6.3: Anzahl N der Tiere in den Ansätzen

	HUB 5-2-4	HUB 119	Gemisch	
			HUB 5-2-4	HUB 119
ohne Tiere, Tag 0	2980	1180	3480	1160
mit Tieren, Tag 1	5820	—	6700	3400

Tabelle 6.4: Zahl der Algen pro Kammer (Bestimmung durch Zählkammer)

6.4 Ergebnis

HUB 5-2-4					HUB 119			
	Calo	Zea	Echi	\bar{x}		Lut	Chl b	\bar{x}
μ	-0.053	-2.337	-0.184	-0.858	μ	0.009	-0.12	-0.055
I	0.002	0.002	0.003	0.002	I	0.007	0.022	0.015

HUB 5-2-4 + HUB 119						
	Calo	Zea	Echi	Lut	Chl b	\bar{x}
μ	-1.078	-0.664	-2.924	-2.455	-2.523	-1.929
I	-0.003	-0.004	-0.005	-0.012	-0.034	-0.012

Tabelle 6.5: Ergebnis durch Pigmentbestimmung (HPLC)

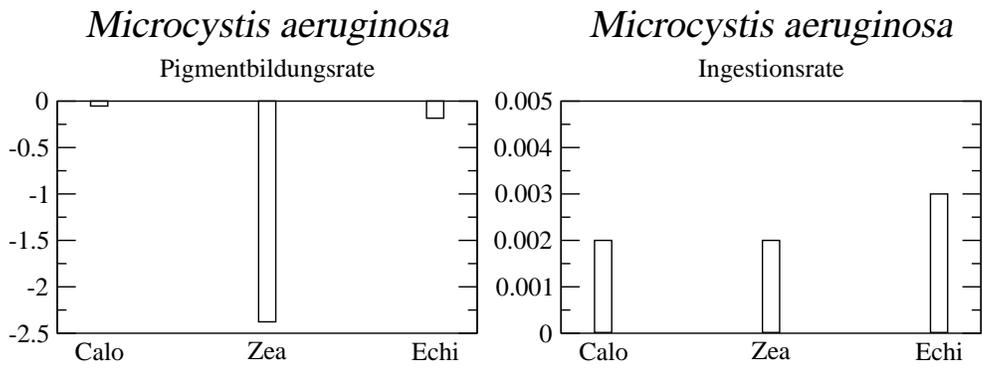


Abbildung 6.1: Pigmentbildungs- und Ingestionsrate für *Microcystis aeruginosa*

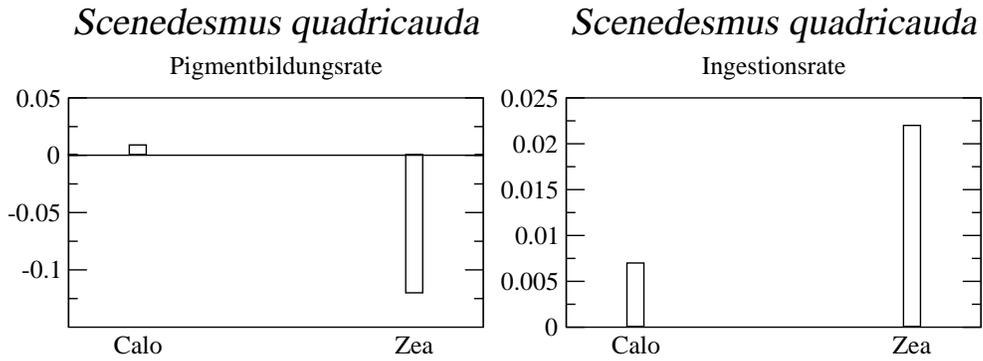


Abbildung 6.2: Pigmentbildungs- und Ingestionsrate für *Scenedesmus quadricauda*

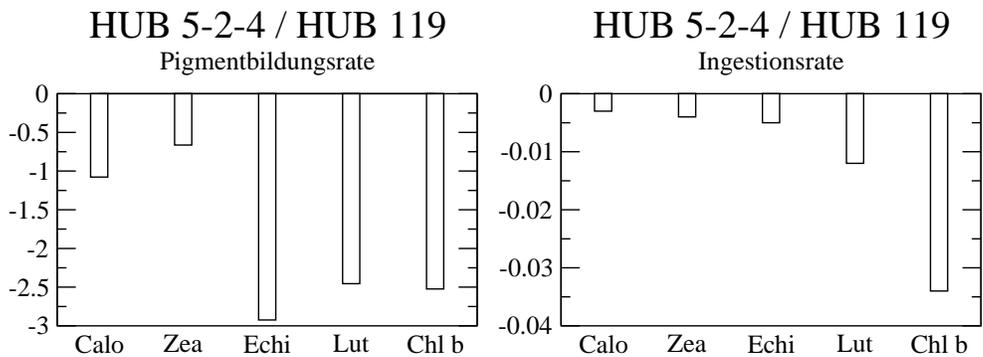


Abbildung 6.3: Pigmentbildungs- und Ingestionsrate für das Gemisch beider Algenarten

6.5 Auswertung

Generell ist die Pigment-Bildungsrate stark lichtabhängig, d. h. eine Abnahme der Pigmente ist nicht unbedingt mit Zellzahl gekoppelt. Zudem ist der Fehler bei kleinen HPLC-Peaks hoch, was deren Auswertung erschwert.

Ein Vergleich mit den Ergebnissen der Auszählung in der Zählkammer ist deshalb hinfällig, weil die Ergebnisse der Auszählung grundsätzlich eine höhere Algenkonzentration nach einem Tag als die Ausgangskonzentration ergaben, was aber wegen des Fraßes durch die Zooplankter unsinnig erscheint.

Literatur

LAMPERT, W. und U. SOMMER (1999): *Limnoökologie*. Stuttgart

SOMMER, U. (1994): *Planktologie*. Berlin

VAN DONK, E.; B. A. FAAFENG; D. O. HESSEN und T. KÄLLQVIST, *Use of immobilized algae for estimating bioavailable phosphorus released by zooplankton*. In: *Journal of Plankton Research*, Bd. 15(7):(1993), S. 761–769