

5 Ergebnisse

5.1 Copepodidentwicklung Mesocyclops / Thermocyclops

5.1.1 *Urotricha farcta* + *Cryptomonas phaseolus*

M. leuckarti zeigte bei Fütterung mit *Urotricha* mit einem minimalen Anteil von *Cryptomonas phaseolus* die schnellste Entwicklung im Vergleich zu allen anderen getesteten Beuteansätzen. Zu Versuchsbeginn wurden 24 Tiere der Copepodidstadien C1–C3 eingesetzt. In Abbildung 4 ist die Zusammensetzung der Copepodidstadien der Versuchspopulation über den Versuchszeitraum dargestellt. Nach 18 Tagen konnten insgesamt 74 Häutungen registriert werden. Alle überlebenden Copepoden hatten das Adultstadium erreicht. Von den 24 eingesetzten Tieren erreichten 13 (54 %) das Adultstadium.

Das erste adulte Tier war ein Weibchen und wurde am Tag 4 registriert. Die berechnete mittlere Entwicklungszeit vom C1 bis zum Adultstadium betrug für Männchen 11,4 Tage (vgl. Abbildung 12) mit einer Minimaldauer von 5,5 bzw. einer Maximaldauer von 18,9 Tagen (Tabelle 4). Für Weibchen betrug die mittlere Entwicklungsdauer 13,4 Tage, die Minimal- und Maximaldauer betragen 4,5 bzw. 23 Tage. Die mittleren Stadienentwicklungszeiten verlängerten sich vom C3- bis zum Adultstadium mit ansteigendem Copepodidstadium (siehe Tabelle 4). Signifikant waren diese Ergebnisse allerdings nur zwischen dem C2- und dem C5-Stadium sowie zwischen C3 und C5 ($P < 0,05$). Die Männchen erreichten etwas schneller die Geschlechtsreife als die Weibchen (Abbildung 12), wobei der Unterschied in der durchschnittlichen Dauer des C5-Stadiums zwischen den Männchen (5 Tage) und den Weibchen (7 Tage) nicht signifikant war. Die minimalen Entwicklungszeiten in den *Urotricha*-Ansätzen zeigten für alle Stadien gleichbleibend geringe Entwicklungszeiten von etwa einem Tag, wobei die kürzeste Stadiendauer der männlichen C5er 2,1 Tage betrug, die der Weibchen 1,1 Tage (Tabelle 4).

T. oithonoides konnte in den Ansätzen mit *Urotricha* + *Cryptomonas phaseolus* keine einzige Häutung realisieren. Von 24 eingesetzten Copepodiden waren 23 im C1- und 1 Tier im C2-Stadium. Am Tag 7 waren bereits 14 Tiere (58 %) verstorben. Am 20. Versuchstag waren alle eingesetzten Tiere tot (Abbildung 5).

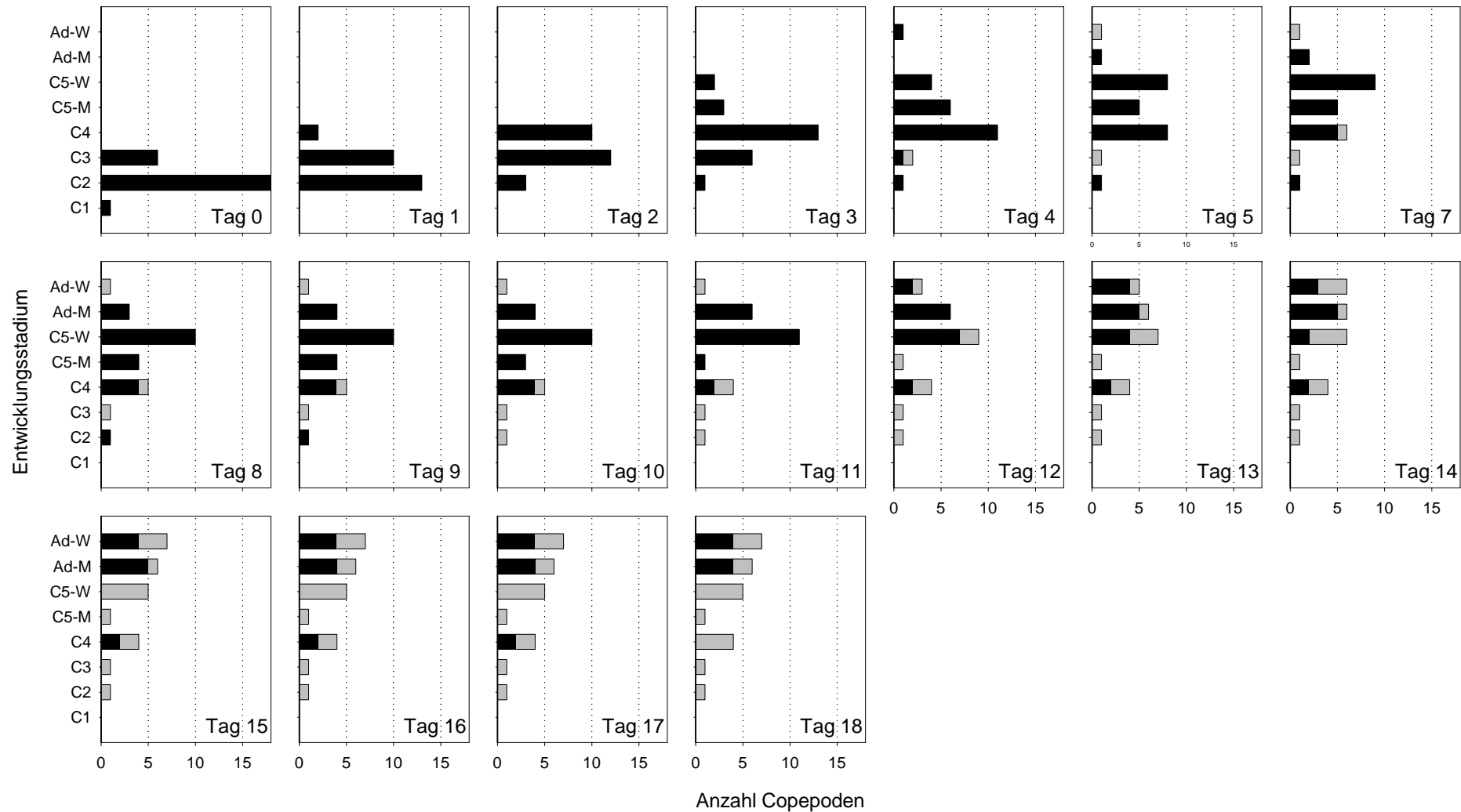


Abbildung 4

Juvenilentwicklung von *Mesocyclops leuckarti* bei Fütterung mit *Urotricha farcta* + *Cryptomonas phaseolus*. Dargestellt ist die stadienspezifische Zusammensetzung der Gesamtversuchspopulation von insgesamt 25 Copepoden in 5 Parallelansätzen von Tag 1 bis zum Tag 18. Die Balken zeigen die Anzahl der Tiere für jedes Copepodidstadium an, wobei der schwarze Anteil die lebenden und der graue Anteil die gestorbenen Tiere anzeigt.

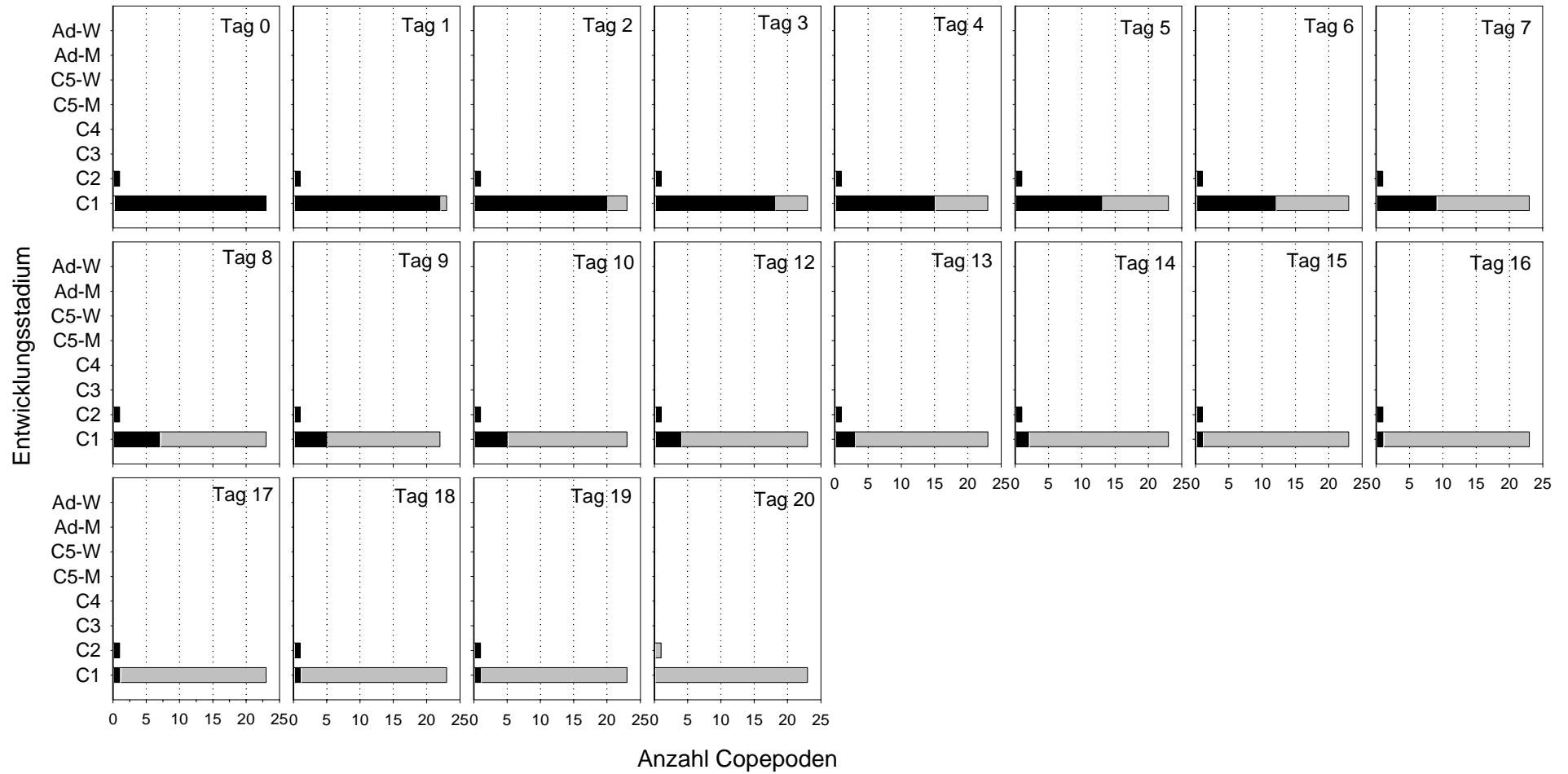


Abbildung 5

Juvenilentwicklung von *Thermocyclops oithonoides* bei Fütterung mit *Urotricha farcta* + *Cryptomonas phaseolus*. Dargestellt ist die stadienspezifische Zusammensetzung der Gesamtversuchspopulation von insgesamt 25 Copepoden in 5 Parallelansätzen von Tag 1 bis zum Tag 20. Die Balken zeigen die Anzahl der Tiere für jedes Copepodidstadium an, wobei der schwarze Anteil die lebenden und der graue Anteil die gestorbenen Tiere anzeigt.

5.1.2 *Cryptomonas phaseolus*

Die Entwicklung von *M. leuckarti* in den Ansätzen mit *Cryptomonas phaseolus* als einziger Beute verlief deutlich langsamer als in den Ansätzen mit *Urotricha*. Die 26 Copepodide zu Versuchsbeginn verteilten sich auf die Stadien C1–C3 (siehe Abbildung 6). Nach 32 Versuchstagen hatten 10 Tiere (38 %) – ausnahmslos männliche Tiere – das Adultstadium erreicht. Im C5-Stadium verblieben 9 Tiere, von denen 2 Copepodide verstorben waren. Weitere 2 Copepodide waren bei Beendigung des Versuches noch im C4-Stadium. Über den gesamten Versuchsverlauf konnten 77 Exuvien gezählt werden, die in die Berechnungen der jeweiligen Copepodidstadiendauer einbezogen wurden.

Das erste adulte Tier wurde am Tag 13 registriert (Abbildung 6). Die mittleren Verweildauern pro Copepodidstadien sind in Tabelle 4 aufgelistet. Die mittlere Entwicklungszeit über alle Copepodidstadien betrug 23,9 Tage (Abbildung 12). Die berechnete minimale Entwicklungsdauer vom C1 bis zum Adultstadium lag bei 11,8 Tagen. Die maximale berechnete Entwicklungszeit wurde mit 48,7 Tagen ermittelt. Die mittleren stadienspezifischen Entwicklungszeiten stiegen signifikant mit ansteigendem Copepodidstadium (vgl. Abbildung 12). Die höchste Variabilität in der Entwicklungsdauer zeigte sich im C5-Stadium.

Die Zusammensetzung der Versuchspopulation von *T. oithonoides* zu Beginn des Experimentes war von C1- bis C4-Stadien weiter gestreut als in den *Urotricha*-Ansätzen (Abbildung 7). In 20 Versuchstagen wurden insgesamt 76 Exuvienfunde verzeichnet, die für die Berechnung der stadienspezifischen Entwicklungszeiten ausgewertet wurden. Das erste Tier, welches das Adultstadium erreichte, war ein Männchen und wurde an Tag 10 registriert. Am letzten Tag des Experimentes hatten 13 Tiere (54 %) das Adultstadium erreicht – davon 5 Weibchen und 8 Männchen. Zwei weibliche Tiere waren im C5-Stadium, ein weiteres Tier befand sich noch im C4-Stadium. Die mittlere Entwicklungszeit betrug 20,1 Tage für die Männchen und 22,6 Tage für die Weibchen. Diese geschlechtsspezifischen Unterschiede waren signifikant ($P < 0,05$). Die minimale und maximale Entwicklungszeit betrug 7,4 bzw. 42,4 Tage für die Männchen, sowie 9,5 bzw. 44,2 Tage für die Weibchen. Die kürzeste mittlere Verweildauer wurde mit 2,7 Tagen für das 3. Copepodidstadium festgestellt (vgl. Tabelle 5).

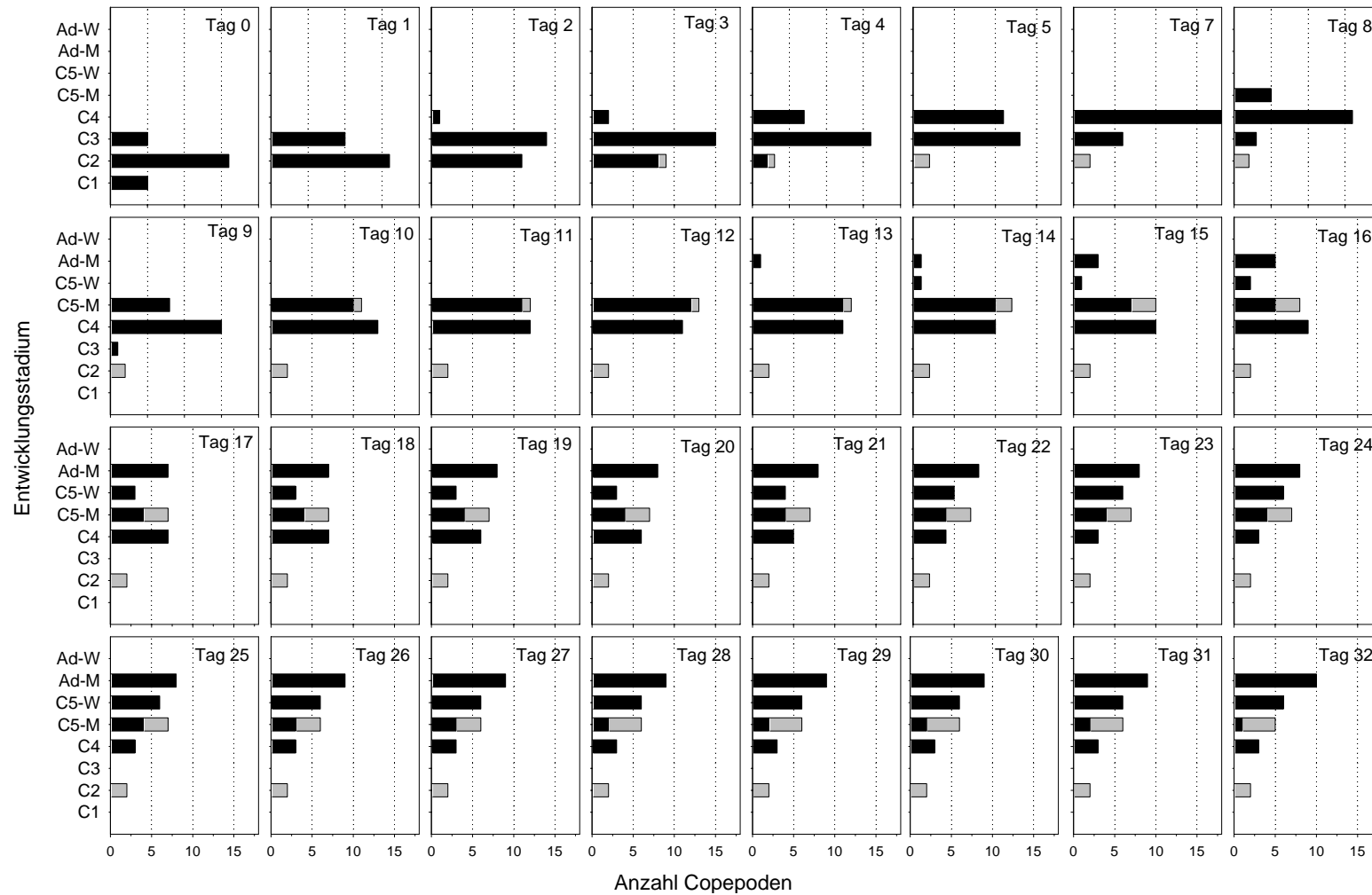


Abbildung 6

Juvenilentwicklung von *Mesocyclops leuckarti* bei Fütterung mit *Cryptomonas phaseolus*. Dargestellt ist die stadienspezifische Zusammensetzung der Gesamtversuchspopulation von insgesamt 25 Copepoden in 5 Parallelansätzen von Tag 1 bis zum Tag 32. Die Balken zeigen die Anzahl der Tiere für jedes Copepodidstadium an, wobei der schwarze Anteil die lebenden und der graue Anteil die gestorbenen Tiere anzeigt. C1–C5 = Copepodidstadium 1–5, Ad = Adultstadium, W = Weibchen, M = Männchen

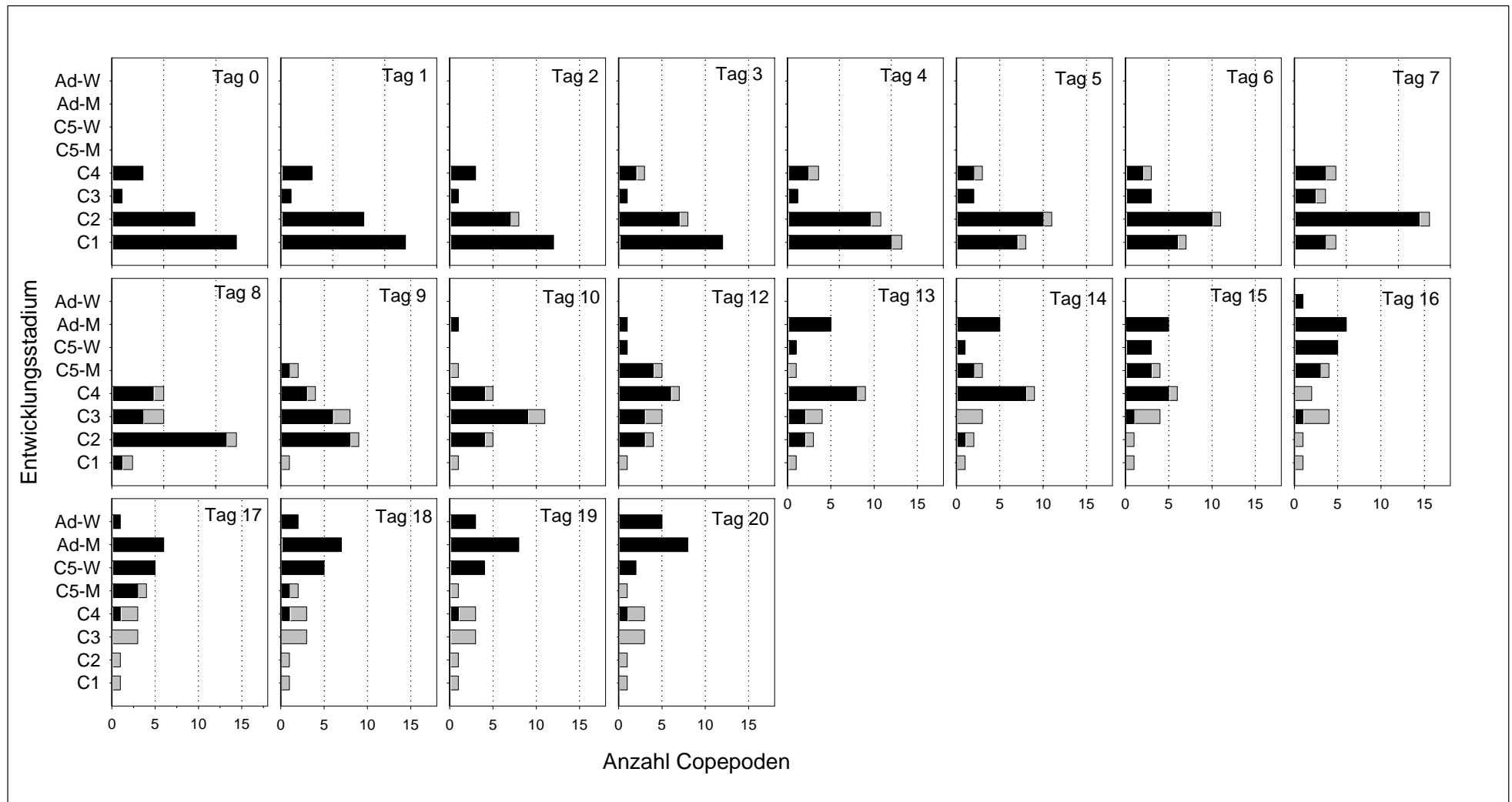


Abbildung 7

Juvenilentwicklung von *Thermocyclops oithonoides* bei Fütterung mit *Cryptomonas phaseolus*. Dargestellt ist die stadienspezifische Zusammensetzung der Gesamtversuchspopulation von insgesamt 25 Copepoden in 5 Parallelansätzen von Tag 1 bis zum Tag 20. Die Balken zeigen die Anzahl der Tiere für jedes Copepodidstadium an, wobei der schwarze Anteil die lebenden und der graue Anteil die gestorbenen Tiere anzeigt.

5.1.3 *Cyclidium* sp.

Cyclidium sp. ermöglichte ebenfalls die vollständige Entwicklung von *Mesocyclops leuckarti* vom C1 bis zum Adultstadium. Nach 32 Versuchstagen hatten 7 Tiere das Adultstadium erreicht, das entsprach etwa 30 % der eingesetzten Tiere (Abbildung 8). Bei Versuchsende am Tag 32 lebten noch 5 Tiere (2 Adulti, 2 C5, 1 C4), dies entsprach einer Gesamtmortalität von 79 % (Tabelle 7, Seite 64).

Bis zum Tag 32 konnten 64 Häutungen erfasst werden. Die ersten beiden adulten Tiere waren Männchen und wurden an Tag 12 registriert (Abbildung 8). Die durchschnittlichen Häutungszeiten vom C1 bis zum Adultstadium ergaben 19,4 Tage für die männlichen Tiere und 28,2 Tage für die weiblichen Tiere (Abbildung 12). Die minimale Entwicklungszeit betrug 5,8 Tage für Männchen bzw. 7,6 Tage für Weibchen. Die Maximalwerte betrugen 33,8 bzw. 51 Tage (Tabelle 4). Auch in diesen Versuchsansätzen zeigte sich eine Verlängerung der durchschnittlichen Entwicklungszeiten mit zunehmenden Stadienalter (Abbildung 12). Signifikant ($P < 0,05$) waren die Unterschiede zwischen der Dauer des C2- und des C3-Stadiums sowie zwischen dem C2- und dem C4-Stadium.

Die Copepodide von *T. oithonoides* zeigten in den Ansätzen mit *Cyclidium* eine langsamere Entwicklung als mit *Cryptomonas phaseolus* als Beute. Die 25 eingesetzten Copepodide verteilten sich über die Stadien C1–C5, wie in Abbildung 9 dargestellt. Nach 29 Versuchstagen konnten insgesamt nur 26 Häutungen registriert werden. Am letzten Versuchstag lebten noch 1 adultes Männchen, 2 C5-Weibchen und 1 C4-Stadium. Insgesamt hatten 4 männliche Tiere das Adultstadium erreicht, von denen am Tag 26 bereits 3 Tiere gestorben waren (siehe Kapitel 5.1.7). Am Tag 7 wurde das erste adulte Tier registriert. Dieses Individuum war bereits als C5-Stadium eingesetzt worden. Da weder für die C1-Stadien noch für die C5-Stadien der Weibchen stadienspezifische Entwicklungszeiten bestimmt werden konnten, wurden stadienübergreifende Entwicklungszeiten nur für die Männchen und nur für die Entwicklung vom C2- bis zum Adultstadium berechnet. Die durchschnittliche Entwicklungszeit betrug 27,3 Tage bei einem Minimalwert von 14 und einem Maximalwert von 44 Tagen.

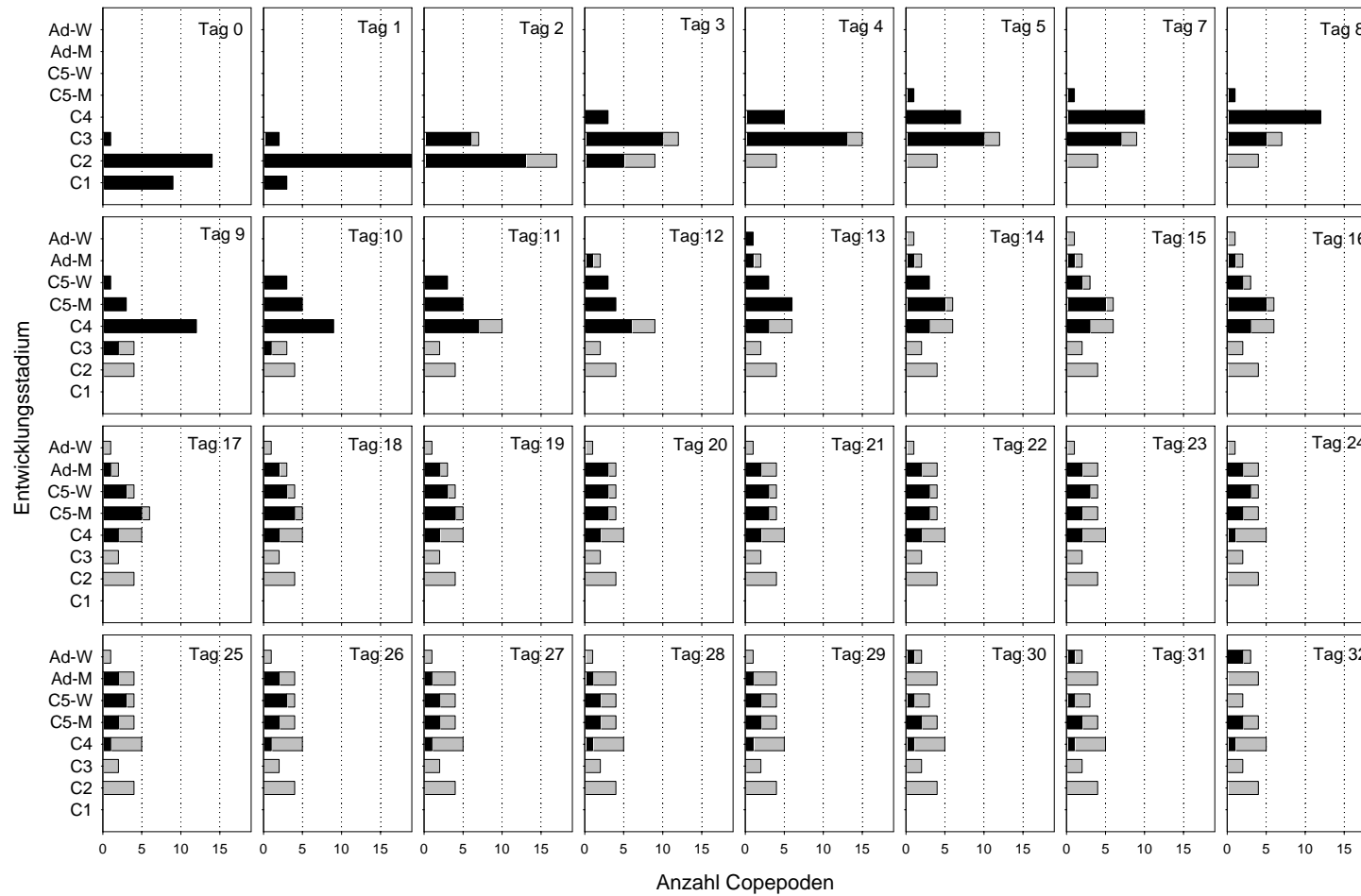


Abbildung 8

Juvenilentwicklung von *Mesocyclops leuckarti* bei Fütterung mit *Cyclidium* sp.. Dargestellt ist die stadienspezifische Zusammensetzung der Gesamtversuchspopulation von insgesamt 25 Copepoden in 5 Parallelansätzen von Tag 1 bis zum Tag 32. Die Balken zeigen die Anzahl der Tiere für jedes Copepodidstadium an, wobei der schwarze Anteil die lebenden und der graue Anteil die gestorbenen Tiere anzeigt. C1–C5 = Copepodidstadium 1–5, Ad = Adultstadium, W = Weibchen, M = Männchen.

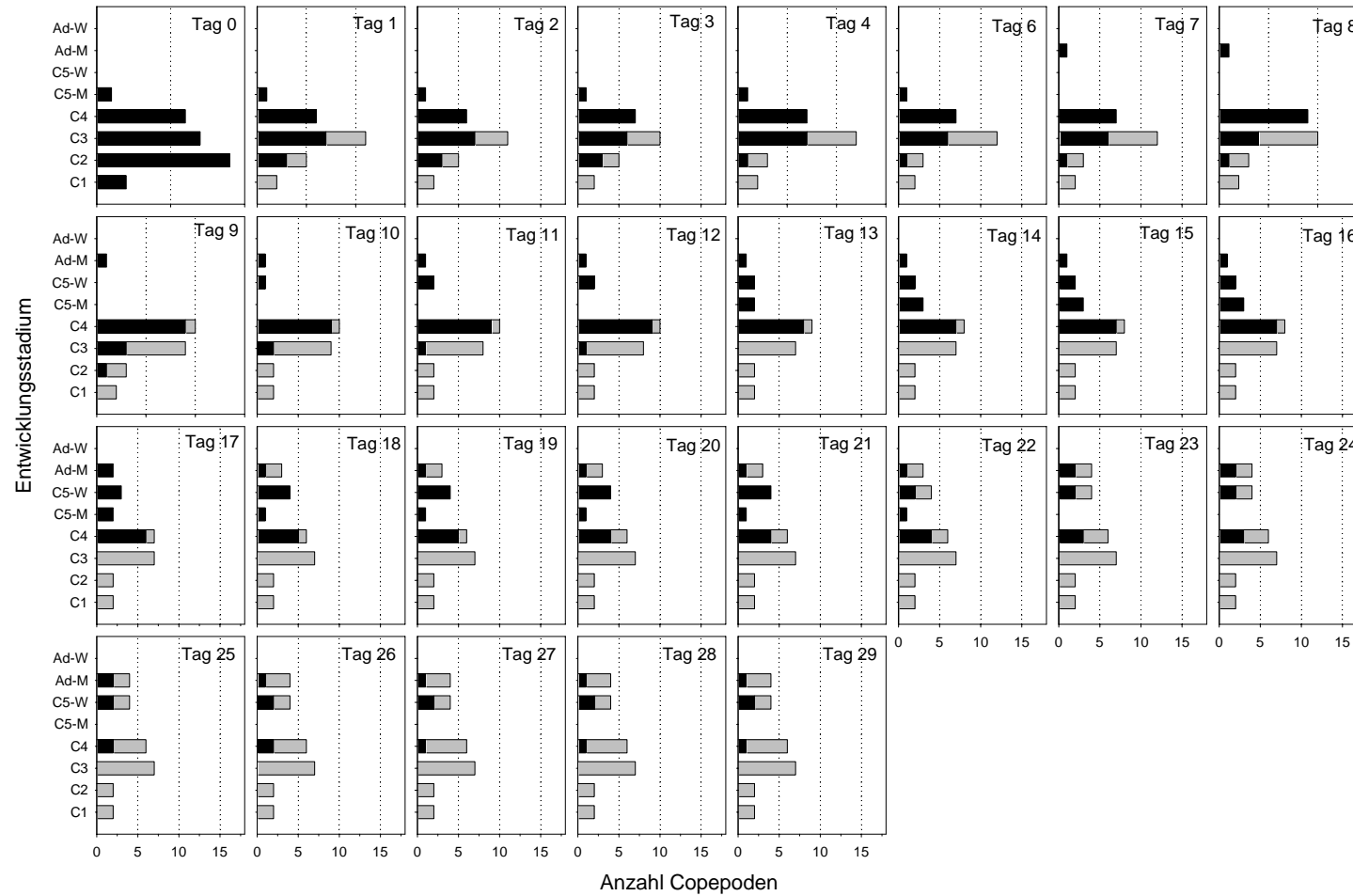


Abbildung 9

Juvenilentwicklung von *Thermocyclops oithonoides* bei Fütterung mit *Cyclidium* sp. Dargestellt ist die stadienspezifische Zusammensetzung der Gesamtversuchspopulation von insgesamt 25 Copepoden in 5 Parallelansätzen von Tag 1 bis zum Tag 20. Die Balken zeigen die Anzahl der Tiere für jedes Copepodidstadium an, wobei der schwarze Anteil die lebenden und der graue Anteil die gestorbenen Tiere anzeigt.

5.1.4 Hungeransätze

In den Hungeransätzen von *M. leuckarti* erreichte kein Tier das Adultstadium. Über den gesamten Versuchszeitraum von 32 Tagen wurden 13 Häutungen erfasst, die alle innerhalb der ersten 13 Tage stattfanden. Kein Individuum konnte mehr als eine Häutung realisieren. Bis zum Versuchsende überlebten 6 Tiere (5 × C3, 1 × C4). Die Mortalität über den Gesamtversuchszeitraum war mit 76 % leicht geringer als in den Ansätzen mit *Cyclidium* sp. (siehe Kapitel 5.1.7, Tabelle 5). Die mittleren Entwicklungszeiten für das C1- und das C2-Stadium betrugen in den Hungeransätzen 4,2 bzw. 5,2 Tage (Tabelle 4). Minima bzw. Maxima betrugen je 1 Tag bzw. 7,8 und 12,8 Tage. Diese Zeiten waren signifikant ($P < 0,05$) länger als in allen Ansätzen mit Fütterung.

Die Verteilung der Copepodidstadien von *T. oithonoides* war ähnlich gestreut wie in den Ansätzen mit *Cryptomonas* und *Cyclidium* (siehe Abbildung 11). Über einen Versuchszeitraum von 18 Tagen wurden insgesamt 12 Exuvien gezählt, wobei alle Häutungen innerhalb der ersten 6 Tage stattfanden. Am 9. Tag waren bereits 13 Tiere (65 %) gestorben und am Tag 18 war kein Copepode mehr am Leben.

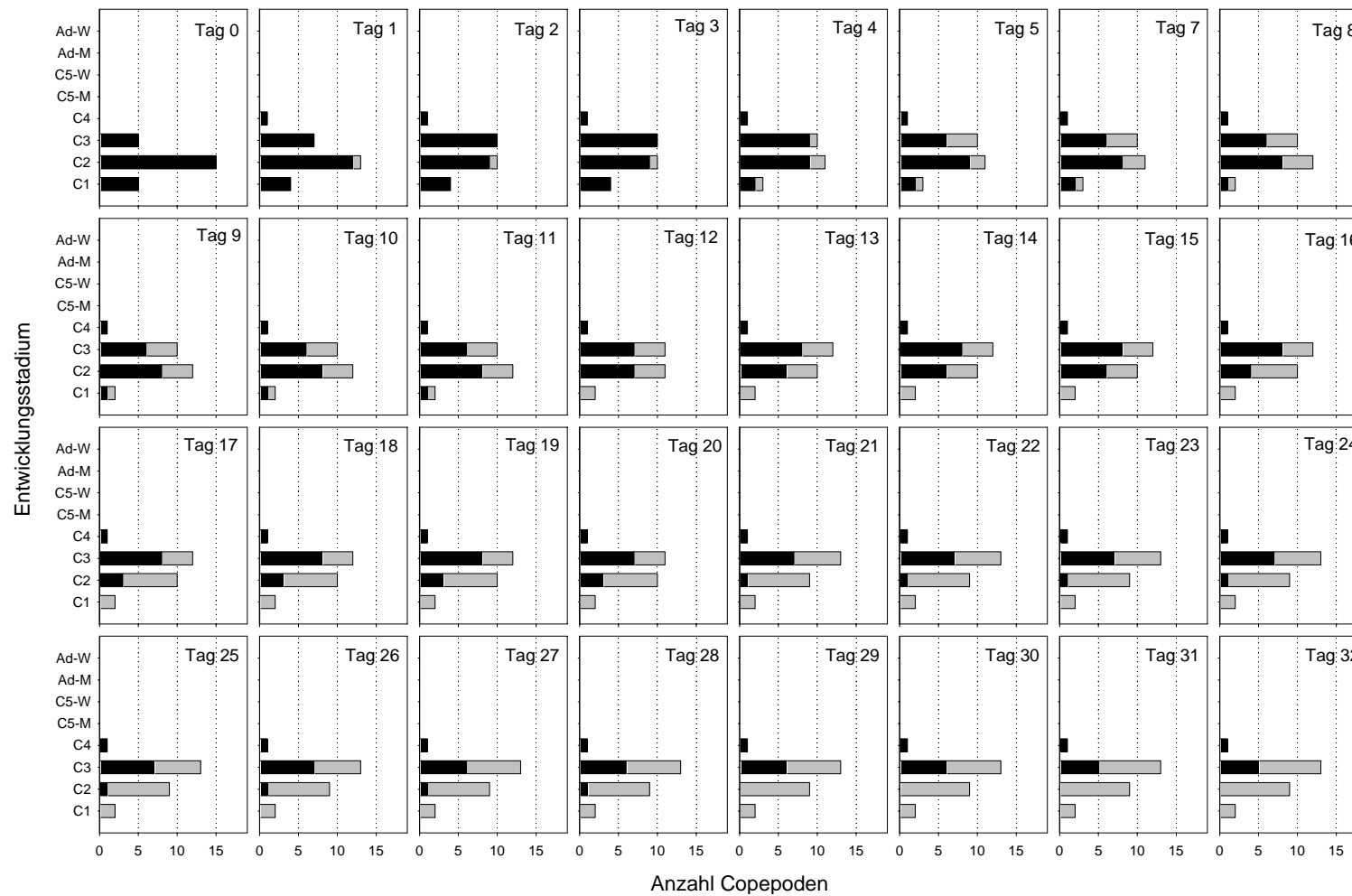


Abbildung 10

Juvenilentwicklung von *Mesocyclops leuckarti* in den Hungeransätzen. Dargestellt ist die stadienspezifische Zusammensetzung der Gesamtversuchspopulation von insgesamt 25 Copepoden in 5 Parallelansätzen von Tag 1 bis zum Tag 32. Die Balken zeigen die Anzahl der Tiere für jedes Copepodidstadium an, wobei der schwarze Anteil die lebenden und der graue Anteil die gestorbenen Tiere anzeigt. C1–C5 = Copepodidstadium 1–5, Ad = Adultstadium, W = Weibchen, M = Männchen

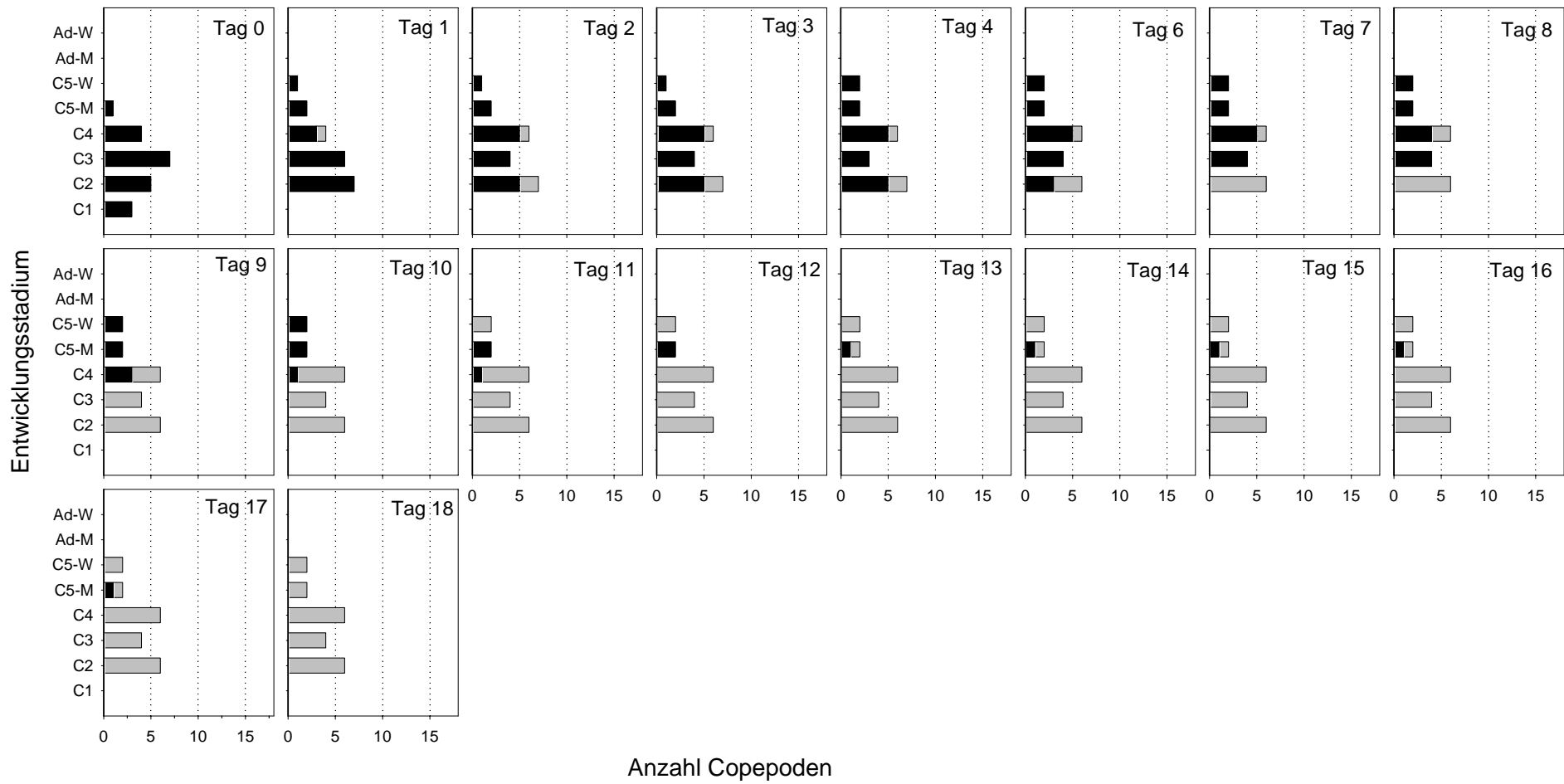


Abbildung 11

Juvenilentwicklung von *Thermocyclops oithonoides* in den Hungeransätzen. Dargestellt ist die stadienspezifische Zusammensetzung der Gesamtversuchspopulation von insgesamt 25 Copepoden in 5 Parallelansätzen von Tag 1 bis zum Tag 20. Die Balken zeigen die Anzahl der Tiere für jedes Copepodidstadium an, wobei der schwarze Anteil die lebenden Tiere und der graue Anteil die gestorbenen Tiere anzeigt.

Tabelle 4

Mittlere Copepodidstadiendauer (CSD) in Tagen von *Mesocyclops leuckarti* in den vier untersuchten Beutesuspensionen *Urotircha farcta* + *Cryptomonas phaseolus*, *Cryptomonas phaseolus*, *Cyclidium* sp. und in den Hungeransätzen. SD = Standardabweichung der Stadiendauer. Anzahl der registrierten Häutungen (Exuvienfunde) pro Copepodidstadium. Min = minimale Copepodidstadiendauer, Max = maximalen Copepodidstadiendauer. C1–C4 = Copepodidstadien 1–4, C5W = Copepodidstadium 5 Weibchen, C5M = Copepodidstadium 5 Männchen, k. B. = keine Beobachtung.

<i>Mesocyclops</i> vs. <i>Urotircha</i>	CSD Mittelwert [Tage]	SD	Anzahl Häutungen	Min [Tage]	Max [Tage]
C1	1,0	k. B.	1	1,0	1,0
C2	1,7	0,7	19	0,8	2,8
C3	1,4	0,5	21	0,8	2,1
C4	2,3	1,5	19	0,8	6,0
C5W	7,0	3,4	7	1,1	11,1
C5M	5,0	1,9	6	2,1	7,0
<i>Mesocyclops</i> vs. <i>Cryptomonas</i>	CSD Mittelwert [Tage]	SD	Anzahl Häutungen	Min [Tage]	Max [Tage]
C1	1,0	0,0	5	1,0	1,0
C2	2,4	1,1	19	1,0	3,9
C3	3,9	1,5	24	1,8	6,9
C4	7,3	4,5	19	2,9	17,0
C5W	k. B.	k. B.	k. B.	k. B.	k. B.
C5M	9,3	4,8	10	5,0	19,9
<i>Mesocyclops</i> vs. <i>Cyclidium</i>	CSD Mittelwert [Tage]	SD	Anzahl Häutungen	Min [Tage]	Max [Tage]
C1	2,6	0,5	9	1,0	2,0
C2	2,6	0,9	18	1,0	3,9
C3	4,0	2,8	19	0,8	13,0
C4	5,0	2,7	13	0,9	10,1
C5W	15,3	9,9	3	3,9	22,0
C5M	6,5	3,3	4	3,0	10,8
<i>Mesocyclops</i> vs. Hunger	CSD Mittelwert [Tage]	SD	Anzahl Häutungen	Min [Tage]	Max [Tage]
C1	4,2	3,4	3	1,0	7,8
C2	5,2	5,5	9	1,0	12,8
C3	1,0	k. B.	1	1,0	1,0
C4	k. B.	k. B.	k. B.	k. B.	k. B.
C5W	k. B.	k. B.	k. B.	k. B.	k. B.
C5M	k. B.	k. B.	k. B.	k. B.	k. B.

Tabelle 5

Mittlere Copepodidstadiendauer (CSD) von *Thermocyclops oithonoides* in den untersuchten Beuteansätzen *Cryptomonas phaseolus*, *Cyclidium* sp. und in den Hungeransätzen. Angaben in Tagen. SD = Standardabweichung der Stadiendauer. Anzahl der registrierten Häutungen (Exuvienfunde) pro Copepodidstadium. Min = minimale Copepodidstadiendauer, Max = maximalen Copepodidstadiendauer. C1–C4 = Copepodidstadien 1–4, C5W = Copepodidstadium 5 Weibchen, C5M = Copepodidstadium 5 Männchen k. B. = keine Beobachtung.

<i>T. oithonoides</i> vs. <i>Cryptomonas</i>	CSD Mittelwert [Tage]	SD	Anzahl Häu- tungen	Min [Tage]	Max [Tage]
C1	6,3	1,6	12	3,8	8,9
C2	5,5	2,8	18	0,9	11,0
C3	2,7	1,6	17	0,9	7,8
C4	4,1	2,9	17	1,0	11,8
C5W	4,1.	0,7.	5	2,9	4,7
C5M	1,5	1,0	8	0,8	2,9
<i>T. oithonoides</i> vs. <i>Cyclidium</i>	CSD Mittelwert [Tage]	SD	Anzahl Häu- tungen	Min [Tage]	Max [Tage]
C1	k.B.	k. B.	k. B.	k. B.	k. B.
C2	3,1	3,3	7	1,0	10,0
C3	5,9	4,3	8	1,0	13,0
C4	12,0	3,2	7	8,0	17,0
C5W	k. B.	k. B.	k. B.	k. B.	k. B.
C5M	6,3	2,9	4	4,0	10,0
<i>T. oithonoides</i> vs. Hunger	CSD Mittelwert [Tage]	SD	Anzahl Häu- tungen	Min [Tage]	Max [Tage]
C1	1,0	0,0	3	1,0	1,0
C2	1,0	k. B.	1	1,0	1,0
C3	2,4	2,2	5	1,0	6,2
C4	1,3	0,5	3	1,0	1,9
C5W	k. B.	k. B.	k. B.	k. B.	k. B.
C5M	k. B.	k. B.	k. B.	k. B.	k. B.

5.1.5 Stadiumspezifische Entwicklungszeiten

M. leuckarti

Die Entwicklungszeiten der konsekutiven Copepodidstadien wurden für alle vier Beuteansätze bestimmt und auf Unterschiede getestet. In allen Beuteansätzen stieg die durchschnittliche Entwicklungsgeschwindigkeit pro Copepodidstadium von *M. leuckarti* mit höherem Entwicklungsstadium (vgl. Abbildung 12 A). Für die C1-Stadien konnte in den Ansätzen von *M. leuckarti* mit *Urotricha* nur die Stadiendauer für ein Individuum gemessen werden (1 Tag). Für einen statistischen Vergleich wurden deshalb nur die Ansätze mit *Cryptomonas phaseolus*, *Cyclidium* sp. und die Hungeransätze herangezogen. Die Rangfolge der mittlere Stadiendauer war (*Urotricha*) = *Cryptomonas* (1 Tag) < *Cyclidium* (1,3 Tage) < Hunger (4,2 Tage). Diese Unterschiede waren nicht signifikant.

Für die C2-Stadien war die Rangfolge der Entwicklungsdauer *Urotricha* (1,7 Tage) < *Cryptomonas* (2,4 Tage) < *Cyclidium* (2,6 Tage) < Hunger (5,2 Tage). Signifikant ($P < 0,05$) waren die Unterschiede zwischen den *Urotricha*- und den *Cyclidium*-Ansätzen sowie zwischen den einzelnen Beuteansätzen im Vergleich zu den Hungeransätzen.

Sowohl die Entwicklungszeiten für das C1-Stadium als auch für das C2-Stadium waren nur relativ zueinander zu vergleichen. Eine Beurteilung der tatsächlichen Stadiendauer war nicht möglich, da die Copepodide in diesen Stadien in die Versuche eingesetzt wurden und nicht bekannt war, zu welchem Zeitpunkt die Häutung vom vorherigen Stadium stattgefunden hatte. Die Rangfolge der Entwicklungsgeschwindigkeiten in den unterschiedlichen Beuteansätzen der C3-Stadien war: *Urotricha* (1,4 Tage) < *Cryptomonas* (3,9 Tage) < *Cyclidium* (4,0 Tage). In den Hungeransätzen fand eine Häutung eines C2-Copepodiden zum C3 statt, dessen Exuvie bereits an Tag 1 registriert wurde. Diese Häutung wurde nicht in den statistischen Vergleich mit einbezogen. Im Vergleich der C3-Stadien wurden signifikante Unterschiede ($P < 0,05$) sowohl zwischen *Urotricha* und *Cryptomonas* als auch zwischen *Urotricha* und *Cyclidium* gefunden.

Im Vergleich der C4-Stadien zeigte sich die Rangfolge *Urotricha* (2,3 Tage) < *Cyclidium* (5,0 Tage) < *Cryptomonas* (7,3 Tage). Signifikant ($P < 0,05$) waren die Unterschiede zwischen *Urotricha* und *Cyclidium* sowie zwischen *Urotricha* und *Cryptomonas*.

Beim Vergleich der Entwicklungszeiten für das C5-Stadium wurde sowohl zwischen den Beuteansätzen unterschieden als auch zwischen den Geschlechtern. Die Rangfolge wurde wie folgt ermittelt: *Urotricha* M (5 Tage) < *Cyclidium* M (6,5 Tage) *Cryptomonas* M (9,3 Tage) für die männlichen Copepoden sowie *Urotricha* W (7,0 Tage) < *Cyclidium* W (15,3 Tage) für die weiblichen Copepoden.

Die geschlechtsspezifischen Unterschiede sowohl in den *Urotricha*- als auch in den *Cyclidium*-Ansätzen waren nicht signifikant. In den *Cryptomonas*-Ansätzen waren die männlichen Tiere deutlich in der Überzahl. Kein einziges Weibchen erreichte das Adultstadium, sodass hier keine quantitative Unterscheidung möglich war. Allerdings hatten zu Versuchsende sechs Weibchen das C5-Stadium erreicht. In der Tendenz waren die Entwicklungszeiten der Weibchen in allen getesteten Beuteansätzen – mit Ausnahme der Hungeransätze, in denen keine hohen Copepodidstadien erreicht wurden – länger als für die Männchen. Die Unterschiede waren allerdings nicht signifikant.

T. oithonoides

Für *T. oithonoides* ließ sich ein Muster von verlängerter Stadiendauer mit ansteigender Stadienkennzahl weder für die Ansätze mit *Cryptomonas* noch für die Ansätze mit *Cyclidium* nachweisen. *Urotricha farcta* ermöglichte keine Entwicklung der frühen Copepodidstadien. Der Vergleich der mittleren Entwicklungszeiten von *T. oithonoides* in den getesteten Beuteansätzen ist in Abbildung 12 B dargestellt. Die Rangfolge der Entwicklungsgeschwindigkeiten für die C2-Stadien war *Cyclidium* < *Cryptomonas*. Da für die Hungeransätze nur ein Wert für die C2-Stadien zur Verfügung stand (1 Tag), wurde dieser nicht mit in den statistischen Vergleich einbezogen. Die mittlere Stadiendauer in den *Cyclidium*-Ansätzen betrug 3,1 Tage und in den *Cryptomonas*-Ansätzen 5,5 Tage (Tabelle 5), wobei diese Unterschiede nicht signifikant waren.

Die Reihenfolge der C3-Stadien war Hunger < *Cryptomonas* < *Cyclidium*. Die mittlere Verweildauer im C3-Stadium betrug in den Hungeransätzen 2,4 Tage und war damit ähnlich lang wie in den *Cryptomonas*-Ansätzen mit 2,7 Tagen. Signifikant länger war die Stadiendauer mit 5,9 Tagen in den *Cyclidium*-Ansätzen. Mit 4,1 Tagen war die mittlere Stadienverweildauer der C4-Copepodide in den *Cryptomonas*-Ansätzen signifikant kürzer als in den *Cyclidium*-Ansätzen (12,0 Tage). Die Hungeransätze wurden nicht in die Berechnung mit einbezogen, da nur 2 Werte ermittelt werden konnten.

Die C5-Männchen der *Cryptomonas*-Ansätze zeigten mit 1,5 Tagen die kürzeste mittlere Stadiendauer (Tabelle 5) mit einem signifikanten Unterschied zu den C5-Weibchen (4,1 Tage) der *Cryptomonas*-Ansätze. Die mittlere Entwicklungszeit der C5-Männchen in den *Cyclidium*-Ansätzen war mit 6,3 Tagen wiederum signifikant länger, wobei keine Weibchen in den *Cyclidium*-Ansätzen die Geschlechtsreife erreichten.

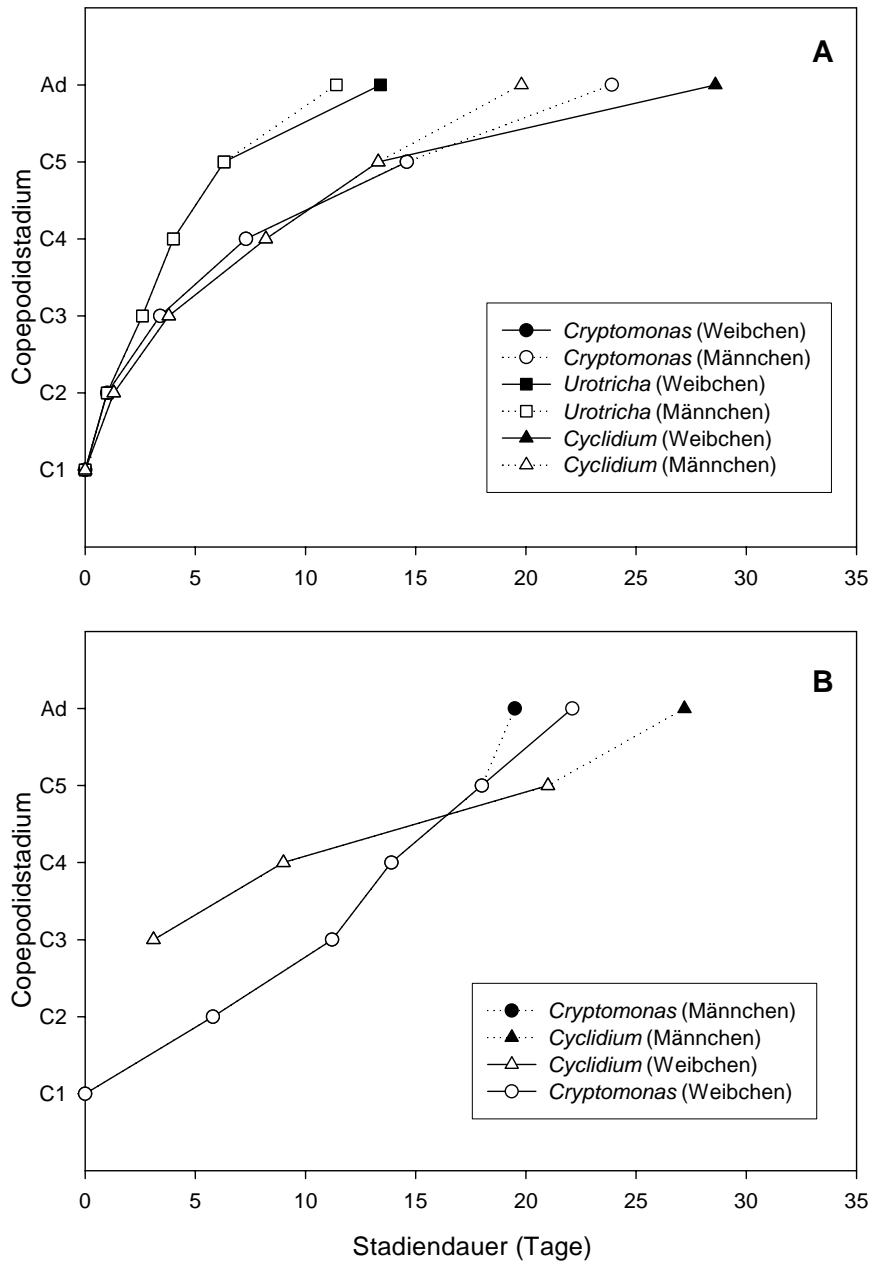


Abbildung 12

Entwicklungszeiten von *Mesocyclops leuckarti* (A) und *Thermocyclops oithonoides* (B) für die getesteten Beuteansätze. Ab dem 5. Copepodidstadium wurden die Geschlechter getrennt erfasst (Symbole wie in der Legende in der Abbildung angegeben). Die berechneten mittleren Zeiten für die aufeinanderfolgenden Copepodidstadien wurden kumulativ über die Zeit aufgetragen.

5.1.6 Größenzunahme

M. leuckarti

Die Größenzunahme von *M. leuckarti* vom C1- bis zum Adultstadium ist in Abbildung 13 A dargestellt. In der Größenverteilung der Copepodidstadien war kein Unterschied zwischen den unterschiedlichen Beuteansätzen nachzuweisen. Für die Berechnung der mittleren Größenverteilung wurden deshalb die Messwerte aller Beuteansätze zusammengefasst. Ab dem C5-Stadium wurde zwischen männlichen und weiblichen Tieren unterschieden.

Der mittlere Größenzuwachs betrug 97 µm vom C1- zum C2-Stadium, 84 µm vom C2- zum C3-Stadium und 115 µm zum C4-Stadium. Der mittlere Größenzuwachs vom C4-Stadium zum C5-Stadium der weiblichen Tiere betrug 185 µm. Die Größenzunahme der Männchen entsprach mit 67 µm nur etwa einem Drittel des Zuwachses der Weibchen. Der Größenzuwachs der Weibchen vom C5- zum Adultstadium fiel mit 53 µm wieder geringer aus. Die Größenunterschiede zwischen den männlichen und den weiblichen Tiere waren sowohl für die C5-Stadien als auch für die Adultstadien signifikant ($P < 0,01$).

T. oithonoides

Für die Darstellung des Größenwachstums im Verlauf der Copepodidentwicklung von *T. oithonoides* wurden alle Meßwerte der Exuvienlängen und der verstorbenen Tiere aus den unterschiedlichen Beuteansätzen zusammengefasst, da die statistische Überprüfung der Körpergrößen der Copepodidstadien 1–4 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsansätzen zeigten (Abbildung 13 B). Für die C5-Stadien ergab sich ein signifikanter geschlechtsspezifischer Größenunterschied innerhalb der Messwerte aus den *Cryptomonas*-Ansätzen. Männchen und Weibchen aus den *Cyclidium*-Ansätzen zeigten keine Größenunterschiede. Die zusammengefasste Betrachtung aller Beuteansätze ergab ebenfalls keinen geschlechtsspezifischen Unterschied in der Körpergröße innerhalb der C5-Stadien. Bei den Adultstadien hingegen zeigten sich wiederum signifikante geschlechtsspezifische Größenunterschiede. Hierbei ist zu beachten, dass wegen der schlechten Überlebensraten in den anderen Versuchsansätzen fast nur Adultkörpergrößen aus den *Cryptomonas*-Ansätzen in diese Auswertung eingingen (16 von insgesamt 19).

Der mittlere Größenzuwachs betrug 73 µm vom C1- zum C2-Stadium, 78 µm vom C2- zum C3-Stadium und 67 µm zum C4-Stadium. Der mittlere Größenzuwachs vom C4-Stadium zum C5-Stadium der weiblichen Tiere betrug 87 µm. Der Zuwachs bei den Männchen betrug 81 µm. Der Größenzuwachs der Weibchen vom C5- zum Adultstadium betrug 67 µm, sodass ein fast lineares Größenwachstum beobachtet werden konnte.

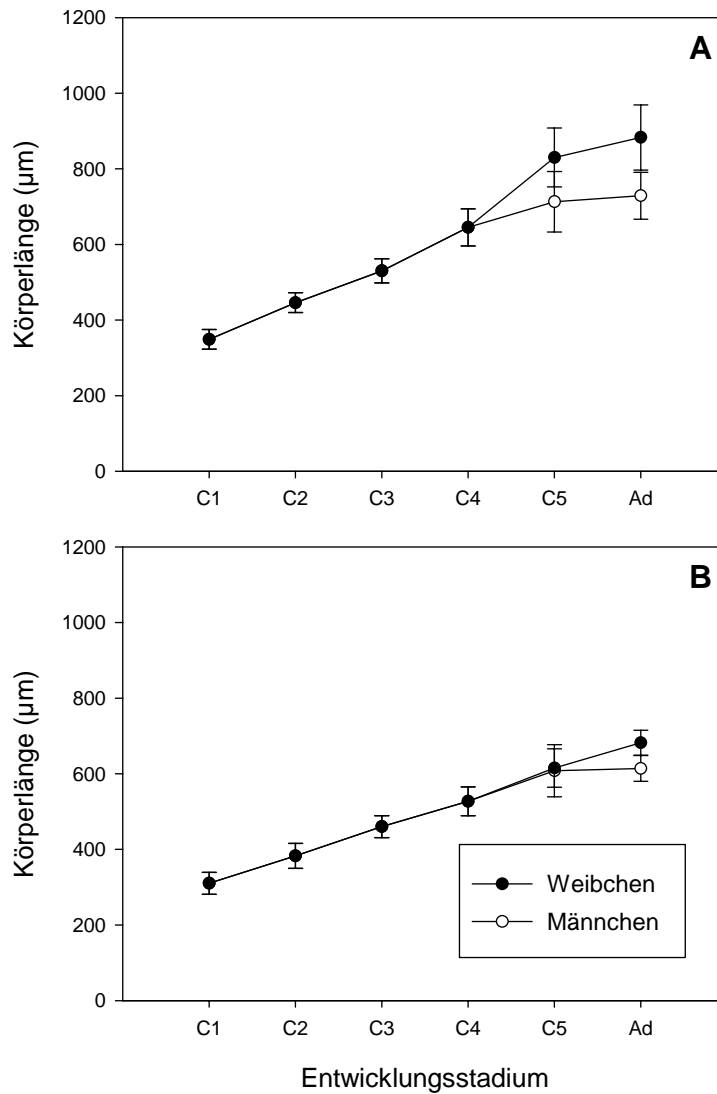


Abbildung 13

Größenzunahme (μm) von *Mesocyclops leuckarti* (A) und *Thermocyclops oithonoides* (B) gemessen vom vorderen Rand des Cephalothorax bis zum Ende der Furkaläste aus allen getesteten Beuteansätzen. Da es zwischen den unterschiedlichen Beuteansätzen keine Unterschiede gab, wurden alle Werte zusammengefasst. C1–C5 = Copepodidstadium 1–5, Ad = Adultstadium.

5.1.7 Mortalität

M. leuckarti

Bei der Betrachtung der Mortalitätsraten von *M. leuckarti* zeigten sich ebenfalls artspezifische Unterschiede zwischen den Beuteansätzen. Diese Unterschiede führten z. T. zu einer anderen Bewertung der Qualität der Beuteorganismen für *M. leuckarti* als die Entwicklungsgeschwindigkeit. Die Mortalitätsraten von *M. leuckarti* wurden bis zum Tag 18 verglichen, da an diesem Tag alle Copepoden in den *Urotricha*-Ansätzen das Adultstadium erreicht hatten und nicht weiter verfolgt wurden. Die geringsten Mortalitätsraten von *M. leuckarti* wurden mit $0,011 \pm 0,025 \text{ d}^{-1}$ in den *Cryptomonas*-Ansätzen gefunden (Tabelle 6). Diese waren signifikant niedriger als in den *Urotricha*- ($0,156 \pm 0,091 \text{ d}^{-1}$) und in den *Cyclidium*-Ansätzen ($0,144 \pm 0,050 \text{ d}^{-1}$). Alle anderen Unterschiede waren nicht signifikant. In den Hungeransätzen betrug die Mortalitätsrate $0,100 \pm 0,046 \text{ d}^{-1}$.

Die Verteilung der Mortalität auf die Entwicklungsstadien ist in Tabelle 7 gezeigt. In den *Cryptomonas*-Ansätzen kam es zu keiner Mortalität bei den geschlechtsreifen Tieren. In den *Urotricha*-Ansätzen ließ sich ein Anstieg der Mortalität in den höheren Entwicklungsstadien beobachten. Die Mortalität in den *Cyclidium*-Ansätzen war gleichmäßig auf die Copepodidstadien verteilt. In den Hungeransätzen konnte höchstens eine Häutung pro Individuum realisiert werden, höhere Stadien als C4 wurden nicht erreicht.

Tabelle 6

Mortalitätsraten (d^{-1}) mit Standardabweichung (SD) von *M. leuckarti* bis und *T. oithonoides* als Mittelwert aus 5 Parallelansätzen während der Versuche zur Copepodidentwicklung in den unterschiedlichen getesteten Beuteansätzen. *M. leuckarti* wurden bis zum Tag 18 verfolgt, *T. oithonoides* wurden bis zum Tag 21 verfolgt (siehe Text).

Beuteansatz	<i>M. leuckarti</i>		<i>T. oithonoides</i>	
	Mortalität	SD	Mortalität	SD
<i>Urotricha</i>	0,156	0,091	0,250	0,000
<i>Cryptomonas</i>	0,011	0,025	0,040	0,022
<i>Cyclidium</i>	0,144	0,050	0,130	0,045
Hunger	0,100	0,046	0,238	0,025

T. oithonoides

T. oithonoides zeigte – wie auch schon *M. leuckarti* – deutliche Unterschiede in den Mortalitätsraten in den getesteten Beuteansätzen. Die Bewertung der Nahrungsqualität der Beuteorganismen nach den Mortalitätsraten stimmte sehr gut mit der Auswertung der Entwicklungsgeschwindigkeiten überein. Für den statistischen Vergleich der Mortalität wurde diese bis

zum 20. Versuchstag auf beutespezifische Unterschiede getestet, da an diesem Tag fast alle Copepoden in den *Cryptomonas*-Ansätzen das Adultstadium erreicht hatten und diese Ansätze nicht mehr weiter verfolgt wurden. Auch für *T. oithonoides* wurden in den *Cryptomonas*-Ansätzen die geringste Mortalitätsrate gemessen ($0,040 \pm 0,022 \text{ d}^{-1}$), gefolgt von den *Cyclidium*- ($0,130 \pm 0,045 \text{ d}^{-1}$), den Hunger- ($0,238 \pm 0,025 \text{ d}^{-1}$) und den *Urotricha*-Ansätzen ($0,250 \pm 0,000 \text{ d}^{-1}$). Alle Unterschiede bis auf der zwischen den *Urotricha*- und Hungeransätzen waren signifikant ($P < 0,05$) (Tabelle 6).

Bei Fütterung mit *Cryptomonas* kam es bis zum Tag 20 nur zu Todesfällen bei den Juvenilstadien, wobei in allen Copepodidstadien gleichmäßig geringe Todesraten registriert wurden. Die höchste Mortalität fand sich mit 3 Tieren (12,5 %) bei den C3-Stadien (Tabelle 8). In den *Urotricha*-Ansätzen entsprach die Verteilung der Mortalität der Copepodidverteilung in den Startansätzen (Tabelle 8), da alle Copepodide nach 20 Tagen ausgestorben waren, ohne eine Häutung realisiert zu haben. Die Gesamtmortalität in den *Cyclidium*-Ansätzen betrug über den Gesamtversuchszeitraum von 29 Tagen 84 %. In allen Stadien traten über den Versuchszeitraum Todesfälle auf. Von 2 eingesetzten C1-Copepodiden wurden beide Tiere bereits am ersten Tag tot aufgefunden. Die höchsten Anteile an der Gesamtmortalität wurden für die C3- und C4-Stadien mit 7 bzw. 5 Tieren (28 % bzw. 20 %) festgestellt (Tabelle 8).

Die Mortalität der Copepodide in den Hungeransätzen zeigte einen ähnlichen Verlauf wie in den *Urotricha*-Ansätzen. Der letzte Copepodid starb am Tag 18. Da in den Hungeransätzen höchstens eine Häutung pro Copepodid zu verzeichnen war, entsprach die Verteilung der Mortalitätsraten weitgehend der Zusammensetzung der Copepodidstadien zu Beginn des Experimentes.

Tabelle 7

Mortalitätsraten von *Mesocyclops leuckarti* stadienspezifisch als prozentualer Anteil der gestorbenen Copepoden über den gesamten Versuchszeitraum. Der Versuchszeitraum variierte für die unterschiedlichen Räuber-Beuteansätze wie in der Kopfzeile angegeben. C1–C4 = Copepodidstadien 1–4, C5 M = Copepodidstadium 5 Männchen, C5 W = Copepodidstadium 5 Weibchen, Ad W = adulte Weibchen, Ad M = adulte Männchen.

Copepodid-stadium	<i>Urotricha</i> Tag 18 (%)	<i>Cryptomonas</i> Tag 32 (%)	<i>Cyclidium</i> Tag 32 (%)	Hunger Tag 32 (%)
C1	0,0	0,0	0,0	8,0
C2	4,0	7,7	16,7	36,0
C3	4,0	0,0	8,3	32,0
C4	16,0	3,8	16,7	0,0
C5 M	4,0	15,4	8,3	0,0
C5 W	20,0	0,0	8,3	0,0
Ad M	8,0	0,0	16,7	0,0
Ad W	12,0	0,0	4,2	0,0
Mortalität insgesamt	68,0	26,9	79,2	76,0

Tabelle 8

Mortalitätsraten von *Thermocyclops oithonoides* stadienspezifisch als prozentualer Anteil der gestorbenen Copepoden über den gesamten Versuchszeitraum. Der Versuchszeitraum variierte für die unterschiedlichen Räuber-Beuteansätze wie in der Kopfzeile angegeben. C1–C4 = Copepodidstadien 1–4, C5 M = Copepodidstadium 5 Männchen, C5 W = Copepodidstadium 5 Weibchen, Ad W = adulte Weibchen, Ad M = adulte Männchen.

Copepodid-stadium	<i>Urotricha</i> Tag 20 (%)	<i>Cryptomonas</i> Tag 20 (%)	<i>Cyclidium</i> Tag 29 (%)	Hunger Tag 32 (%)
C1	95,8	4,2	8,0	0,0
C2	4,2	4,2	8,0	30,0
C3	0,0	12,5	28,0	20,0
C4	0,0	8,3	20,0	30,0
C5 M	0,0	4,2	0,0	10,0
C5 W	0,0	0,0	8,0	10,0
Ad M	0,0	0,0	12,0	0,0
Ad W	0,0	0,0	0,0	0,0
Mortalität insgesamt	100,0	33,3	84,0	100,0

5.2 Copepodidentwicklung Eudiaptomus / Cyclops

Das durchschnittliche Copepodidstadium von *E. gracilis*, *E. graciloides*, *C. vicinus* sowie *C. abyssorum* zu Beginn der Experimente lag zwischen C 3,5 und C 4,9 (Tabelle 9). In allen getesteten Beutekombinationen erreichten sowohl die beiden calanoiden als auch die beiden cyclopoiden Copepoden das Adultstadium innerhalb von 20 bzw. 26 Tagen der Versuchszeit. Während fast alle Individuen der calanoiden Arten das Adultstadium innerhalb des Versuchszeitraumes erreichten (85–100 %), hatte bei den cyclopoiden Arten nur ein deutlich geringerer Prozentsatz (5–53 %) das Adultstadium innerhalb des Versuchszeitraumes erreicht.

Tabelle 9

Mittlere Copepodidstadien der getesteten Copepodenspezies am Beginn und am Ende des Versuchszeitraumes in den unterschiedlichen Beuteansätzen. k.E. = kein Ergebnis.

Beute- spezies Copepoden- spezies	<i>C. campylum</i>		<i>C. campylum</i> + <i>Cryptomonas</i> sp.		<i>U. farcta</i> + <i>Cryptomonas</i> sp.		<i>Cryptomonas</i> sp.	
	Beginn	Ende	Beginn	Ende	Beginn	Ende	Beginn	Ende
<i>E. gracilis</i>	4,2	6,0	4,3	6,0	4,0	6,0	4,9	6,0
<i>E. graciloides</i>	4,3	5,9	3,5	6,0	3,7	6,0	4,2	6,0
<i>C. vicinus</i>	4,1	5,4	4,4	5,7	4,2	5,3	4,7	5,2
<i>C. abyssorum</i>	4,4	5,2	k. E.	k. E.	4,6	5,2	4,4	5,1

5.2.1 *Colpidium* versus *Colpidium* + *Cryptomonas*

In den *Colpidium*-Ansätzen ohne Zugabe von *Cryptomonas* erreichte *E. gracilis* die höchsten Häutungsraten mit einem Maximum an Exuvienfunden an Tag 2 (Abbildung 14 A). Nach vier Tagen hatten bereits 68 % der Copepoden das Adultstadium erreicht. Die Mortalität bis zu diesem Zeitpunkt betrug 12 % der eingesetzten Tiere und stieg bis zum Versuchsende nicht weiter an. In den Ansätzen mit *Colpidium* + *Cryptomonas* wurde der Hauptteil der Exuvien am 4. und 6. Tag registriert. Am Tag 6 hatten 67 % der Copepoden das Adultstadium erreicht (Abbildung 14 B). Es kam bis zum Ende des gesamten Versuchszeitraumes zu keinem Todesfall bei den Copepodiden. *E. graciloides* zeigte eine langsamere und gleichmäßigere Entwicklung. In den reinen *Colpidium*-Ansätzen hatten nach 14 Tagen 50 % der Copepoden das Adultstadium erreicht (Abbildung 14 C). Bei Fütterung mit *Colpidium* + *Cryptomonas* hatten nach 6 Tagen 50 % der Copepoden das Adultstadium erreicht (Abbildung 14 D). In den rei-

nen *Colpidium*-Ansätzen kam es zu keinem einzigen Todesfall. In den Ansätzen mit zusätzlicher Gabe von *Cryptomonas* betrug die Mortalität 4 % an Tag 6 und stieg über den gesamten Versuchszeitraum nicht weiter an.

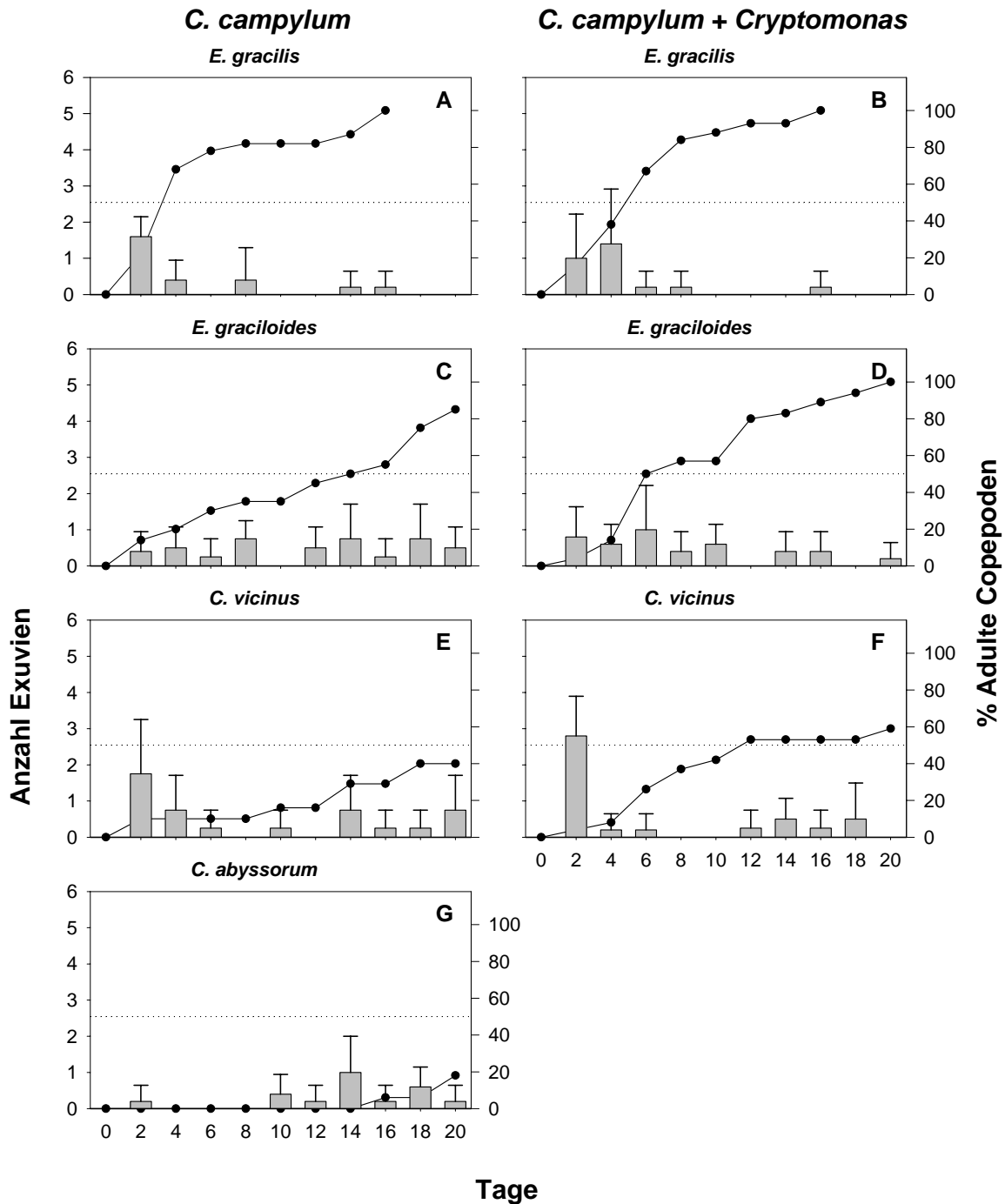


Abbildung 14

Copepodentwicklung *Eudiaptomus gracilis* (A, B), *Eudiaptomus graciloides* (C, D), *Cyclops vicinus* (E, F) und *Cyclops abyssorum* (G) in den Beuteansätzen mit dem bakterivoren Ciliaten *Colpidium campylum* (linke Spalte) und *C. campylum* + *Cryptomonas* sp. (rechte Spalte). Als Balkendiagramm dargestellt sind die Häutungen pro 2-tägigem Beobachtungsintervall (Anzahl Exuvien) über insgesamt 20 Tage als Mittelwerte mit Standardabweichung aus 5 Parallelansätzen – abzulesen an der linken Y-Achse. Die schwarzen Punkte zeigen den Anteil der Copepoden aus 5 Parallelansätzen, die das Adultstadium erreicht hatten – abzulesen an der rechten Y-Achse.

Die Copepodide von *Cyclops vicinus* zeigten eine kontinuierliche Entwicklung in den reinen *Colpidium*-Ansätzen. Am Versuchsende hatten nur 40 % der Copepoden das Adultstadium erreicht (Abbildung 14 E). In den Versuchsansätzen mit *Colpidium* + *Cryptomonas* zeigte *C. vicinus* ein unregelmäßiges Entwicklungsmuster. Am Tag 2 kam es zu einem deutlichen Maximum an Exuvienfunden. Danach verlief die Copepodidentwicklung gleichförmiger (Abbildung 14 F). Innerhalb von 12 Tagen hatten 53 % der Tiere das Adultstadium erreicht. Die Mortalität lag über den Gesamtversuchszeitraum berechnet bei 8 % in den reinen *Colpidium*-Ansätzen bzw. bei 4 % bei Zugabe von *Cryptomonas*.

Die Copepodidentwicklung von *C. abyssorum* zeigte in den Fütterungsansätzen mit *Colpidium* über die ersten 10 Versuchstage eine deutliche Verzögerung. Danach kam es zu einer gleichförmigen Entwicklung (Abbildung 14 G). Am Versuchsende hatten nur 18 % der Copepoden das Adultstadium erreicht. Die Mortalität lag innerhalb der ersten 4 Tage bereits bei 24 %, stieg aber im weiteren Versuchsverlauf nicht mehr an. Aus unbekanntem Gründen starben alle *C. abyssorum* Copepodide in den Ansätzen mit *Colpidium* + *Cryptomonas* innerhalb von 4 Tagen nach Versuchsbeginn.

5.2.2 *Cryptomonas* versus *Urotricha* + *Cryptomonas*

E. gracilis zeigte bei Fütterung mit *Urotricha* + *Cryptomonas* einen starken Entwicklungsspeak am Tag 4 nach Versuchsbeginn, an dem bereits 64 % der Tiere das Adultstadium erreicht hatten (Abbildung 15 A). Bis zu diesem Zeitpunkt war nur 1 Tier von 25 eingesetzten verstorben, was einer Mortalität von 4 % entsprach und über den gesamten Versuchszeitraum nicht weiter anstieg. In den reinen *Cryptomonas*-Ansätzen zeigte *E. gracilis* eine sehr ähnliche Entwicklung. Am Tag 8 hatten 50 % der Copepoden das Adultstadium erreicht (Abbildung 15 B). Bis zu diesem Zeitpunkt war kein Copepodid gestorben. Zum Ende des Versuchszeitraumes betrug die Gesamtmortalität der Juvenilstadien 4 % (1 Tier).

In den Versuchsansätzen mit *E. graciloides* auf *Urotricha* + *Cryptomonas* erreichten 85 % der eingesetzten Tiere das Adultstadium innerhalb von 10 Tagen nach Versuchsbeginn (Abbildung 15 C). Innerhalb dieser Zeit kam es zu keinem Todesfall in dieser Versuchspopulation. Die Gesamtmortalität zu Versuchsende betrug wiederum 4 %. In den Versuchsansätzen mit alleiniger *Cryptomonas*-Fütterung zeigte *E. graciloides* eine kontinuierliche Entwicklung. Am 18. Tag hatten 59 % der Tiere das Adultstadium erreicht (Abbildung 15 D), bei einer Juvenilmortalität von 24 % bis zu diesem Zeitpunkt. Die Unterschiede in den Entwicklungszeiten zwischen diesen beiden Versuchsansätzen waren am stärksten ausgeprägt, was an den deutlich jüngeren Copepodidstadien zu Beginn des Experimentes in den Ansätzen mit *Urotricha* + *Cryptomonas* lag (siehe Tabelle 9).

In den Ansätzen mit *C. vicinus* auf *Urotricha* + *Cryptomonas* wurden die ersten Exuvien am Tag 2 gefunden. Am Tag 26, dem Ende der Versuchsperiode, hatten 31 % der eingesetzten Copepoden das Adultstadium erreicht (Abbildung 15 E). In den reinen *Cryptomonas*-Ansätzen zeigte *C. vicinus* dagegen innerhalb der ersten 11 Tage eine Verzögerung in der Entwicklung (Abbildung 15 F). Am Ende des Experimentes hatten nur 20 % der Tiere das Adultstadium erreicht. In beiden Beuteansätzen kam es innerhalb des Versuchszeitraumes nicht zu Todesfällen.

Die ersten Exuvien von *C. abyssorum* wurden am Tag 4 in den Ansätzen mit *Urotricha* + *Cryptomonas* gefunden. Am Ende des Versuchszeitraumes hatten nicht mehr als 17 % der Tiere das Adultstadium erreicht (Abbildung 15 G). Wie auch schon für *C. vicinus* beschrieben, war auch die Entwicklung von *C. abyssorum* bei Fütterung allein mit *Cryptomonas* verzögert. Die ersten Exuvien in diesen Versuchsansätzen wurden am Tag 17 gefunden. Nach 22 Tagen hatte sich nur ein Individuum zum Adultstadium gehäutet. Dieses wurde 2 Tage später allerdings tot aufgefunden (Abbildung 15 H). In beiden Beuteansätzen kam es innerhalb des Gesamtversuchszeitraumes zu keinem Todesfall der Juvenilstadien.

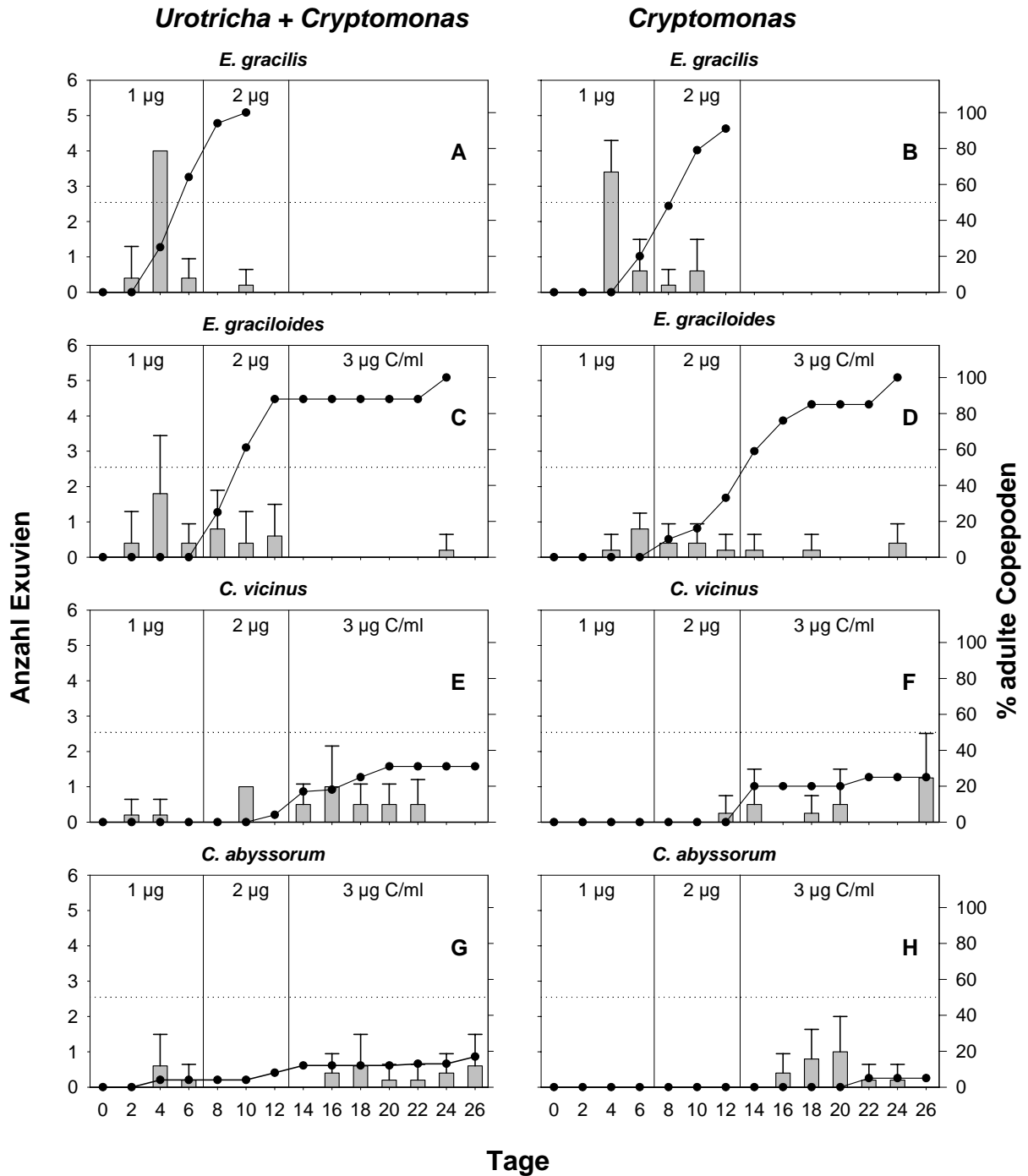


Abbildung 15

Copepodentwicklung *Eudiaptomus gracilis* (A, B), *Eudiaptomus graciloides* (C, D), *Cyclops vicinus* (E, F) und *Cyclops abyssorum* (G) in den Beuteansätzen mit dem algivoren Ciliaten *Urotricha farcta* (linke Spalte) und in den reinen *Cryptomonas*-Ansätzen (rechte Spalte). Als Balkendiagramm dargestellt sind die Häutungen pro 2-tägigem Beobachtungsintervall (Anzahl Exuvien) über insgesamt 20 Tage als Mittelwerte mit Standardabweichung aus 5 Parallelansätzen – abzulesen an der linken Y-Achse. Die schwarzen Punkte zeigen den Anteil der Copepoden aus 5 Parallelansätzen, die das Adultstadium erreicht haben – abzulesen an der rechten Y-Achse. Die Zeiträume, in denen das Nahrungsangebot von 1 auf 2 und schließlich 3 $\mu\text{g C mL}^{-1}$ angehoben wurde, sind durch senkrechte Linien voneinander abgegrenzt.

5.2.3 Häutungsraten

Der Vergleich der Durchschnittshäutungsraten zeigte, dass *E. gracilis* mit 0,248 Exuvien $\text{Cop}^{-1}\text{d}^{-1}$ und einer durchschnittlichen Dauer eines Copepodidstadiums von 4,0 Tagen die kürzesten Entwicklungszeiten in den Versuchsansätzen mit *Urotricha* + *Cryptomonas* zeigte (Abbildung 16 A). Die Unterschiede zu den anderen Beuteansätzen waren signifikant ($P < 0,01$). Die Fütterung mit *Cryptomonas* führte zu etwa halb so hohen Häutungsraten. Die beiden Ansätze mit *Colpidium* ohne *Cryptomonas*-Zugabe und *Colpidium* mit *Cryptomonas*-Zugabe ergaben keinen Unterschied in den Häutungsraten.

Für *E. graciloides* fanden sich die höchsten Häutungsraten ebenfalls in den *Urotricha* + *Cryptomonas*-Ansätzen, gefolgt von *Colpidium* + *Cryptomonas* (Abbildung 16 B). Die Unterschiede in der Entwicklungsgeschwindigkeit zwischen den Beuteansätzen waren weniger deutlich als bei *E. gracilis*, trotzdem waren die Unterschiede zwischen den *Urotricha*- gegenüber den übrigen Beuteansätzen signifikant ($P < 0,05$).

C. vicinus zeigte insgesamt niedrigere Häutungsraten als die beiden calanoiden Arten. *Urotricha* + *Cryptomonas* sorgte auch bei *C. vicinus* für die höchsten Häutungsraten, auch wenn es – ebenso wie in den reinen *Cryptomonas*-Ansätzen – zu einer Entwicklungsverzögerung in den ersten 8 bis 12 Tagen kam (Abbildung 16 C). Signifikant waren die Unterschiede zwischen den *Urotricha*- und den reinen *Cryptomonas*-Ansätzen ($P < 0,01$) sowie zwischen den *Colpidium*- und den *Cryptomonas*-Ansätzen ($P < 0,05$).

Für *C. abyssorum* konnten keine signifikanten Unterschiede in den Häutungsraten zwischen den unterschiedlichen Beuteansätzen festgestellt werden (Abbildung 16 D). Auffällig war aber eine Entwicklungsverzögerung in allen Beuteansätzen – inklusive der *Colpidium*-Ansätze –, in denen das Nahrungsangebot in Kohlenstoffeinheiten bemessen deutlich höher war als in den *Urotricha* + *Cryptomonas*- bzw. den reinen *Cryptomonas*-Ansätzen.

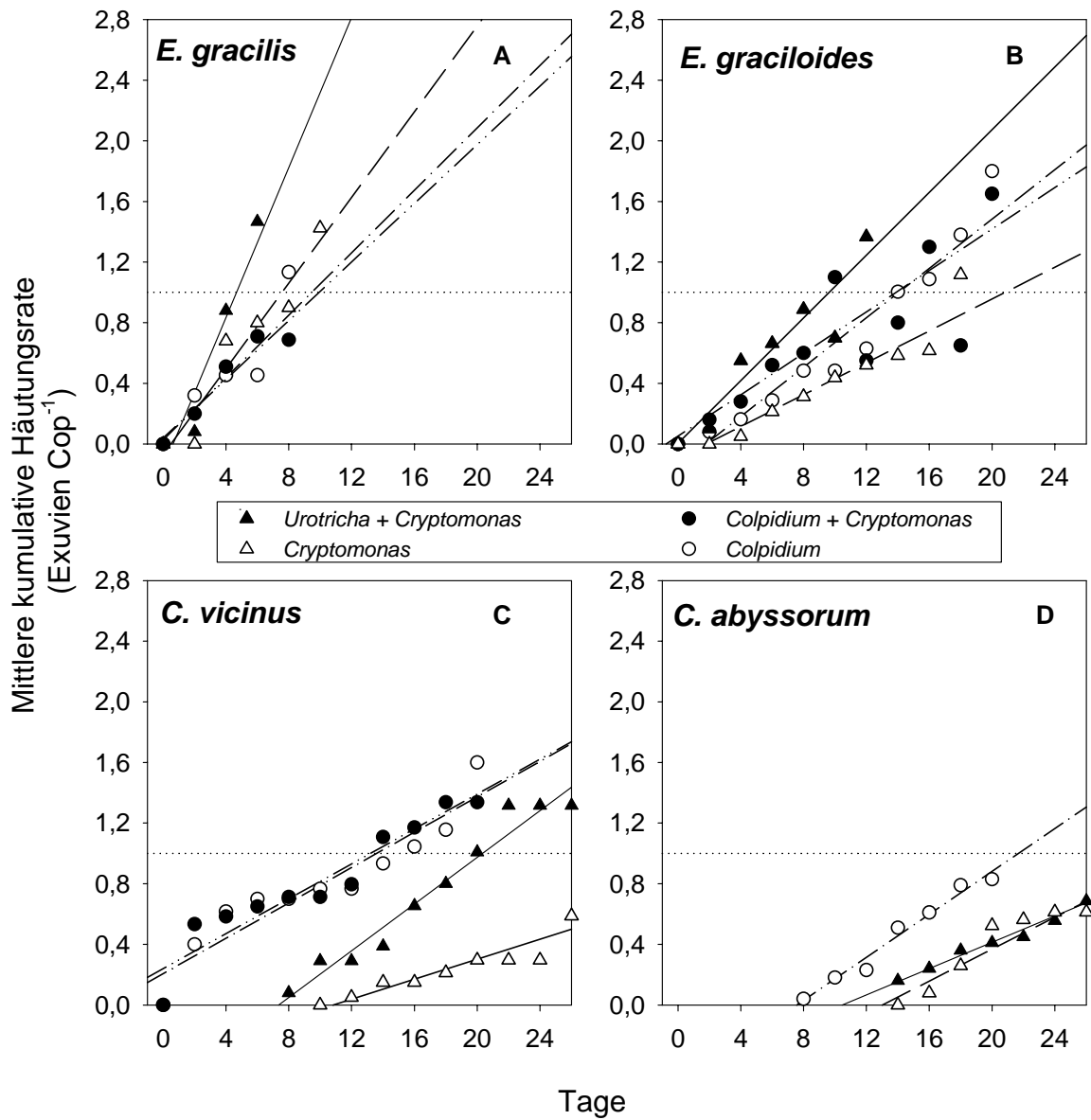


Abbildung 16

Mittlere kumulative Häutungsrate von *E. gracilis* (A), *E. graciloides* (B), *C. vicinus* (C) und *C. abyssorum* (D) in den getesteten unterschiedlichen Beuteansätzen mit Regressionen berechnet als kleinste Abweichungsquadrate (vgl. Text) in Abhängigkeit von der Zeit. Die Symbole sind in der Legende in der Mitte der Abbildung erklärt. Die gepunkteten Linien zeigen die Lage einer ganzen mittleren Häutung an.

5.3 Reproduktion

Für alle untersuchten Copepodenarten konnte gezeigt werden, dass sowohl bakterivore als auch algivore Ciliaten als alleinige bzw. hauptsächliche Nahrung die Reproduktion ermöglichen. Es konnten signifikant unterschiedliche Eibildungsraten sowie Schlupferfolge für die getesteten Copepoden bei Fütterung mit unterschiedlichen Beuteorganismen nachgewiesen werden.

5.3.1 Eiproduktion *Eudiaptomus graciloides*

Im direkten Vergleich verschiedener Reproduktionsparameter von *E. graciloides* in den vier unterschiedlichen Beutesuspensionen wurden die höchsten Reproduktionsraten bei Fütterung mit *Cryptomonas phaseolus* gefunden, gefolgt von *Coleps* sp. In den Ansätzen mit *Tetrahymena pyriformes* wurde eine geringe und in den Hungeransätzen keine Reproduktionsleistung festgestellt.

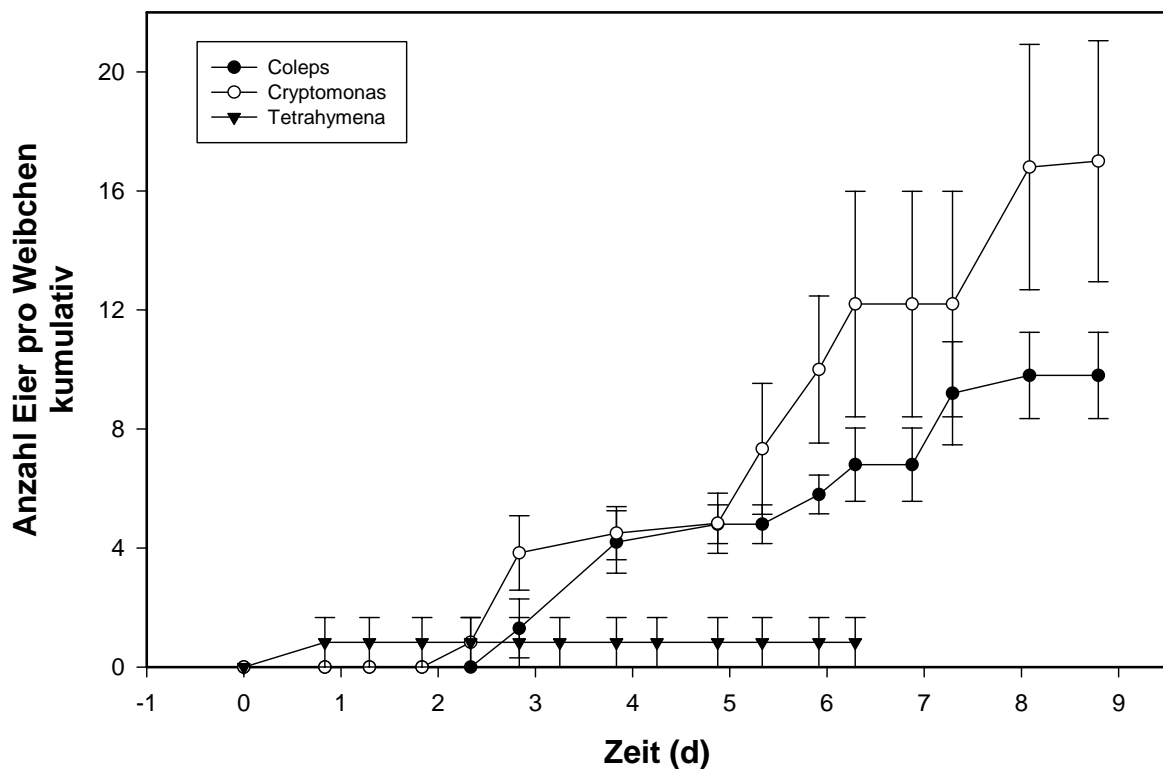


Abbildung 17

Eibildung von *Eudiaptomus graciloides* pro Weibchen kumulativ aufgetragen über den Beobachtungszeitraum von 10 Tagen. Die Werte zeigen die Mittelwerte mit Standardfehlern aus jeweils 6 Parallelansätzen, in denen wiederum jeweils 1 Weibchen eingesetzt war. Die Beuteansätze sind in der Legende in der oberen linken Ecke der Graphik angegeben.

In Abbildung 17 sind die mittleren Eibildungszahlen von 6 eingesetzten *E. graciloides* Weibchen kumulativ über den Versuchszeitraum von 9 Tagen dargestellt, wobei die *Tetrahymena*-Ansätze wegen Mortalität nur über 7 Tage verfolgt werden konnten. *Cryptomonas phaseolus* ermöglichte die höchsten mittleren Eibildungszahlen mit 16,8 Eiern pro Weibchen nach 10 Tagen. Die mittlere Eizahl in den Ansätzen mit *Coleps* sp. war mit 8,2 Eiern pro Weibchen nach 10 Tagen halb so groß. Die Unterschiede zwischen beiden Ansätzen waren dabei im t-Test signifikant unterschiedlich ($P < 0,05$). In den Ansätzen mit *Tetrahymena pyriformes* ergab sich am Tag 7 eine gegenüber den *Cryptomonas*-Ansätzen (12,2 Eier pro Weibchen) signifikant ($P < 0,05$) niedrigere mittlere Eizahl von 0,8 Eiern pro Weibchen, wobei insgesamt nur ein Eigelege mit 5 Eiern gebildet wurde. In den Hungeransätzen wurden gar keine Eier gebildet. Die ermittelten Eizahlen verteilten sich im Mittel auf 2,6 Gelege pro Weibchen in den *Cryptomonas*-Ansätzen sowie 1,7 bzw. 0,2 Gelege pro Weibchen in den *Coleps*- bzw. *Tetrahymena*-Ansätzen. Die Unterschiede waren signifikant ($P < 0,05$) zwischen allen Ansätzen (Abbildung 16 A).

Die mittlere beobachtete Gelegegröße betrug 4,9 Eier pro Gelege in den *Coleps*-Ansätzen sowie 6,1 Eier pro Gelege in den *Cryptomonas*-Ansätzen (Abbildung 16 B). Dieser Unterschied zwischen beiden Beuteansätzen war nicht signifikant. In den *Tetrahymena*-Ansätzen wurde insgesamt nur ein Gelege mit 5 Eiern gebildet. Dieser Wert passt sehr gut zu den Werten aus den *Cryptomonas*- und *Coleps*-Ansätzen, wurde als Einzelwert aber nicht in den statistischen Vergleich mit einbezogen.

Auch die Schlupferfolge (Abbildung 16 C) der Nauplien aus den *Cryptomonas*- (89 %) und den *Coleps*-Ansätzen (95 %) zeigten keine signifikanten Unterschiede. Der Schlupferfolg der 5 Eier aus den *Tetrahymena*-Ansätzen betrug 100 %, wurde aber nicht in den statistischen Vergleich mit einbezogen.

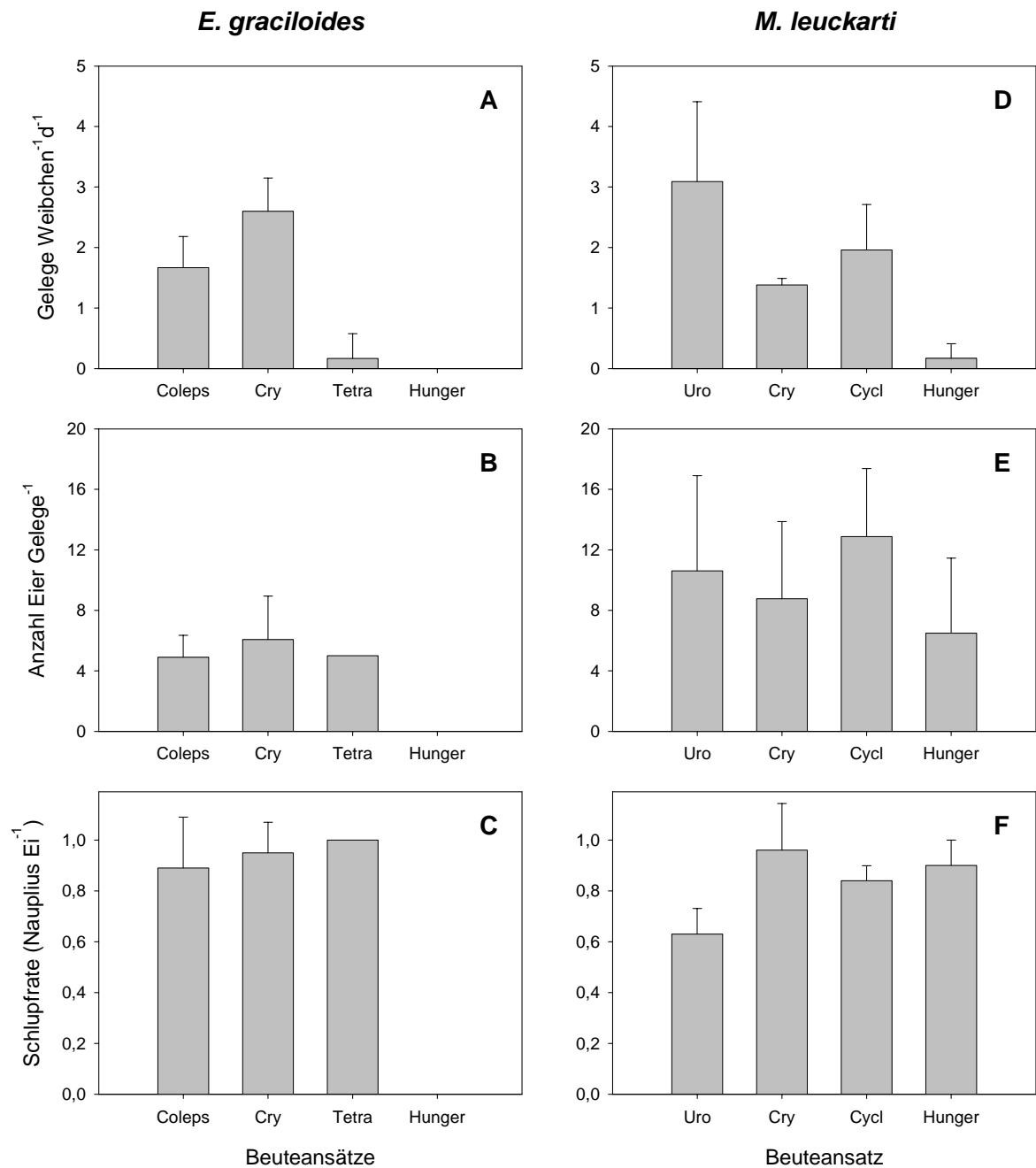


Abbildung 18

Reproduktionsparameter von *E. graciloides* (linke Spalte) und *M. leuckarti* (rechte Spalte). Anzahl der Gelege pro Weibchen von *E. graciloides* (A), die über den Versuchszeitraum von 9 Tagen gebildet wurden, sowie von *M. leuckarti* (D) über den Versuchszeitraum von 23 Tagen. Gelegegröße als Anzahl der Eier pro Gelege *E. graciloides* (B), *M. leuckarti* (E). Schlupferfolg als Anzahl der geschlüpften Nauplien pro Anzahl der gebildeten Eier, *E. graciloides* (C), *M. leuckarti* (F). Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung an. Coleps = *Coleps* sp., Cry = *Cryptomonas phaseolus*, Cycl = *Cyclidium* sp., Tetra = *Tetrahymena pyriformis*, Hunger = Hungeransätze. Für Unterschiede in der Versuchsdurchführung mit beiden Copepodenspezies vgl. Text.

In allen untersuchten Beuteansätzen kam es zu einer Abundanzabnahme der Versuchspopulation von *E. graciloides* durch Mortalität. In den *Coleps*- und den *Cryptomonas*-Ansätzen wurde ein ähnlicher Verlauf des Populationsrückgangs (Abbildung 19) sowie eine ähnliche Gesamtmortalität von 39 % bzw. 44 % über den Versuchszeitraum festgestellt. Diese unterschiede-

den sich von den Populationsverläufen in den *Tetrahymena*- sowie den Hungeransätzen (Abbildung 19) mit einer Gesamtmortalität von 89 % bzw. 100 %.

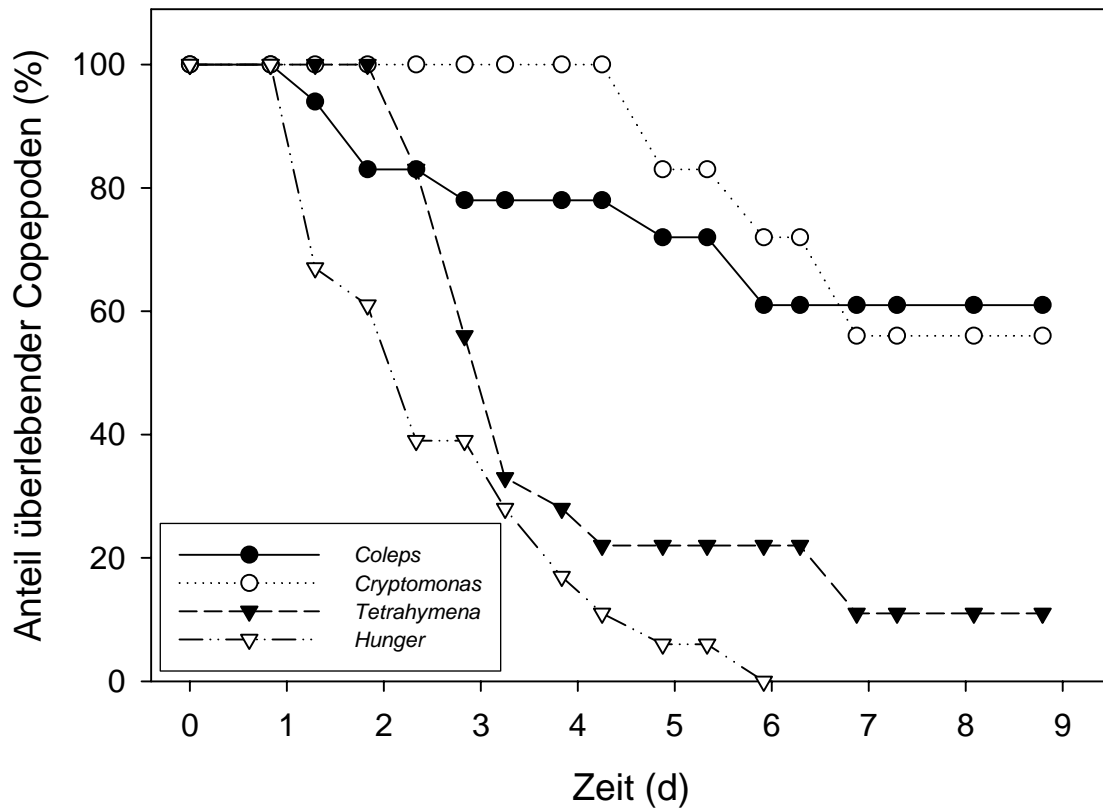


Abbildung 19

Eudiaptomus graciloides Anteil (%) der überlebenden Copepoden aus den zusammengefassten 6 Parallelansätzen während der Experimente zur Reproduktion in den 4 getesteten Beuteansätzen über den Versuchszeitraum. Die Beuteansätze sind in der Legende in der Abbildung links unten angegeben.

Die Überlebenszeiten der einzelnen Copepoden wurden für Männchen und Weibchen getrennt erfasst. Da ein statistischer Vergleich zwischen Männchen und Weibchen jedoch keinen Unterschied in den Überlebenszeiten ergab, wurden zum Vergleich und zur Darstellung der Überlebenszeiten in den unterschiedlichen Beuteansätzen die Werte der Männchen und Weibchen zusammengefasst. Die mittleren Überlebenszeiten in den Ansätzen mit *Coleps* sowie *Cryptomonas* waren mit $161 (\pm 71)$ bzw. $180 (\pm 39)$ Stunden signifikant höher als in den Ansätzen mit *Tetrahymena* (98 ± 52 h) und in den Hungeransätzen (63 ± 34 h) (F-test, $P < 0,05$). Die Unterschiede in den Überlebenszeiten zwischen den *Coleps*- und *Cryptomonas*-Ansätzen waren nicht signifikant, ebenso wenig wie die Unterschieden zwischen den *Tetrahymena*- und den Hungeransätzen (F-test, $P < 0,05$).

5.3.2 Eiproduktion *Mesocyclops leuckarti*

Die Reproduktionsleistung von *M. leuckarti* wurde in Beuteansätzen mit dem algivoren Ciliaten *Urotricha farcta*, dem Phytoflagellaten *Cryptomonas phaseolus*, dem bakterivoren Ciliaten *Cyclidium* sp. sowie in Hungeransätzen ohne Beutezugabe getestet. Die Ergebnisse zeigten eine deutliche Rangabfolge mit signifikanten Abstufungen in den Eibildungsraten zwischen allen vier Beuteansätzen. In Abbildung 20 sind die durchschnittlichen Eizahlen von *M. leuckarti* aus den vier getesteten Beuteansätzen pro Weibchen kumulativ über den Versuchszeitraum dargestellt. Die höchsten Werte mit durchschnittlich 41 gebildeten Eiern pro Weibchen wurden nach 23 Tagen Versuchszeit für die *Urotricha*-Ansätze festgestellt. Mit durchschnittlich 27 Eiern pro Weibchen lag die Eibildungsrate in den *Cyclidium*-Ansätzen an zweiter Stelle. In den *Cryptomonas*-Ansätzen wurden am Ende der Versuchszeit im Durchschnitt 12 Eier pro Weibchen registriert. In den Hungeransätzen wurden im Durchschnitt noch 1,2 Eier pro Weibchen gefunden. Da immer mindestens 5 Weibchen in einem Versuchsgefäß eingesetzt waren und die Eier regelmäßig entfernt wurden, konnten die Gelege nicht wie in dem Versuch mit *E. graciloides* individuellen Tieren zugeordnet werden.

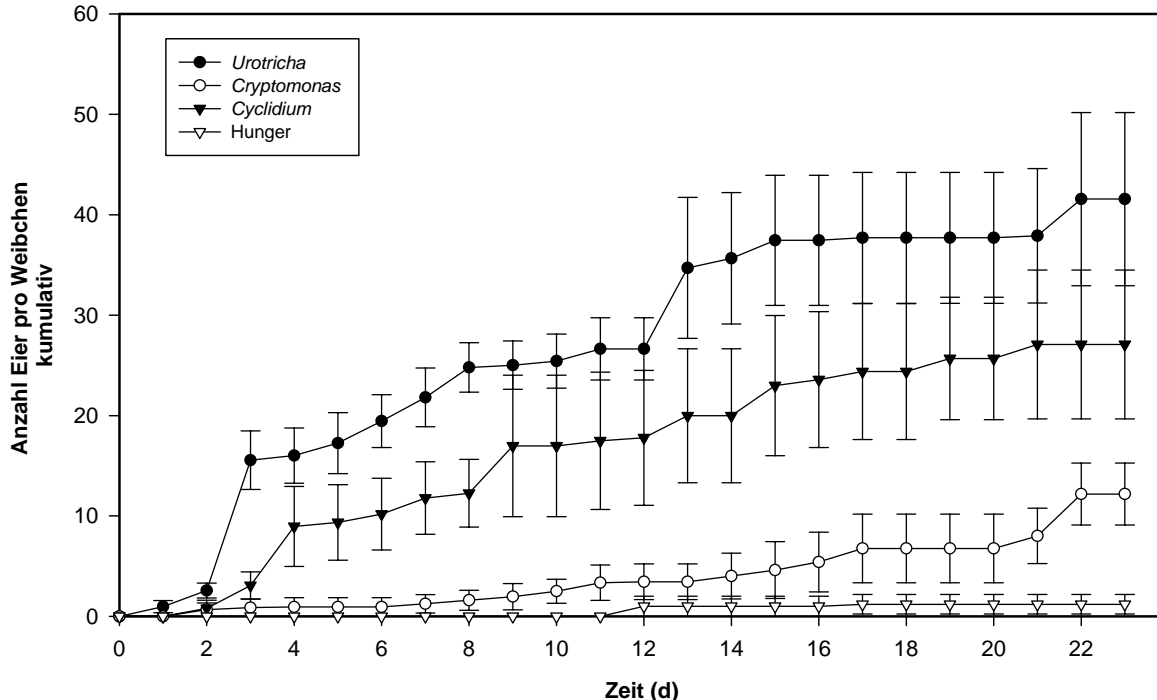


Abbildung 20

Eibildung von *Mesocyclops leuckarti* pro Weibchen kumulativ aufgetragen über den Beobachtungszeitraum von 23 Tagen. Die Werte zeigen die Mittelwerte mit Standardabweichung aus jeweils 5 Parallelansätzen, in denen wiederum jeweils 5 Weibchen eingesetzt waren. Die Symbole der Beuteansätze sind in der Legende in der oberen linken Ecke der Graphik angegeben.

Die Anzahl der Eier in den *Urotricha*-Ansätzen verteilte sich im Mittel auf 3 Gelege pro Weibchen, in den *Cryptomonas*-Ansätzen auf 1,5 Gelege pro Weibchen, die über den Versuchszeitraum von 23 Tagen gebildet wurden (Abbildung 18 D). In den *Cyclidium*-Ansätzen wurden 2 und in den Hungeransätzen immerhin noch 0,2 Gelege pro Weibchen gebildet. Der Vergleich der Mittelwerte für die Anzahl der Gelege pro Weibchen (Abbildung 18 E) zeigt die gleiche Rangfolge wie für die Anzahl der Eier pro Weibchen (Abbildung 20), wobei bei dieser Berechnung nur noch die Unterschiede zwischen den *Urotricha*- und den Hungeransätzen signifikant waren.

Die Gelegegröße betrug in den *Urotricha*-Ansätzen bei 61 registrierten Gelegen 10,6 Eier pro Gelege (Abbildung 18 E). In den *Cryptomonas*-Ansätzen wurden insgesamt 14 Gelege registriert, die eine mittlere Eizahl von 8,8 Eiern pro Gelege hatten. Am höchsten war sie mit 12,9 Eier pro Gelege bei einer Gesamtzahl von 33 Gelegen in den *Cyclidium*-Ansätzen. Die Unterschiede zwischen diesen drei Ansätzen waren nicht signifikant (F-test, $P < 0,05$). Die mittlere Gelegegröße in den Hungeransätzen betrug 6,5 Eier pro Gelege. Da in diesen Ansätzen aber insgesamt nur 2 Gelege gebildet wurden, wurden diese Werte nicht mit in die Statistik einbezogen. Der Schlupferfolg war in den *Urotricha*-Ansätzen bei den höchsten kumulativen Eizahlen mit 61 % am niedrigsten (Abbildung 18 F), gefolgt von *Cyclidium* (84 %). Die Werte für die *Cryptomonas*- und den Hungeransätze betrugen 96 % bzw. 90 %. Diese Unterschiede sind nach Vergleich mit dem Kruskal-Wallis-Test ($P < 0,05$) als zufällig anzusehen.

In allen vier getesteten Beuteansätzen kam es über den Versuchszeitraum zu einer Abundanzabnahme der Versuchspopulation durch Mortalität von mehr als 70 %. Der Verlauf dieser Abundanzabnahme (Abbildung 21) war in allen Ansätzen ähnlich. In der Abbildung wurde auf die Darstellung von Fehlerbalken verzichtet, um die Übersichtlichkeit zu erhalten. Die mit *Urotricha* gefütterten Copepoden überlebten im Durchschnitt $15,6 \pm 7,8$ Tage. In den *Cryptomonas*- sowie den *Cyclidium*-Ansätzen betrug die mittlere Überlebenszeit $14,3 \pm 6,0$ bzw. $14,6 \pm 7,7$ Tage. Die kürzeste durchschnittliche Überlebenszeit erreichte *Mesocyclops* mit $13,0 \pm 7,3$ Tagen in den Hungeransätzen. Der Vergleich der Überlebenszeiten aller Individuen in den Versuchspopulationen ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den unterschiedlichen Beuteansätzen, sodass die Mortalität unabhängig von der Nahrungsgrundlage war.

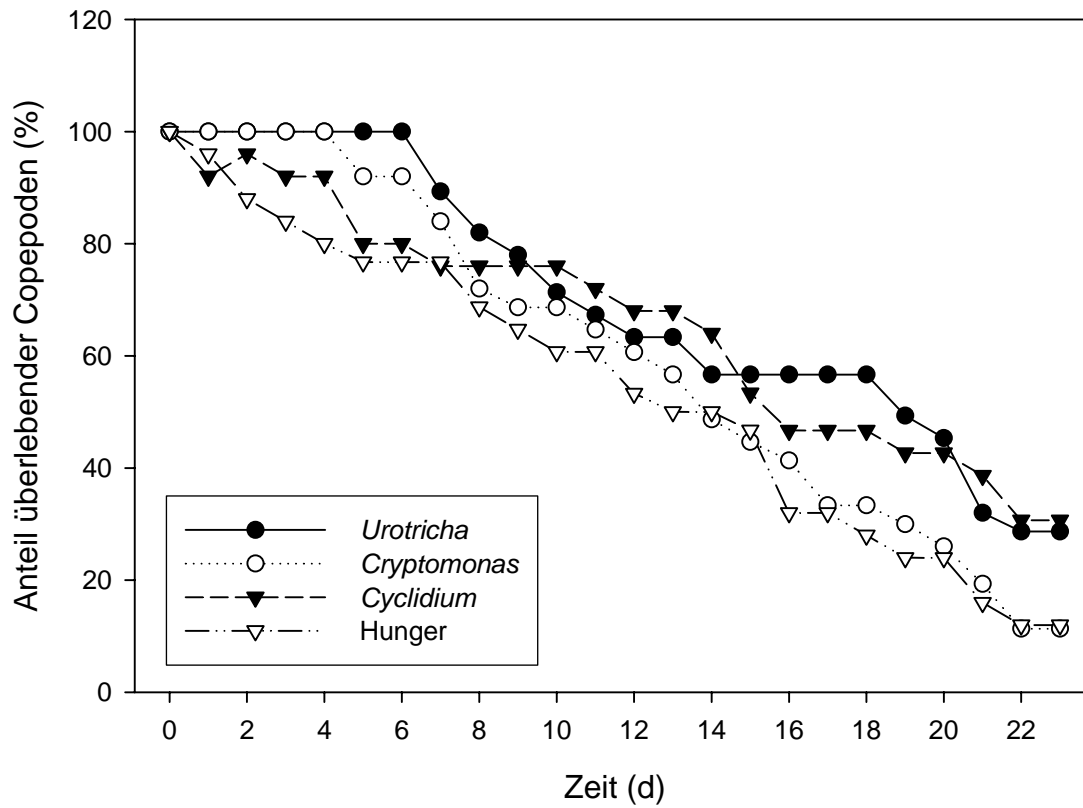


Abbildung 21

Überlebensraten von *Mesocyclops leuckarti* als Anteil (%) der überlebenden Copepoden an der Anzahl der eingesetzten Tiere. Dargestellt sind die Mittelwerte aus jeweils 5 Parallelansätzen während der Experimente zur Reproduktion in den 4 getesteten Beuteansätzen über den Versuchszeitraum. Auf die Darstellung von Fehlerbalken wurde zugunsten der Übersichtlichkeit verzichtet. Die Symbole der Beuteansätze sind in der Legende in der Abbildung links unten angegeben.

5.3.3 Reproduktionsbeobachtungen *Eudiaptomus* / *Cyclops*

E. gracilis konnte sich in allen untersuchten Beuteansätzen reproduzieren. In den *Urotricha*-Ansätzen konnten 5 von 10 eingesetzten Weibchen Eigelege bilden. In den reinen *Cryptomonas*-Ansätzen konnten sich alle eingesetzten Weibchen von *E. gracilis* reproduzieren. Sowohl in den reinen *Colpidium*-Ansätzen als auch in *Colpidium* + *Cryptomonas*-Ansätzen konnten nur 3 von 8 bzw. 4 von 13 Copepodenweibchen Gelege bilden (Tabelle 10). Die mittlere Gelegegröße ist in allen Beuteansätzen mit 5–6 Eiern etwa gleich groß (Tabelle 11). Die Zeit zwischen Erreichen der Geschlechtsreife bis zur Bildung der ersten Gelege dauerte im Mittel zwischen 3,2–5,5 Tage. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Beuteansätzen waren statistisch nicht signifikant. In allen Ansätzen mit Ausnahme der reinen *Colpidium*-Ansätze konnten einige Weibchen auch 2 Gelege hintereinander bilden.

Für *E. graciloides* wurden ebenfalls in allen Beuteansätzen adulte Weibchen für die Reproduktionsbeobachtung eingesetzt. Gelege wurden nur in den reinen *Colpidium*- sowie in den *Colpidium* + *Cryptomonas*-Ansätzen gebildet. Die mittlere Anzahl der Gelege pro Weibchen lag unter 1 (Tabelle 10), die Anzahl der Eier pro Gelege lag bei 2,5–5,1 (Tabelle 11), die Zeitdauer vom Erreichen der Geschlechtsreife bis zur Bildung des ersten Geleges betrug etwa 7 Tage.

Für *C. vicinus* konnte ebenfalls nur eine Reproduktion in den *Colpidium*- sowie in den *Colpidium* + *Cryptomonas*-Ansätzen beobachtet werden. In den *Colpidium* + *Cryptomonas*-Ansätzen konnten sich 5 von 7 beobachteten Weibchen reproduzieren, wobei im Mittel 1,4 Gelege pro Weibchen gebildet wurden (Tabelle 10). In den reinen *Colpidium*-Ansätzen konnten beide eingesetzten Weibchen 1 Gelege bilden. Die mittlere Gelegegröße war in den beiden unterschiedlichen *Colpidium*-Ansätzen mit 26–28 Eiern pro Gelege etwa gleich groß. Die Zeitdauer vom Erreichen der Geschlechtsreife zur ersten Gelegebildung lag bei 3–8 Tagen.

Tabelle 10

Anzahl Gelege pro Weibchen über den jeweiligen Beobachtungszeitraum nach Erreichen der Geschlechtsreife ± Standardabweichung. n = Anzahl der registrierten Gelege. Cry = *Cryptomonas* sp. Uro + Cry = *Urotricha farcta* + *Cryptomonas* sp., Colp = *Colpidium campylum*, Colp + Cry = *Colpidium campylum* + *Cryptomonas* sp., n = Anzahl der in den Versuch eingeschlossenen adulten Weibchen, k. B. = keine Beobachtung.

Beuteansatz	<i>E. gracilis</i>		<i>E. graciloides</i>		<i>C. vicinus</i>	
	Gelege/W	n	Gelege/W	n	Gelege/W	n
Uro+Cry	0,6 ± (0,7)	10	0	5	0	2
Cry	1,0 ± (0,6)	16	0	9	k. B.	0
Colp	0,4 ± (0,5)	8	0,2 ± (0,4)	9	1,0 ± (0,0)	2
Colp+Cry	0,4 ± (0,6)	13	0,8 ± (0,7)	16	1,4 ± (1,1)	7

Tabelle 11

Gelegegröße als mittlere Anzahl Eier pro Gelege ± Standardabweichung. n = Anzahl der registrierten Gelege. Alle anderen Angaben wie in Tabelle 10.

Beuteansatz	<i>E. gracilis</i>		<i>E. graciloides</i>		<i>C. vicinus</i>	
	Anzahl Eier	n	Anzahl Eier	n	Anzahl Eier	N
Uro+Cry	6,5 ± (1,6)	6	0	0	0	0
Cry	5,4 ± (2,3)	16	0	0	k. B.	0
Colp	5,7 ± (2,1)	3	2,5 ± (2,1)	2	28,0 ± (5,7)	2
Colp+Cry	5,8 ± (2,0)	5	5,1 ± (1,7)	13	26,1 ± (6,2)	10

5.4 Ingestion in Abhängigkeit von Sauerstoffkonzentration

Die Überlebensrate von *E. graciloides* in den Versuchsgefäßen mit einer eingestellten relativen Sauerstoffkonzentration von 5 % betrug über den gesamten Beobachtungszeitraum von 4 Stunden im Mittel 90 % (Abbildung 22). Dabei ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Überlebensraten.

E. graciloides zeigte positive Ingestionsraten auf *Coleps* sp. bei relativen Sauerstoffkonzentrationen ≥ 5 %. In den Versuchsansätzen mit 2 % relativer Sauerstoffsättigung waren dagegen spätestens nach 1 h alle Copepoden gestorben (Abbildung 23). Die Messungen der Sauerstoffkonzentration zu Beginn und zum Ende der Inkubationszeit ergaben im Mittel einen Anstieg von 1 % relativer Sauerstoffsättigung. Da dieser Sauerstoff nur zum Versuchsstart mit der Zugabe der Copepoden eingetragen worden sein kann, wurde die O₂-Konzentration am Ende der Experimente als Ist-Wert für die jeweiligen Experimente angenommen. Die berechneten Ingestionsraten für den O₂-Konzentrationsbereich ≥ 5 % zeigten eine große Streuung, die kein Muster für eine Sauerstoffabhängigkeit erkennen liessen.

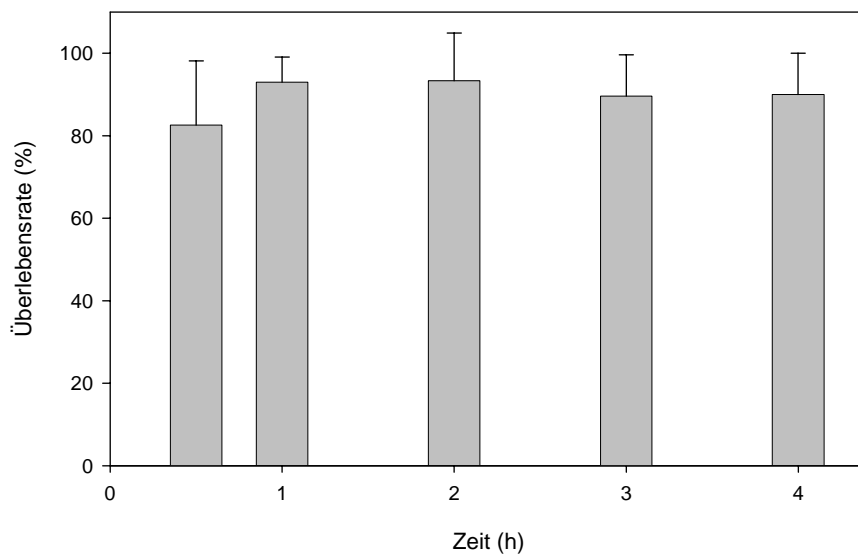


Abbildung 22

Überlebensrate (%) von *E. graciloides* in Abhängigkeit von Versuchszeit (h) in gasdichten Versuchsgefäßen bei einer O₂-Sättigung von 5 %. Dargestellt ist die mittlere Überlebensrate mit Standardabweichung aus 3 Parallelansätzen mit jeweils 10 Tieren pro Versuchsgefäß.

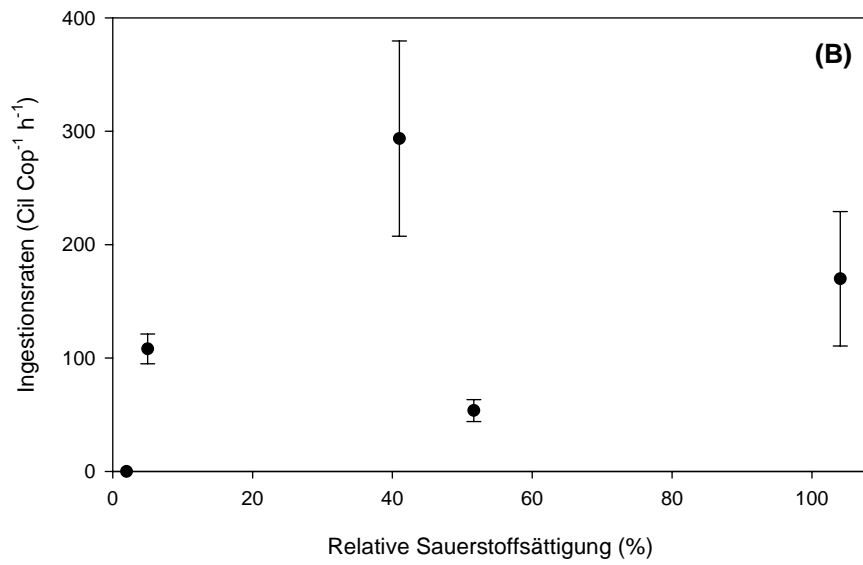


Abbildung 23

Ingestionsraten (Cil Cop⁻¹h⁻¹) von *E. graciloides* bei Fütterung mit *Coleps* sp. (300 Ciliaten mL⁻¹) bei unterschiedlichen relativen Sauerstoffsättigungen (%). Dargestellt sind Mittelwerte aus jeweils 5 Parallelansätzen mit Standardabweichung.

5.5 In situ Grazing-Experimente im DCM

5.5.1 Effekte auf Chlorophyll a

Die Chl a Werte in den *Enclosures* an den vier Versuchsterminen lagen zwischen minimal 27 und maximal 83 $\mu\text{g Chl a L}^{-1}$ (Abbildung 24). Die Chlorophyllwerte in den Experimenten wurden mittels Pigmentextraktion und anschließender HPLC bestimmt (siehe Kapitel 4.2.6) und ergaben wesentlich höhere Konzentrationen als die Werte aus den Sondenmessungen, wie sie in den Profildarstellungen (Abbildung 1) gezeigt sind. Die Chlorophyllwerte aus den Sondenmessungen waren dabei wesentlich ungenauer und entsprachen nicht der hier erreichten Messgenauigkeit. Die Fluorometersonde für die Tiefenprofilmessungen konnte nur für einen relativ engen Chl a-Konzentrationsbereich kalibriert werden und war für genaue Messungen im geringer konzentrierten Epilimnion kalibriert. Die Sondenmessungen waren lediglich dazu bestimmt, qualitative Unterschiede in der Chlorophyllkonzentration darzustellen sowie die Tiefenchlorophyllschicht zu detektieren.

Das Phytoplankton im DCM des Großen Vätersees bestand in den Versuchsjahren zu $71 \pm 19\%$ aus langfädigen (100–300 μm) Cyanobakterien, (*Planktothrix clathrata* und *Pseudanabaena catenata*) (Opitz 2005). Ein Teil dieser Blaualgenfäden wurde durch die Filtration des Wassers aus dem DCM über 64- μm -Netzbecher bei der Befüllung der Versuchsgefäße zurückgehalten. In den *Enclosures* wurden zwischen 11 und 50 % des Chl a gegenüber den unfiltrierten Proben zu Beginn des Versuches herausfiltriert (siehe Abbildung 24 A–D).

In den Kontrollansätzen ohne Räuberzugabe des Experimentes am 12./13. Juli kam es zu einer signifikanten Zunahme ($P = 0,023$) des Chl a-Gehaltes, ebenso wie in den Kontrollansätzen der Experimente vom 9./10. August ($P = 0,019$). An den übrigen beiden Terminen gab es kein Wachstum des Chl a.

Zu einem signifikanten negativen Einfluss der eingesetzten Räuber auf die Konzentration des Chl a kam es in den Ansätzen mit adulten Weibchen von *E. graciloides* ($P = 0,062$) am 22./23. August (Abbildung 24 C), mit Ingestionsraten von $0,40 \mu\text{g C Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ ($\text{CR} = 0,26 \pm 0,16 \text{ mL Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$). Die Selektionsindizes nach Jacobs (1974) ergaben positive Werte für Chl a ($D = 0,77$) (vgl. Abbildung 35 B, Seite 102). In den Ansätzen mit adulten Weibchen von *T. oithonoides* ($P = 0,039$) am 9./10. August ergaben sich Ingestionsraten von $0,79 \mu\text{g C Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ ($\text{CR} = 0,81 \pm 0,29 \text{ mL Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$), wobei auch hier eine positive Selektion von $D = 0,62$ zu verzeichnen war (Abbildung 35 D, Seite 102). In den Ansätzen mit den cyclopoiden Copepodiden ($P = 0,041$) im gleichen Experiment ging die Chl a-Abnahme mit einer Reduktion des APP einher (Abbildung 29 B). Ingestionsraten wurden mit $0,16 \mu\text{g C Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ ($\text{CR} = 0,16 \pm$

0,05 mL Ind⁻¹h⁻¹) – der Selektionsindex wurde mit $D = 0,40$ berechnet (Abbildung 37 B, Seite 105). Signifikant niedriger waren ebenfalls die Wachstumsraten in den *Community*-Ansätzen am 12./13. Juli ($P = 0,004$) und am 9./10. August ($P = 0,001$) mit Ingestionsraten von $0,12 \mu\text{g C Ind}^{-1}\text{h}^{-1}$ ($\text{CR} = 0,13 \pm 0,04 \text{ mL Ind}^{-1}\text{h}^{-1}$) bzw. von $0,19 \mu\text{g C Ind}^{-1}\text{h}^{-1}$ ($\text{CR} = 0,11 \pm 0,01 \text{ mL Ind}^{-1}\text{h}^{-1}$). Auch hier zeigt der Selektionsindex positive Werte von $D = 0,38$ bzw. $0,58$ (Abbildung 39 A, B, Seite 108).

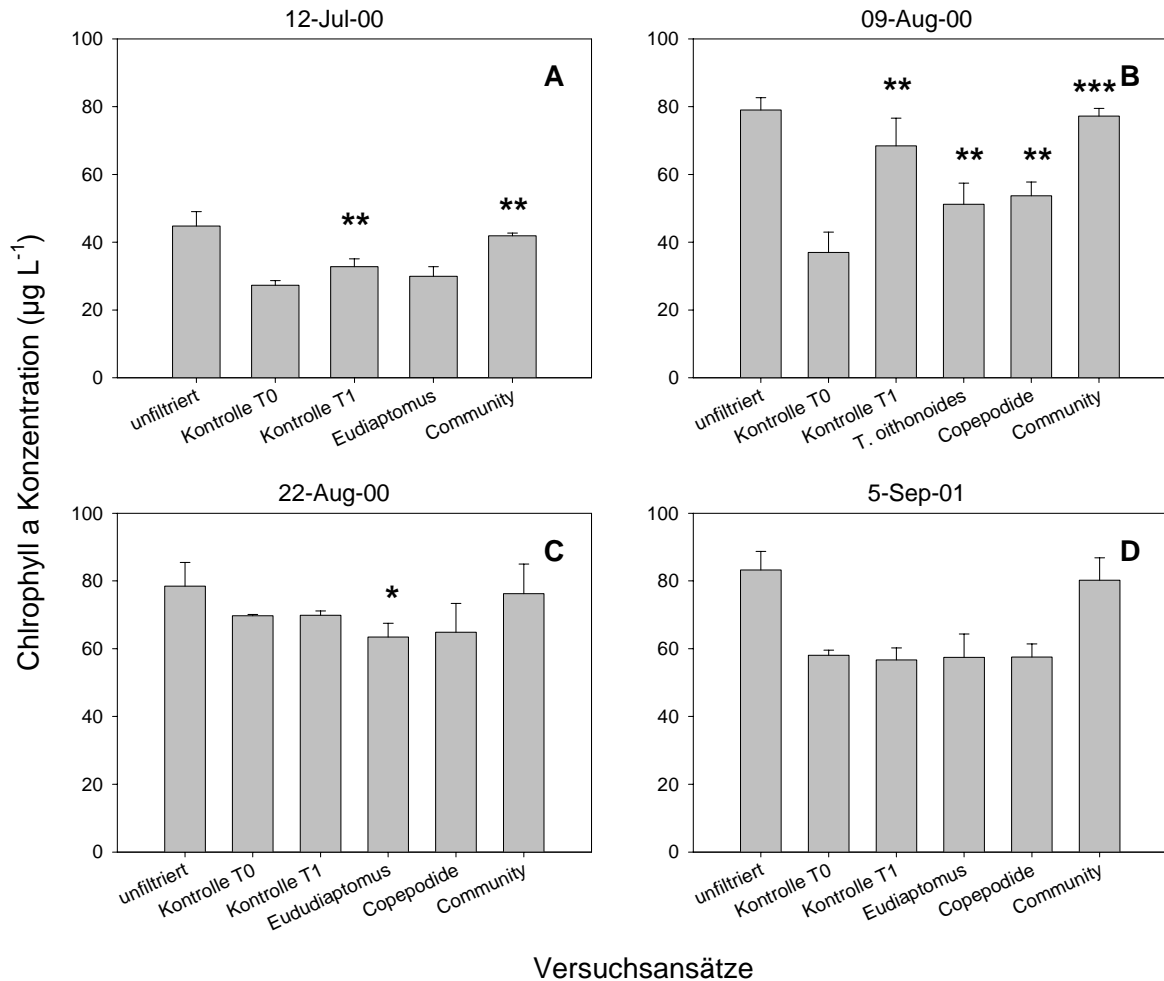


Abbildung 24

Konzentrationen von Chl a ($\mu\text{g C L}^{-1}$ mit Standardabweichung), in den *in situ*-Grazing-Experimenten im DCM des Großen Vätersees. Dargestellt sind die unfiltrierten Proben (*unfiltriert*) im Vergleich zu den unterschiedlichen Räuberansätzen und Kontrollansätzen zu Beginn (*Kontrolle T0*) und nach 24 h Inkubationszeit (*Kontrolle T1*) ohne Räuberzugabe. **A.** *Grazing*-Experiment am 12. Juli 2000 mit *E. graciloides* und der natürlichen Mesozooplanktongemeinschaft (*Community*). **B.** *Grazing*-Experiment am 9. August 2000 mit *T. oithonoides*, cyclopoiden Copepodiden (*Copepodide*) und der natürlichen Mesozooplanktongemeinschaft (*Community*). **C.** *Grazing*-Experiment am 22. August 2000 mit *E. graciloides* und der natürlichen Mesozooplanktongemeinschaft (*Community*). **D.** *Grazing*-Experiment am 5. September 2001 mit *E. graciloides*, cyclopoiden Copepodiden (*Copepodide*) und der natürlichen Mesozooplanktongemeinschaft (*Community*). Die Sternchen bezeichnen signifikante Unterschiede in den Abundanzen bzw. den Wachstumsraten zwischen Räuberansätzen und den Kontrollansätzen T1, * = $P < 0,10$; ** = $P < 0,05$; *** = $P < 0,001$.

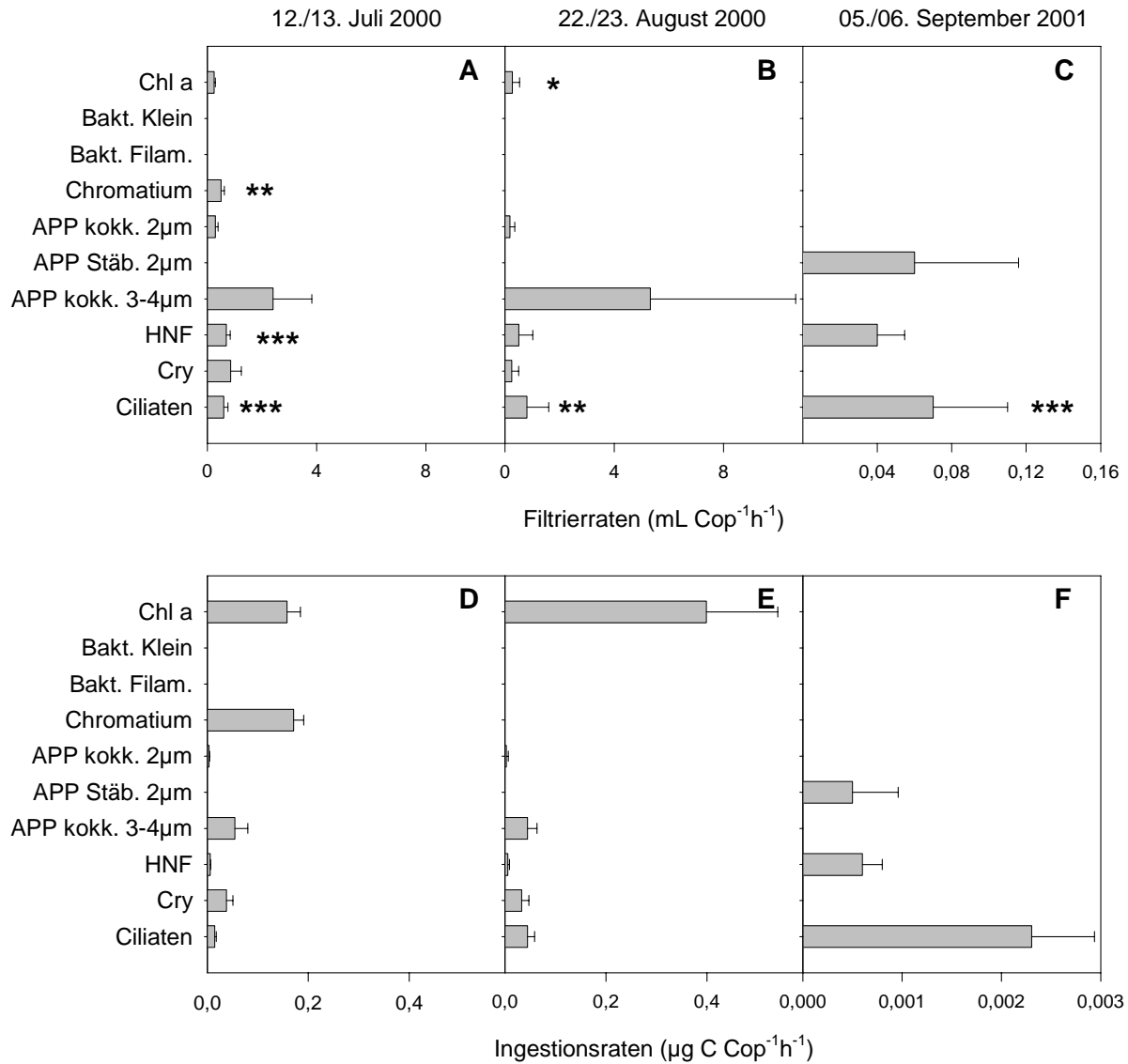


Abbildung 25

Filtrier- und Ingestionsraten von *E. graciloides* am 12./13. Juli 2000 (A und D), am 22./23. August (B und E) und am 5./6. September 2001 (C und F) mit Standardfehler für alle potentiellen Beuteorganismen im DCM des Großen Vätersees. Man beachte die unterschiedliche Skalierung von C und F im Vergleich zu A und B bzw. D und E. Chl a = Chlorophyll a, Bakt. klein = kleine Bakterien (wie in Kapitel 4.2.6 definiert), Bakt. Filam = große Bakterien (wie in Kapitel 4.2.6 definiert) Chromatium = *Chromatium* spp., APP kokk. 2 µm = kokkales autotrophes Pikoplankton ≤ 2 µm, APP Stäb. 2 µm = stäbchenförmiges autotrophes Pikoplankton von 2 µm Größe, APP kokk. 3–4 µm = kokkales autotrophes Pikoplankton der Größe 3–4 µm, HNF = heterotrophe Nanoflagellaten, Cry = *Cryptomonas* spp., Ciliaten = alle Ciliatentaxa zusammengefasst. Die Sternchen bezeichnen signifikante Unterschiede in den Abundanzen bzw. den Wachstumsraten zwischen Räuberansätzen und den Kontrollansätzen T1, * = P < 0,10; ** = P < 0,05; *** = P < 0,001.

5.5.2 Effekte auf Bakterien

Die Bakterien wurden in drei Größenklassen ausgewertet und über ihr Biovolumen in Kohlenstoffeinheiten umgerechnet. Neben kleinen Kokken und Stäbchen $\leq 3 \mu\text{m}$ wurden sehr viele filamentöse Formen $> 3 \mu\text{m}$ bis zu Längen von $120 \mu\text{m}$ gefunden, zu denen auch fädige Schwefelbakterien der Chloroflexaceae oder Chlorobiaceae gehörten, die allerdings nicht näher bestimmt wurden. Als dritte Fraktion wurden Schwefelpurpurbakterien der Gattung *Chromatium* gezählt, die durch ihre Größe und Form (5×5 bis $5 \times 15 \mu\text{m}$) im gut fressbaren Größenbereich von Copepoden lagen.

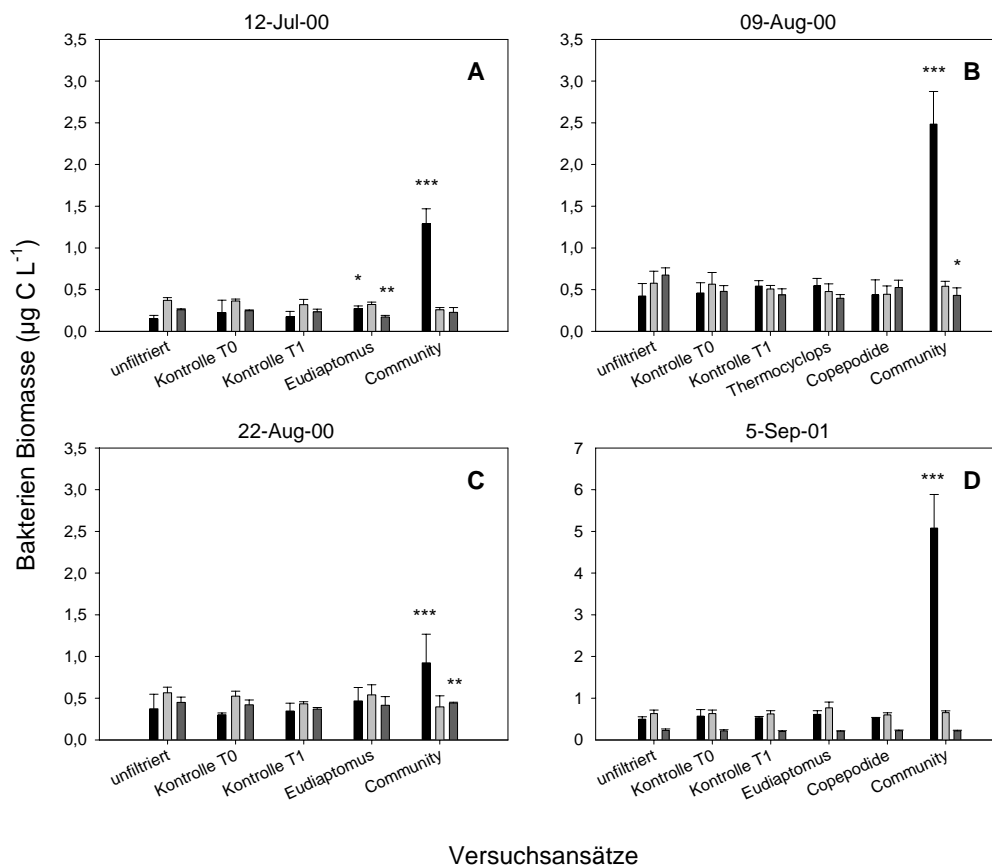


Abbildung 26

Abundanzen der Bakterien in den *in situ*-Grazing-Experimenten im DCM des Großen Vätersees. Dargestellt sind die unfiltrierten Proben (*unfiltriert*) im Vergleich zu den unterschiedlichen Räuberansätzen und Kontrollansätzen zu Beginn (*Kontrolle T₀*) und nach 24 h Inkubationszeit (*Kontrolle T₁*) ohne Räuberzugabe. Abgebildet sind 3 Größenklassen von Bakterien umgerechnet in Kohlenstoffeinheiten ($\mu\text{g C L}^{-1}$) mit Standardabweichung, wobei = kleine Bakterien (Kokken und Stäbchen $\leq 3 \mu\text{m}$), = filamentöse Bakterien ($> 4 \mu\text{m}$), = Schwefelpurpurbakterien (siehe Text) entsprechen. **A.** Fraßexperiment am 12. Juli 2000 mit *E. graciloides* und der natürlichen Mesozooplanktongemeinschaft (*Community*). **B.** Fraßexperiment am 9. August 2000 mit *T. oithonoides*, cyclopoiden Copepodiden (*Copepodide*) und der natürlichen Mesozooplanktongemeinschaft (*Community*). **C.** Fraßexperiment am 22. August 2000 mit *E. graciloides* und der natürlichen Mesozooplanktongemeinschaft (*Community*). **D.** Fraßexperiment am 5. September 2001 mit *E. graciloides*, cyclopoiden Copepodiden (*Copepodide*) und der natürlichen Mesozooplanktongemeinschaft (*Community*). Die Sternchen bezeichnen signifikante Unterschiede in den Abundanzen bzw. den Wachstumsraten zwischen Räuberansätzen und den Kontrollansätzen T₁, * = $P < 0,10$; ** = $P < 0,05$; *** = $P < 0,001$.

Trotz des Vorhandenseins vieler Bakterienfilamente kam es nicht zu einer detektierbaren Verminderung der Bakterienbiomasse zwischen den unfiltrierten Proben und den filtrierten Kontrollansätzen zum Beginn der Experimente (vgl. Abbildung 26 A–D). In den Bakterienabundanzen aller drei Größenklassen kam es lediglich am 22./23. August bei den filamentösen Bakterien zu einer signifikanten Abnahme der Konzentration in den Kontrollansätzen. Ansonsten wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kontrollen zu Beginn und zum Ende der Experimente festgestellt.

In der Fraktion der kleinen Bakterien kam es zu einem positiven Effekt auf das Bakterienwachstum ($P = 0,12$) in den *Eudiatomus*-Ansätzen (Abbildung 26 A) sowie zu einem stark positivem Effekt in den *Community*-Ansätzen in allen Versuchen (Abbildung 26 A–D). In der Fraktion der filamentösen Bakterien konnte in keinem der Räuberansätze ein signifikanter Effekt gefunden werden. In der Fraktion der Schwefelpurpurbakterien wurde ein negativer Effekt durch *E. graciloides* im 1. Versuch festgestellt ($P = 0,042$) (vgl. Abbildung 26 A). *E. graciloides* ingestierte etwa $0,171 \pm 0,020 \mu\text{g C Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ (ca. 5.300 Zellen $\text{Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$), was einer CR von $0,5 \pm 0,2 \text{ mL Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ entsprach (Abbildung 25). *Chromatium* wurde von *E. graciloides* positiv selektiert ($D = 0,71$; Abbildung 35 A, Seite 102).

Für die *Thermocyclops*-Ansätze konnte keine signifikante Abnahme der Abundanzen für die Schwefelpurpurbakterien sowie auch keine signifikanten Unterschiede in den Wachstumsraten zwischen den Räuberansätzen und den Kontrollansätzen festgestellt werden, da es zu großen Varianzen in den Zellzahlen sowohl der Kontrollen als auch der Räuberansätze kam. Rechnerisch konnten allerdings Ingestionsraten von etwa $0,126 \pm 0,080 \mu\text{g C Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ (ca. 7.750 Zellen $\text{Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$), was einer Filtrationsrate von $0,3 \text{ mL Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ entsprach (Abbildung 27), ermittelt werden, wobei der Selektionsindex mit $D = -0,22$ einen leicht negativen Wert aufwies (Abbildung 35 D, Seite 102).

In den Ansätzen mit den cyclopoiden Copepodiden konnten keine signifikanten Veränderungen in den Abundanzen oder in den Wachstumsraten der Bakterien zwischen den Räuber- und den Kontrollansätzen festgestellt werden. Für die *Community*-Ansätze wurde für *Chromatium* im Versuch 3 eine signifikant niedrigere Wachstumsrate in den Kontrollansätzen im Vergleich zu den Räuberansätzen festgestellt, während im Versuch 2 die Wachstumsrate in den Räuberansätzen signifikant niedriger war (Abbildung 26). Für die *Community* wurden am 9./10. August Ingestionsraten von $0,073 \pm 0,033 \mu\text{g C Ind}^{-1}\text{h}^{-1}$ ($D = 0,42$) und am 5./6. September von $0,034 \pm 0,021 \mu\text{g C Ind}^{-1}\text{h}^{-1}$ ($D = 0,98$) berechnet (für die Ingestionsraten siehe Abbildung 31 E und G, für die Selektionsindizes vgl. Abbildung 39 A und D, Seite 108).

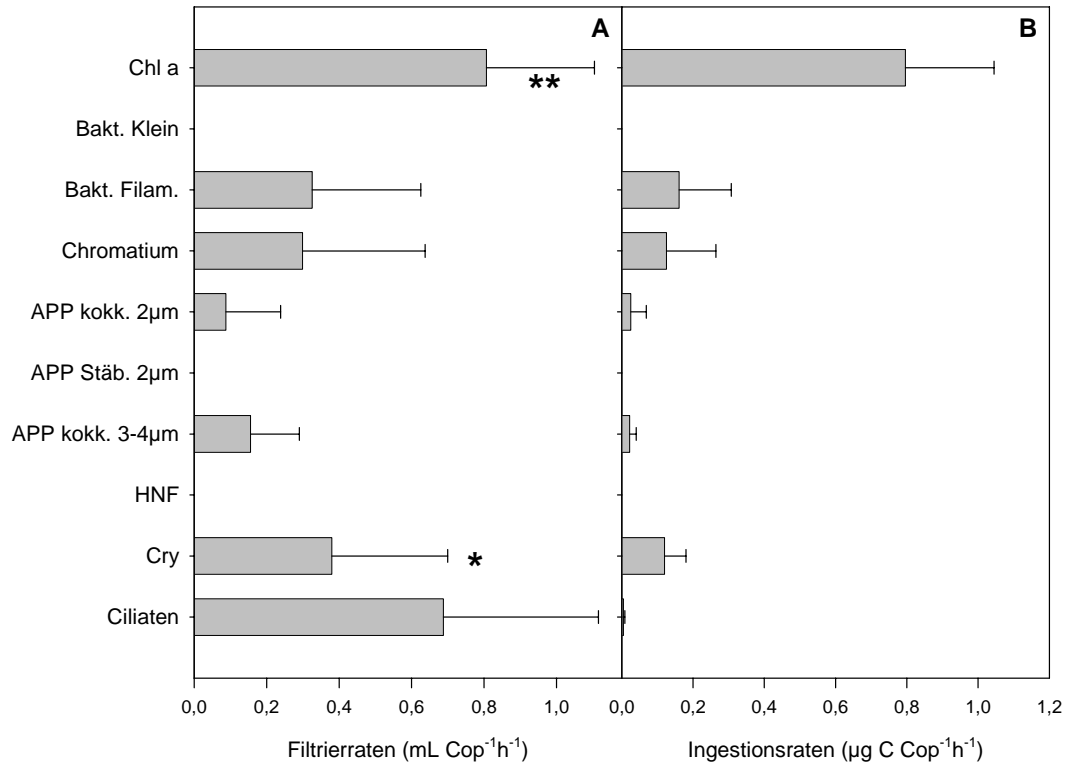


Abbildung 27

Filterier- (A) und Ingestionsraten (B) von *T. oithonoides* am 9./10. August 2000 mit Standardfehler für alle potentiellen Beuteorganismen im DCM des Großen Vätersees. Chl a = Chlorophyll a, Bakt. klein = kleine Bakterien (wie in Kapitel 4.2.6 definiert), Bakt. Filam = große Bakterien (wie in Kapitel 4.2.6 definiert) Chromatium = *Chromatium* spp., APP kokk. 2µm = kokkales autotrophes Pikoplankton ≤ 2 µm, APP Stäb. 2µm = stäbchenförmiges autotrophes Pikoplankton von 2 µm Größe, APP kokk. 3–4µm = kokkales autotrophes Pikoplankton der Größe 3–4 µm, HNF = heterotrophe Nanoflagellaten, Cry = *Cryptomonas* spp., Ciliaten = alle Ciliatentaxa zusammengefasst. Die Sternchen bezeichnen signifikante Unterschiede in den Abundanzen bzw. den Wachstumsraten zwischen Räuberansätzen und den Kontrollansätzen T1, * = P < 0,10; ** = P < 0,05.

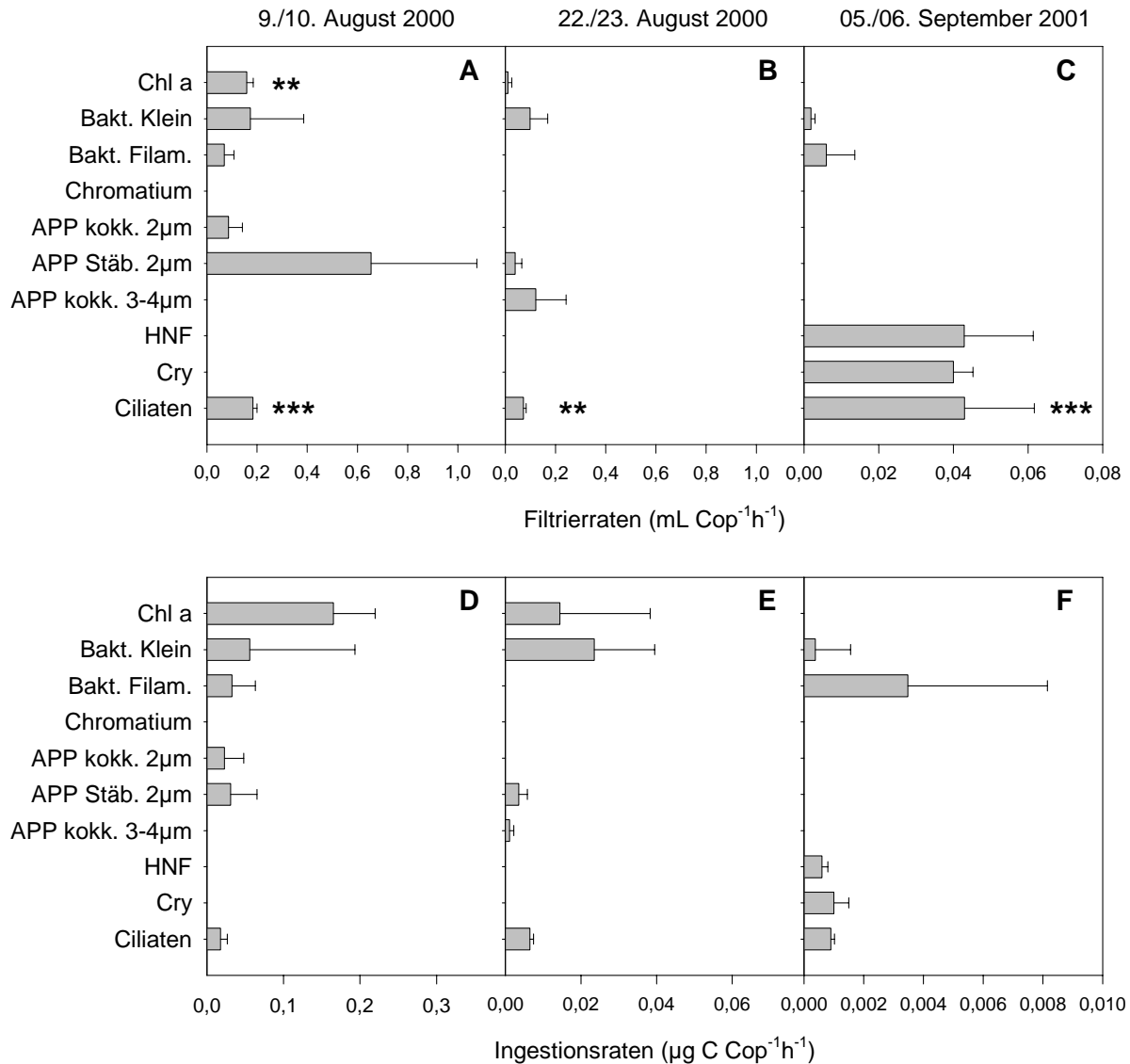


Abbildung 28

Filtrier- und Ingestionsraten der cyclopoiden *Copepodide* (C2–5) am 9./10. August 2000 (A und D), am 22./23. August (B und E) und am 5./6. September 2001 (C und F) mit Standardfehler für alle potentiellen Beuteorganismen im DCM des Großen Vätersees. Chl a = Chlorophyll a, Bakt. klein = kleine Bakterien (wie in Kapitel 4.2.6 definiert), Bakt. Filam = große Bakterien (wie in Kapitel 4.2.6 definiert) Chromatium = *Chromatium* spp., APP kokk. 2µm = kokkales autotrophes Pikoplankton ≤ 2 µm, APP Stäb. 2µm = stäbchenförmiges autotrophes Pikoplankton von 2 µm Größe, APP kokk. 3–4µm = kokkales autotrophes Pikoplankton der Größe 3–4 µm, HNF = heterotrophe Nanoflagellaten, Cry = *Cryptomonas* spp., Ciliaten = alle Ciliatentaxa zusammengefasst. Die Sternchen bezeichnen signifikante Unterschiede in den Abundanzen bzw. den Wachstumsraten zwischen Räuberansätzen und den Kontrollansätzen T1, ** = P < 0,05; *** = P < 0,001.

5.5.3 Effekte auf das APP

Bei der Auszählung des autotrophen Pikoplanktons wurden 3 Kategorien unterschieden. Diese waren kokkale Formen bis 2 μm , stäbchenförmige bis 2 μm , sowie kokkale Formen von 3–4 μm Größe, die sich in ihren Abundanzen zu den vier Versuchsterminen unterschiedlich verteilten (Abbildung 29 A–D). Die kleinen kokkalen Formen $\leq 2 \mu\text{m}$ erreichten am 9./10. August wesentlich höhere Abundanzen als an den übrigen Terminen. Am 5./6. September 2001 war die Abundanz des kleinen kokkalen APP ($\leq 2 \mu\text{m}$) sowie des stäbchenförmigen APP (2 μm) am geringsten im Vergleich der vier Versuchstermine (Abbildung 29 A–D), was mit der hohen Dichte an Rotatorien zu diesem Zeitpunkt erklärt werden könnte.

Die Konzentration der drei Kategorien des APP wurde durch die Filtration über 64 μm nicht beeinflusst. Lediglich in der Fraktion der 3–4 μm Kokken kam es am 5./6. September zu einer erheblichen Abnahme der Konzentration in den filtrierten Ansätzen im Vergleich zu den un-filtrierten Proben (Abbildung 29 D). Eventuell blieben die Zellen an den langen Fäden von *P. clathrata* und *P. catenata* haften und wurden so mit bei der Filtration zurückgehalten.

Die Wachstumsraten des kleinen kokkalen APP ($\leq 2 \mu\text{m}$) in den Kontrollansätzen ohne Räuberzugabe waren in drei der vier Versuche positiv, während das stäbchenförmige APP (2 μm) und die größeren Kokken (3–4 μm) in den Kontrollansätzen eher abnahmen (Abbildung 29). Die Zunahme in der Abundanz der kleinen Kokken ($\leq 2 \mu\text{m}$) war signifikant am 9./10. August ($P = 0,051$) sowie am 22./23. August ($P = 0,064$). Die Konzentrationsänderungen an den anderen Terminen waren nicht signifikant. Das stäbchenförmige APP (2 μm) zeigte dagegen tendenziell eher Konzentrationsabnahmen am 12./13. Juli ($P = 0,104$), die am 9./10. und 22./23. August nicht signifikant waren, während es am 5./6. September zu einer ebenfalls nicht signifikanten leichten Zunahme in den Kontrollansätzen kam. Bei den größeren kokkalen APP (3–4 μm) kam es in den Kontrollansätzen am 12./13. Juli sowie am 5./6. September zu einer signifikanten ($P < 0,10$) Abnahme der Zellzahlen. An den beiden übrigen Versuchsterminen kam es nicht zu signifikanten Änderungen in den Konzentrationen. Insgesamt wurden nur wenige signifikante Effekte der eingesetzten Räuber auf das autotrophe Pikoplankton festgestellt, von denen die meisten in einem Wachstum des APP in den Räuberansätzen resultierten.

Für *E. graciloides* wurden signifikant positive Effekte auf die kleinen APP-Kokken ($P = 0,055$) sowie auf das 3–4 μm große APP ($P = 0,053$) im 4. Versuch im September 2001 gefunden (Abbildung 29 D). Für *T. oithonoides* wurden weder positive noch negative Effekte auf das APP gefunden.

Die cyclopiden Copepodide hatten in den Experimenten am 9./10. August und am 5./6. September ebenfalls einen positiven Einfluss ($P < 0,10$) auf das Wachstum des 3–4 μm großen kokkalen APP. In den *Community*-Ansätzen kam es außer einer signifikanten Reduzierung ($P < 0,10$) des kleinen kokkalen APP am 5./6. September nicht zu signifikanten Effekten auf die Wachstumsraten oder Abundanzen im Vergleich zu den Kontrollen. Das kleine kokkale APP wurde am 5./6. September mit $D = 0,92$ stark positiv von der *Community* selektiert (Abbildung 39 D, Seite 108).

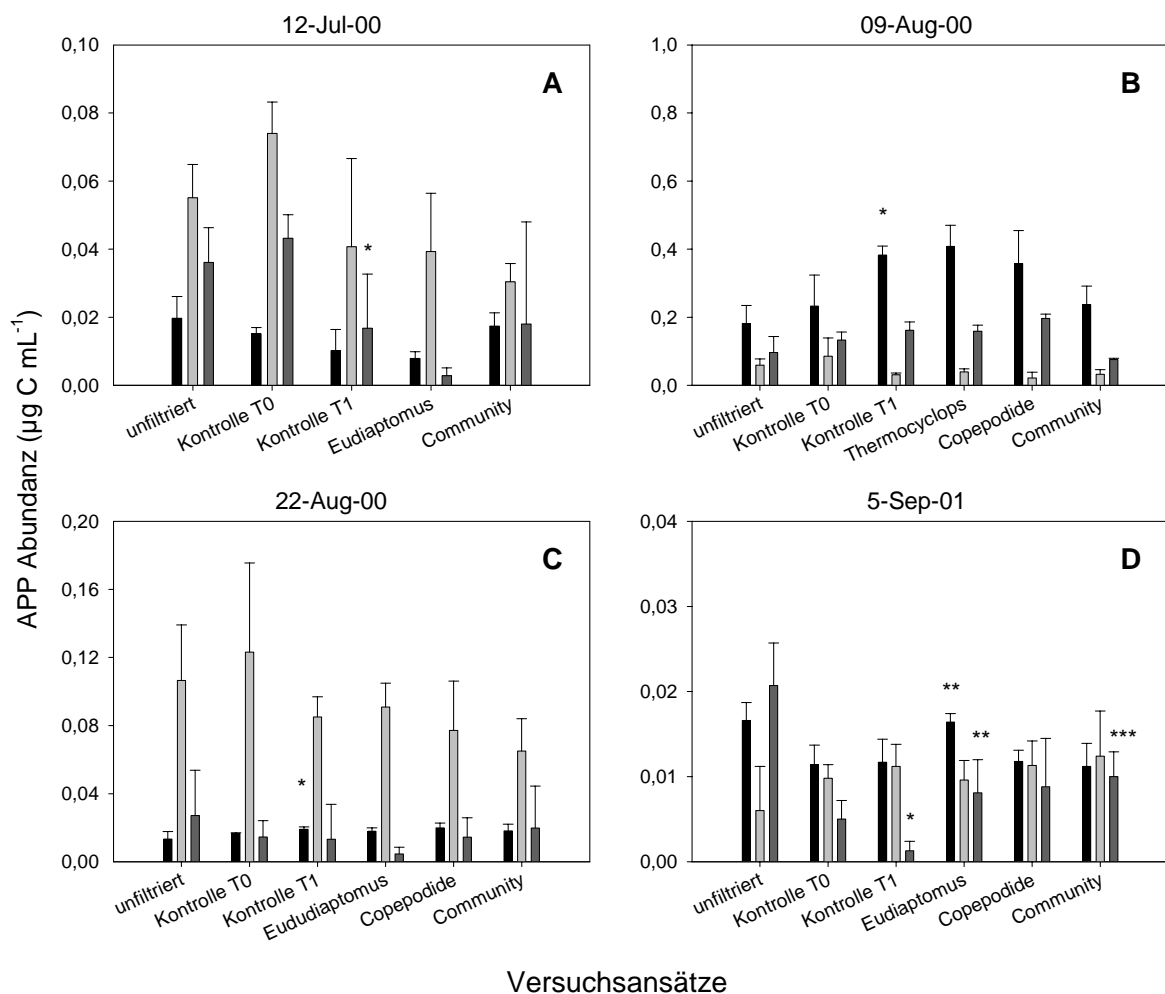


Abbildung 29

Abundanzen des autotrophen Pikoplankton (APP) in den *in situ*-Grazing-Experimenten im DCM des Großen Vätersees. Dargestellt sind die unfiltrierten Proben (*unfiltriert*) im Vergleich zu den unterschiedlichen Räuberansätzen und Kontrollansätzen zu Beginn (*Kontrolle T₀*) und nach 24 h Inkubationszeit (*Kontrolle T₁*) ohne Räuberzugabe. Abgebildet sind 3 Größenklassen von APP umgerechnet in Kohlenstoffeinheiten ($\mu\text{g C L}^{-1}$) mit Standardabweichung, wobei = kleine APP (Kokken = 2 μm), = stäbchenförmige APP (2 μm), = größere APP (Kokken 3–4 μm) darstellen. **A.** Experiment am 12. Juli 2000 mit *E. graciloides* und der natürlichen Mesozooplanktongemeinschaft (*Community*). **B.** Experiment am 9. August 2000 mit *T. oithonoides*, cyclopiden Copepodiden (*Copepodide*) und der natürlichen Mesozooplanktongemeinschaft (*Community*). **C.** Experiment am 22. August 2000 mit *E. graciloides*, cyclopiden Copepodiden (*Copepodide*) und der natürlichen Mesozooplanktongemeinschaft (*Community*). **D.** Experiment am 5. September 2001 mit *E. graciloides*, cyclopiden Copepodiden (*Copepodide*) und der natürlichen Mesozooplanktongemeinschaft (*Community*). Die Sternchen bezeichnen signifikante Unterschiede in den Abundanzen bzw. den Wachstumsraten zwischen Räuberansätzen und den Kontrollansätzen T₁, * = $P < 0,10$; ** = $P < 0,05$; *** = $P < 0,001$.

5.5.4 Effekte auf Flagellaten

Bei den Flagellaten wurde zwischen heterotrophen und autotrophen Formen unterschieden. Dabei gehörten die heterotrophen Flagellaten von ihrem Größenspektrum (4–12 μm) alle eindeutig zum Nanoplankton (HNF), während bei Phytoflagellaten ausschließlich Cryptomonaden eine Rolle spielten, die 10–25 μm groß waren. Die Abundanzen der HNF lagen zwischen 900–3.000 Zellen mL^{-1} , die der Cryptomonaden lagen zwischen 500–3.500 Zellen mL^{-1} (Abbildung 30 A–D). Bei den HNF kam es zu keinen Abnahmen der Abundanzen durch die Filtration durch 64 μm Gaze. Die Konzentration von *Cryptomonas* spp. wurde durch die Filtration in beiden Experimenten im August leicht gesenkt (Abbildung 30 B und C), die Konzentration am 12. Juli und am 5. September blieb unverändert.

Die Wachstumsraten der HNF waren positiv in den räuberfreien Ansätzen am 12. Juli ($P = 0,033$) (Abbildung 30), während es an den drei anderen Terminen zu keiner signifikanten Abundanzänderung zwischen den Kontrollansätzen zum Versuchsstart und -ende kam.

E. graciloides hatte einen signifikant negativen Einfluss auf die HNF am 12. Juli ($P = 0,009$), mit Ingestionsraten von 708 ± 208 Zellen $\text{Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$, was einer Filtrationsrate von $0,70 \pm 0,24$ $\text{mL Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ entsprach (Abbildung 25). Bei nicht signifikanten Änderungen der Wachstumsraten in Kontroll- und Räuberansätzen ließen sich für den 22. August und den 5. September Ingestionsraten von 704 ± 593 ($\text{CR} = 0,51 \pm 0,45$ $\text{mL Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$) bzw. 75 ± 45 Zellen $\text{Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ ($\text{CR} = 0,04 \pm 0,03$ $\text{mL Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$) berechnen. Die Selektionsindizes ergaben allesamt positive Werte von $D = 0,49$ – $0,95$ (vgl. Abbildung 35, Seite 102). Die negativen Effekte auf *Cryptomonas* spp. am 12. Juli und am 22. August waren nicht signifikant (Abbildung 30 A und C). Die errechneten Ingestionsraten betragen 421 ± 283 ($\text{CR} = 0,86 \pm 0,66$ $\text{mL Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$) bzw. 367 ± 228 Zellen $\text{Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ ($\text{CR} = 0,25 \pm 0,16$ $\text{mL Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$) mit positiven Selektionsindizes von $D = 0,56$ bzw. $0,27$.

T. oithonoides zeigte einen signifikant negativen Effekt ($P = 0,093$) auf *Cryptomonas* spp. (Abbildung 30 B) mit Ingestionsraten von 1.329 ± 684 Zellen $\text{Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$, was einer Filtrationsrate von $0,38 \pm 0,32$ $\text{mL Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ entsprach (Abbildung 28). Der Selektionsindex war mit $D = 0,23$ nur leicht positiv (Abbildung 35 D, Seite 102).

Die cyclopoiden Copepodide hatten einen signifikant positiven Effekt ($P = 0,06$) auf HNF am 9./10. August (Abbildung 30 B). Die HNF-Abnahme am 5./6. September war dagegen nicht signifikant im Vergleich zu den Kontrollansätzen (Abbildung 30 D).

Die *Community* zeigte signifikant negative Effekte auf HNF am 9./10. August ($P = 0,004$) mit Ingestionsraten von 202 ± 26 Zellen $\text{Ind}^{-1}\text{h}^{-1}$, was einer Filtrationsrate von $0,10 \pm 0,01$ $\text{mL Ind}^{-1}\text{h}^{-1}$ entsprach (Abbildung 31). Die HNF wurden mit $D = 0,28$ leicht positiv selektioniert

(Abbildung 39 A, Seite 108). Die Wachstumsraten von *Cryptomonas* spp. waren ebenfalls signifikant unterschiedlich zwischen Kontroll- und *Community*-Ansätzen am 12. Juli ($P < 0,001$) sowie am 9. August ($P < 0,001$) mit Ingestionsraten von 1736 ± 393 Zellen $\text{Ind}^{-1}\text{h}^{-1}$ ($\text{CR} = 1,36 \pm 0,91$ $\text{mL Ind}^{-1}\text{h}^{-1}$) bzw. 178 ± 42 Zellen $\text{Ind}^{-1}\text{h}^{-1}$ ($\text{CR} = 0,06 \pm 0,02$ $\text{mL Ind}^{-1}\text{h}^{-1}$). Die Selektionsindizes waren deutlich positiv (Abbildung 39, Seite 108). Die Zellabnahmen oder -zunahmen in den übrigen Experimenten waren nicht signifikant.

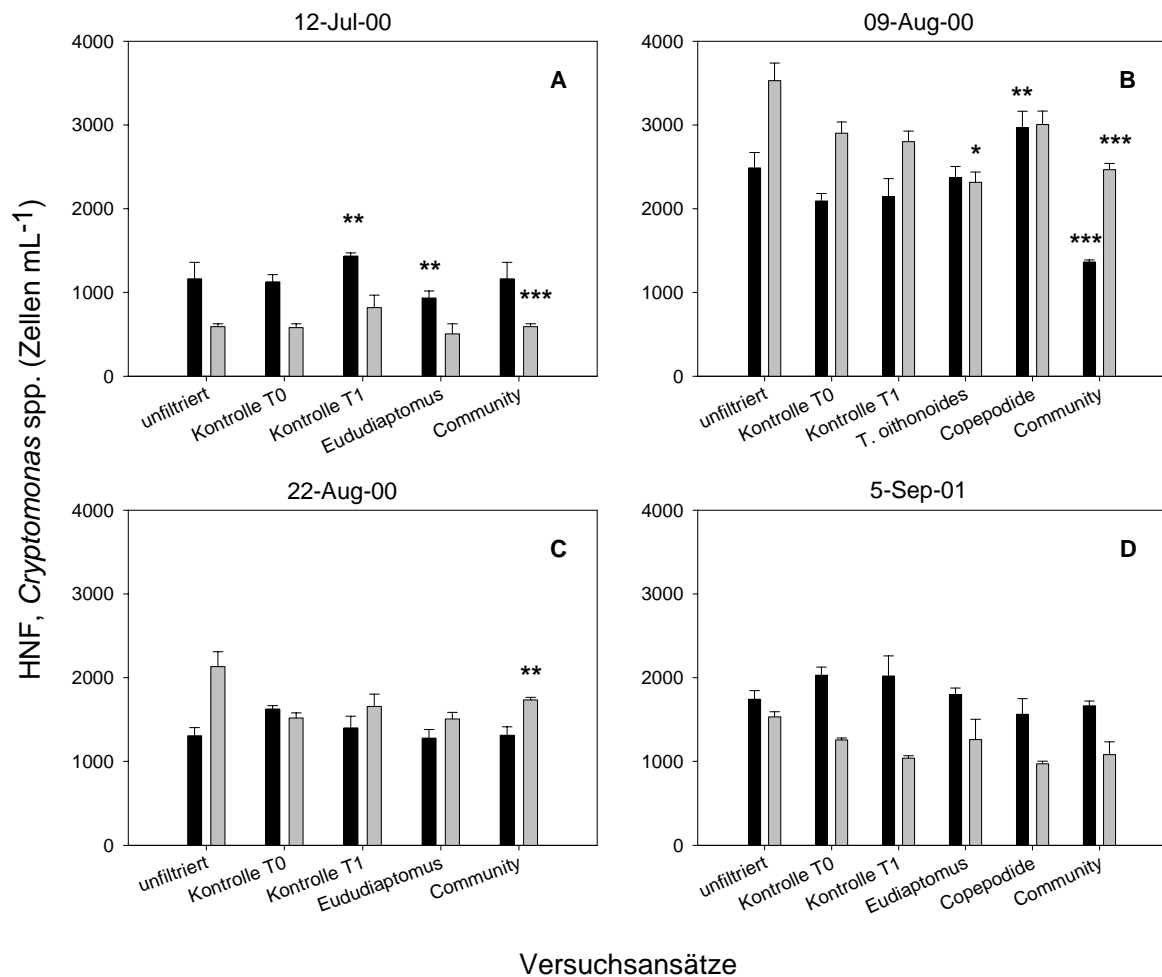


Abbildung 30

Abundanzen der heterotrophen Nanoflagellaten (HNF) sowie von Phytoflagellaten (*Cryptomonas* spp.) in den *in situ*-Grazing-Experimenten im DCM des Großen Vätersees. Dargestellt sind die unfiltrierten Proben (*unfiltriert*) im Vergleich zu den unterschiedlichen Räuberansätzen und Kontrollansätzen zu Beginn (*Kontrolle T₀*) und nach 24 h Inkubationszeit (*Kontrolle T₁*) ohne Räuberzugabe. Abgebildet sind 2 Größenklassen von APP als Zellen mL^{-1} mit Standardabweichung, wobei = HNF, = *Cryptomonas* spp. darstellen. **A.** Experiment am 12. Juli 2000 mit *E. graciloides* und der natürlichen Mesozooplanktongemeinschaft (*Community*). **B.** Experiment am 9. August 2000 mit *T. oithonoides*, cyclopoiden Copepodiden (*Copepodide*) und der natürlichen Mesozooplanktongemeinschaft (*Community*). **C.** Experiment am 22. August 2000 mit *E. graciloides* und der natürlichen Mesozooplanktongemeinschaft (*Community*). **D.** Experiment am 5. September 2001 mit *E. graciloides*, cyclopoiden Copepodiden (*Copepodide*) und der natürlichen Mesozooplanktongemeinschaft (*Community*). Die Sternchen bezeichnen signifikante Unterschiede in den Abundanzen bzw. den Wachstumsraten zwischen Räuberansätzen und den Kontrollansätzen T1, * = $P < 0,10$; ** = $P < 0,05$; *** = $P < 0,001$.

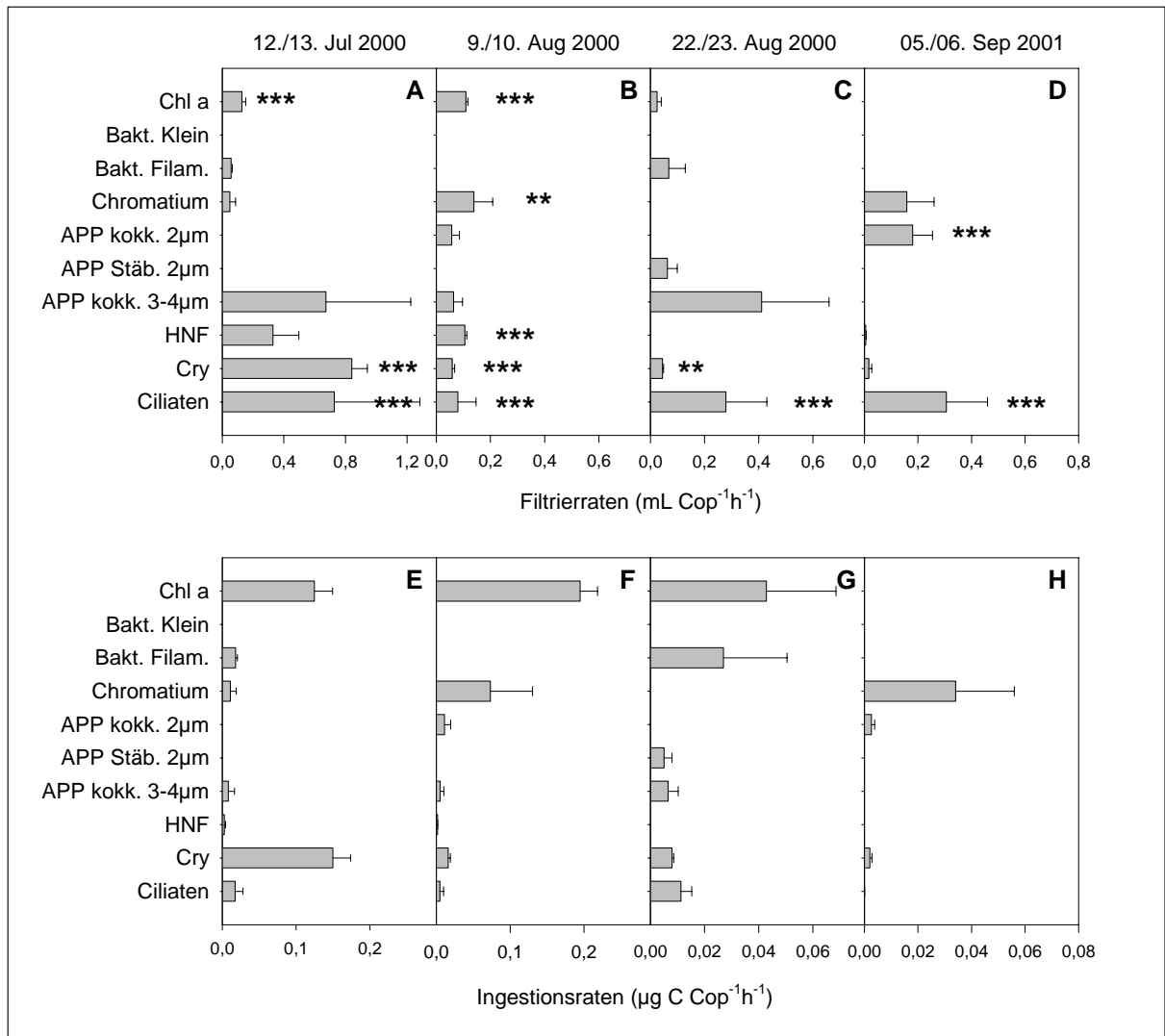


Abbildung 31

Filtrier- und Ingestionsraten der *Community* am 12./13. Juli (A und E), 9./10. August 2000 (B und F), am 22./23. August (C und E) und am 5./6. September 2001 (D und H) mit Standardfehler für alle potentiellen Beuteorganismen im DCM des Großen Vätersees. Chl a = Chlorophyll a, Bakt. klein = kleine Bakterien (wie in Kapitel 4.2.6 definiert), Bakt. Filam = große Bakterien (wie in Kapitel 4.2.6 definiert) Chromatium = *Chromatium* spp., APP kokk. 2µm = kokkales autotrophes Pikoplankton ≤ 2 µm, APP Stäb. 2µm = stäbchenförmiges autotrophes Pikoplankton von 2 µm Größe, APP kokk. 3–4µm = kokkales autotrophes Pikoplankton der Größe 3–4 µm, HNF = heterotrophe Nanoflagellaten, Cry = *Cryptomonas* spp., Ciliaten = alle Ciliatentaxa zusammengefasst. Die Sternchen bezeichnen signifikante Unterschiede in den Abundanzen bzw. den Wachstumsraten zwischen Räuberansätzen und den Kontrollansätzen T1, * = P < 0,10; ** = P < 0,05; *** = P < 0,001.

5.5.5 Effekte auf Ciliaten

Die Ciliatenabundanz und die relative Zusammensetzung der Arten im DCM war an den vier Versuchsterminen unterschiedlich (Abbildung 32). Die absolute Zellzahl war am 12. Juli 2000, als das DCM noch in der Etablierungsphase war, mit etwa 60 Ciliaten mL⁻¹ am niedrigsten. Während der beiden Augusttermine war das DCM voll ausgebildet, hier fanden sich

im Mittel Ciliatenabundanzen von 170 bzw. 250 Ciliaten mL⁻¹. Am 5. September 2001 lag die Konzentration bei 80 Ciliaten mL⁻¹.

Für die nähere Betrachtung der Effekte der Räuber auf die Ciliaten wurden folgende Taxa betrachtet: *Dexiotricha* spp. (< 35 µm) – als Vertreter der bakterienfiltrierenden Scuticociliaten, *Balanion planctonicum*, *Urotricha* spp. (< 35 µm) – beide letztgenannten Arten gehören zu den schlingenden Prostomatida und können sich sowohl von Bakterien als auch von Flagellaten oder anderen Ciliaten, die nur unwesentlich kleiner als sie selbst sind, ernähren (z. B. Müller 1991, Weisse *et al.* 2001), kleine Oligotrichida (< 35 µm), die hauptsächlich durch *Strobilidium* sp., der sich ebenfalls von nanoplanktischen Flagellaten (z. B. Wickham 1995, Montagnes 1996), aber auch bakterivor ernähren kann (Stabell 1996), aber auch durch *Halteria* sp. und *Pelagohalteria viridis* vertreten waren. Die größeren Formen hatten sehr viel geringere Abundanzen, hier wurden betrachtet: Große Oligotrichida (< 35 µm) – dies war zu meist *Pelagostrombidium*, und in geringeren Konzentrationen *Codonella* spp. und *Strobilidium lacustris*. Das Taxon der großen (> 35 µm) Hymenostomata wurde von *Dexiotricha* spp. dominiert, daneben spielte *Histobalantium bodamicum* eine geringe Rolle. Das Taxon der großen Prostomatida wurde hauptsächlich von *Coleps* spp. und zu einem geringen Anteil von größeren *Urotricha* sp. gebildet. *Vorticella* spp. wurde ebenfalls als insgesamt niedrig konzentriertes Taxon erfasst. In der Abbildung 33 zur Verteilung der untersuchten Ciliatentaxa wurden die großen (> 35 µm) Formen unter „Sonstige“ zusammengefasst, weil sie als feiner aufgeschlüsselte Taxa nicht sichtbar würden. In den Abbildungen der Filtrier- und Ingestionsraten sowie im Text wurden die großen Taxa getrennt erfasst.

Bei Betrachtung der prozentualen Zusammensetzung der Ciliatengesellschaft des DCM zu den vier Versuchsterminen (Abbildung 32 B) zeigte sich eine relative Zunahme der prostomatiden Arten von Juli bis August. Am 12. Juli machte *Dexiotricha* noch 75 % der Zellzahlen aus. Am 9. August war dieser Anteil auf etwa 50 % abgesunken, um am 22. August nur noch 37 % auszumachen. Gleichzeitig stieg der Anteil der kleinen Prostomatida von 16 % über 40 % auf 58 % am 22. August. Der relative Anteil von *Strobilidium* spp. erreichte maximal 7,6 % am 9. August und sank nie unter 4,1 %. Die relative Zusammensetzung der Ciliatengemeinschaft am 5. September 2001 entsprach bei niedrigeren absoluten Ciliatenzahlen in etwa der Verteilung vom 22. August 2000.

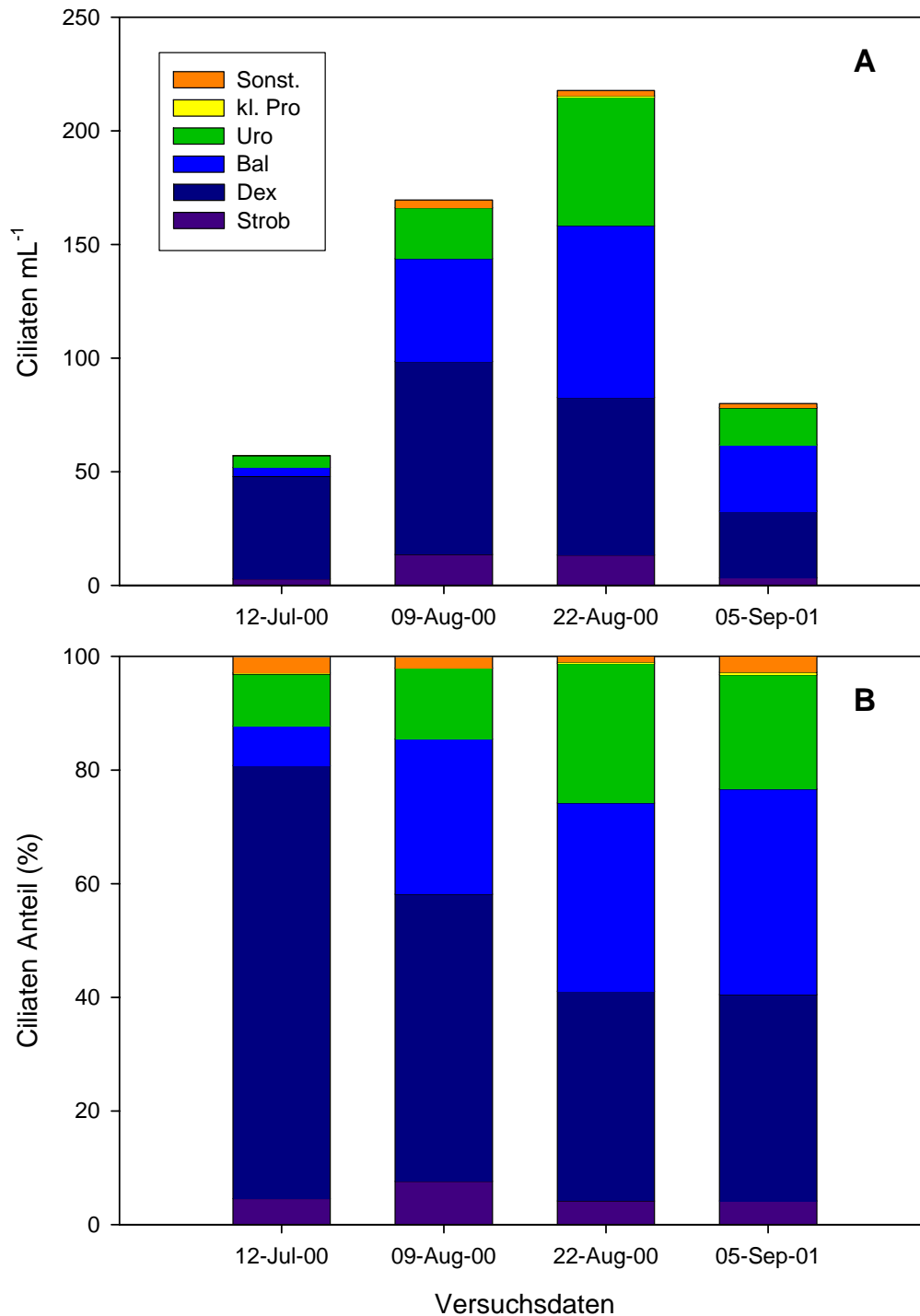
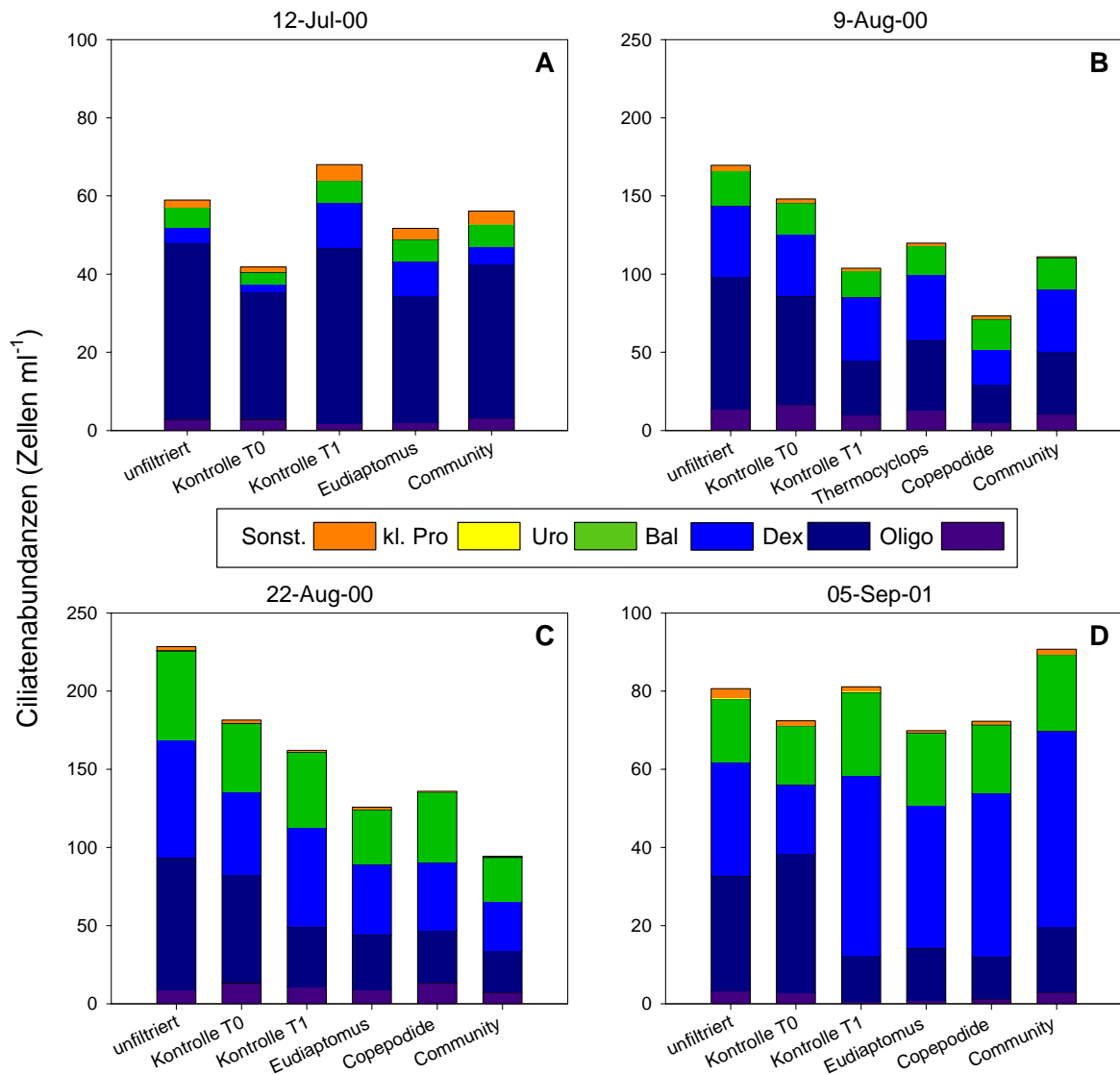


Abbildung 32

Ciliatenabundanz im DCM an den vier Versuchsterminen. **A.** Absolute Zellkonzentration (mL^{-1}). **B.** Relativer Anteil (%). Dargestellt sind die Mittelwerte aus jeweils drei Proben. Die Legende in Abb. A gilt ebenfalls für B, dabei bedeuten: Strob = *Strobilidium* spp. ($< 35 \mu\text{m}$), Dex = kleine *Dextrotricha* spp. ($< 35 \mu\text{m}$), Bal = *Balanion planctonicum* ($< 20 \mu\text{m}$), Uro = *Urotricha* spp. ($< 35 \mu\text{m}$), kl. Pro = kleine Prostomatida ($< 35 \mu\text{m}$) – andere als *B. planctonicum* und *Urotricha* spp., Sonst. = Sonstige – alle übrigen Ciliaten.

5.5.5.1 Wachstumsraten Ciliaten

Die Wachstumsraten der untersuchten Ciliaten in den Kontrollansätzen unterschieden sich zwischen den einzelnen Taxa, aber auch zwischen den vier Versuchsterminen (Tabelle 12 und 13). Auffallend war, dass die kleinen prostomatiden Arten *B. planctonicum* und *Urotricha* spp. immer positive Raten aufwiesen. Die großen prostomatiden Arten (im wesentlichen *Coleps*) zeigten in den Kontrollen der ersten beiden Experimente ein positives Wachstum, nahmen bei den letzten beiden Experimenten allerdings ab. *Dexiotricha* (< 35 µm) hatte außer während des 1. Versuchstermins am 12./13. Juli immer negative Wachstumsraten. Die größeren Scuticociliata konnten während der ersten beiden Experimente in den Kontrollen zunehmen. Während der anderen Termine war ihre Anzahl zu gering oder tauchte nur in einer Parallelprobe auf. Die kleinen Oligotrichida – im wesentlichen *Strobilidium* sp. – nahmen ebenfalls in fast allen Kontrollansätzen ab, lediglich am 22./23. August konnten sie an Zellzahlen zunehmen. Die großen Oligotrichida zeigten am 12./13. Juli und am 5./6. September positive Wachstumsraten, am 22./23. August nahm ihre Zellzahl allerdings ab, während sie am 9./10. August in den Kontrollansätzen gar nicht nachweisbar waren. *Vorticella* konnte während des 1. Versuches am 12./13. Juli in den Kontrollen zunehmen, in den anderen Versuchen waren die Wachstumsraten negativ.



Versuchsansätze

Abbildung 33

Abundanzen (Ciliaten mL^{-1}) der untersuchten Ciliatentaxa aus jeweils 3 Parallelansätzen in den unterschiedlichen Versuchsansätzen zu den insgesamt 4 Versuchsterminen im DCM des Großen Vätersees. Die Ciliatentaxa sind wie in Kapitel 5.5.5 beschrieben zusammengefasst worden. Dabei bedeuten Sonst. = alle großen ($> 35 \mu\text{m}$) Ciliaten, kl. Pro = kleine ($< 35 \mu\text{m}$) Prostomatida (ohne *B. planctonicum* und *Urotricha* spp.), Uro = kleine ($< 35 \mu\text{m}$) *Urotricha* spp., Bal = *B. planctonicum*, Dex = kleine ($< 35 \mu\text{m}$) *Dexiotricha* spp., Oligo = kleine ($< 35 \mu\text{m}$) Oligotrichida.

Tabelle 12

Wachstumsraten (Tag^{-1}) \pm Standardfehler (SE) aus jeweils 3 Parallelansätzen der kleinen ($< 35 \mu\text{m}$) Ciliatentaxa in den unterschiedlichen Versuchsansätzen zu den insgesamt 4 Versuchsterminen im DCM des Großen Vätersees. Für die Bezeichnung der Versuchsansätze bedeuten: Kontr. = Kontrollansätze ohne Räuberzugabe, E. grac. = *Eudiatomus graciloides*, T. oith. = *Thermocylops oithonoides*, cyc. Cop. = cyclopoide Copepodide, Com. = *Community*. Die Ciliatentaxa sind wie in Kapitel 5.5.5 beschrieben zusammengefasst worden. P bezeichnet den P-Wert aus dem Vergleich der Wachstumsraten zwischen den Kontrollansätzen und den Räuberansätzen. Die grau unterlegten Werte wurden als signifikant unterschiedlich zu den Kontrollansätzen angesehen.

Versuchs Ansatz	<i>Dextiostricha</i> spp. $< 35 \mu\text{m}$			<i>B. planctonicum</i>			<i>Urotricha</i> spp. $< 35 \mu\text{m}$			Oligotrichida $< 35 \mu\text{m}$		
	μ	SE	P	μ	SE	P	μ	SE	P	μ	SE	P
Kontr. V1	0,275	0,172	0,218	1,362	0,540	0,134	1,596	0,151	0,063	-0,026	0,021	0,243
Kontr. V2	-0,511	0,103	0,038	4,339	0,210	0,919	3,772	0,188	0,645	-0,902	0,490	0,366
Kontr. V3	-0,945	0,219	0,073	0,159	0,200	0,504	0,098	0,087	0,671	0,146	0,186	0,522
Kontr. V4	-1,148	0,159	0,003	0,967	0,076	0,006	0,340	0,102	0,161	-1,209	0,194	0,247
E. grac. V1	-0,014	0,092	0,211	1,376	0,179	0,985	0,585	0,126	0,007	-0,472	0,408	0,336
E. grac. V3	-0,795	0,203	0,848	-0,205	0,169	0,272	-0,259	0,086	0,054	-1,795	1,832	0,453
E. grac. V4	-1,064	0,251	0,800	0,741	0,065	0,107	0,205	0,063	0,368	-1,651	0,876	0,616
T. oith. V2	-0,524	0,099	0,247	0,027	0,137	0,856	-0,079	0,063	0,637	-0,434	0,440	0,550
Cyc. Cop. V2	-1,225	0,026	0,326	-0,740	0,168	0,008	-0,047	0,080	0,382	-1,470	0,326	0,873
Cyc. Cop. V3	-0,839	0,157	0,275	-0,217	0,037	0,069	0,024	0,062	0,986	-0,061	0,308	0,132
Cyc. Cop. V4	-1,357	0,428	0,677	0,855	0,162	0,576	0,103	0,211	0,380	-1,013	0,333	0,696
Com. V1	-0,241	0,316	0,224	0,095	0,122	0,117	0,010	0,297	0,009	-0,472	0,929	0,656
Com. V2	-0,911	0,158	0,762	-0,184	0,209	0,459	-0,181	0,228	0,969	-0,376	0,284	0,454
Com. V3	-1,354	0,315	0,197	-1,075	0,281	0,036	-0,882	0,305	0,055	-0,695	0,798	0,630
Com. V4	-0,596	0,157	0,100	0,541	0,077	0,027	0,175	0,104	0,380	-0,485	0,555	0,360

Tabelle 13

Wachstumsraten (Tag^{-1}) \pm Standardfehler (SE) aus jeweils 3 Parallelansätzen der großen ($>35 \mu\text{m}$) Ciliatentaxa in den unterschiedlichen Versuchsansätzen zu den insgesamt 4 Versuchsterminen im DCM des Großen Vätersees. Bezeichnung der Versuchsansätze wie in . Die Ciliatentaxa sind wie in Kapitel 5.5.5 beschrieben zusammengefasst worden. Dabei bedeuten: Scutico $> 35 \mu\text{m}$ = große Scuticociliata ($> 35 \mu\text{m}$), Prost. $>35 \mu\text{m}$ = große Prostomatida ($> 35 \mu\text{m}$), Hypo $> 35 \mu\text{m}$ = große Hypotrichida $> 35 \mu\text{m}$. P bezeichnet den P-Wert aus dem Vergleich der Wachstumsraten zwischen den Kontrollansätzen und den Räuberansätzen. n. e. = nicht evaluierbar. Die grau unterlegten Werte wurden als signifikant unterschiedlich zu den Kontrollansätzen angesehen.

Versuchs Ansatz	Scut $> 35 \mu\text{m}$			Prost $>35 \mu\text{m}$			Hypo $> 35 \mu\text{m}$			Vorticella spp.			Oligotrichida $> 35 \mu\text{m}$		
	μ	SE	P	μ	SE	P	μ	SE	P	μ	SE	P	μ	SE	P
Kontr. V1	0,787	0,399	0,269	0,619	0,199	0,127	n. e.	n. e.	0,561	1,292	0,295	0,087	1,355	0,150	0,011
Kontr. V2	0,610	0,342	0,587	0,466	0,259	0,266	n. e.	n. e.	0,373	1,311	0,213	0,026	n. e.	n. e.	0,373
Kontr. V3	-1,291	0,645	0,428	-0,149	0,354	0,694	0,774	n. e.	0,124	-1,044	0,302	0,557	-0,149	0,354	0,694
Kontr. V4	-2,742	n.e.	0,476	-0,432	0,248	0,696	n. e.	n. e.	0,237	-2,430	0,333	0,273	0,084	0,151	0,713
E. grac. V1	0,754	0,127	0,941	0,675	0,198	0,853	0,040	0,033	n. e.	0,349	0,787	0,325	0,423	0,416	0,103
E. grac. V3	-1,549	0,316	0,788	-0,321	0,484	0,577	n. e.	n. e.	n. e.	0,710	0,168	0,289	-0,321	0,484	0,577
E. grac. V4	1,015	0,097	0,012	-1,891	1,319	0,330	n. e.	n. e.	n. e.	-4,094	0,966	0,198	-1,415	0,654	0,091
T. oith. V2	-0,381	0,412	0,129	0,628	0,078	0,628	n. e.	n. e.	n. e.	-1,739	1,162	0,796	1,948	0,530	n. e.
cyc. Cop. V2	-0,670	0,238	0,281	1,057	0,385	0,108	n. e.	n. e.	n. e.	-0,672	0,507	0,765	n. e.	n. e.	n. e.
cyc. Cop. V3	-0,850	0,887	n.e.	-0,773	0,262	0,466	n. e.	n. e.	n. e.	NA	NA	0,735	n. e.	n. e.	n. e.
cyc. Cop. V4	n.e.	n.e.	n.e.	-0,315	0,234	0,770	n. e.	n. e.	n. e.	-0,853	1,071	0,212	-1,467	0,443	0,031
Com. V1	-0,991	0,968	0,165	0,576	0,169	0,877	0,860	0,159	n. e.	0,719	0,410	0,320	0,034	0,254	0,011
Com. V2	-0,092	0,344	0,165	-1,018	0,335	0,030	-1,891	0,335	n. e.	-3,754	0,746	0,090	n. e.	n. e.	n. e.
Com. V3	0,839	0,685	n.e.	-1,271	0,197	0,046	1,498	0,404	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.
Com. V4	-0,798	0,539	0,227	0,000	0,496	0,532	n. e.	n. e.	n. e.	-1,530	0,727	0,343	0,251	0,208	0,604

5.5.5.2 Effekte *E. graciloides* auf Ciliaten

In den Ansätzen mit *E. graciloides* nahm die Gesamtzahl der Ciliaten in allen Experimenten im Vergleich zu den Kontrollansätzen ab (Abbildung 33 A, C und D). Die berechneten Filter- und Ingestionsraten aus den drei Experimenten, in denen *E. graciloides* eingesetzt wurde, sind in Abbildung 34 A–F dargestellt. Es sind alle Ingestionsraten für die Ciliatentaxa, die positiv waren, dargestellt. Die Ciliatentaxa, für die signifikant niedrigere Wachstumsraten bzw. signifikant niedrigere Zellzahlen in den Räuberansätzen im Vergleich zu den Kontrollansätzen festgestellt wurden, sind in Abbildung 34 A–C gekennzeichnet. Die P-Werte aus den t-Tests zum Vergleich der Wachstumsraten sind außerdem in den Tabellen 11 und 12 aufgeführt. Die beutedichteunabhängigen Selektionsindizes nach Jacobs (1974) wurden für die Gesamtigestion aller potentiellen Beuteorganismen auf Grundlage der ingestierten Kohlenstoffmenge berechnet (Abbildung 35).

Am 12. Juli hatten die kleinen ($< 35 \mu\text{m}$) bakterivoren *Dextotricha* spp. mit 33 Cil mL^{-1} die höchste Dichte in den Kontrollansätzen zu Beginn des Experimentes und mit $16,9 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ wurden die höchsten Ingestionsraten für Ciliaten in diesen Ansätzen festgestellt. *Urotricha* spp. ($< 35 \mu\text{m}$) und *B. planctonicum* waren mit 3 bzw. 2 Cil mL^{-1} die nächsthäufigsten Ciliatentaxa. Diese beiden kleinen prostomatiden Arten konnten sich sowohl in den Kontrollansätzen als auch in den Räuberansätzen vermehren, wobei die Wachstumsraten in den Räuberansätzen gegenüber den Kontrollansätzen für *Urotricha* signifikant ($P = 0,007$) geringer ausfielen. *Urotricha* wurde mit $0,5 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ ingestiert. Ebenfalls signifikant negative Effekte ($P = 0,103$) hatte *E. graciloides* auf die Wachstumsraten der großen ($> 35 \mu\text{m}$) Oligotrichida, für die Ingestionsraten von $0,06 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ berechnet wurden. Für *B. planctonicum* konnten bei nicht signifikant unterschiedlichen Wachstumsraten zwischen den Kontroll- und den Räuberansätzen Ingestionsraten von $2,4 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ berechnet werden. Die Berechnung der Selektionsindizes zeigte positive Werte für *Dextotricha* spp. ($< 35 \mu\text{m}$), *B. planctonicum*, aber auch für die großen Oligotrichida und Scuticociliatida. Die kleinen *Urotricha* spp. ($< 35 \mu\text{m}$) wurden dagegen unterproportional zu ihrer Abundanz ingestiert (Abbildung 35).

Am 22. August dominierten die kleinen prostomen Ciliaten *B. planctonicum* (53 Cil mL^{-1}) und *Urotricha* spp. (44 Cil mL^{-1}) zusammengenommen gegenüber den kleinen *Dextotricha* (69 Cil mL^{-1}). Wiederum waren die Wachstumsraten für die kleinen *Urotricha* spp. in den Räuberansätzen gegenüber den Kontrollansätzen signifikant ($P = 0,054$) erniedrigt. Die Ingestionsraten betragen $37 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ für *Urotricha* und $28 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ für *B. planctonicum* (siehe Abbildung 34 B und E). Alle drei häufigen kleinen Ciliatengruppen sowie die großen Prostomatida wurden positiv selektiert (vgl. Abbildung 35 B).

Am 5. September war das Abundanzverhältnis der beiden algivoren *B. planctonicum* und *Urotricha* mit 18 bzw. 15 Cil mL⁻¹ gegenüber dem bakterivoren *Dexiotricha* mit 36 Cil mL⁻¹ fast ausgeglichen. Bei signifikant erniedrigten Wachstumsraten ($P = 0,107$) in den Räuberansätzen wurden Ingestionsraten für *B. planctonicum* von 2,1 Cil Cop⁻¹h⁻¹ berechnet. Ebenfalls signifikant ($P = 0,091$) negative Effekte wurden auf die Wachstumsraten der großen Oligotrichida festgestellt, die mit einer Ingestionsrate von 0,24 Cil Cop⁻¹h⁻¹ dezimiert wurden. Unter Zugrundelegung der ingestierten Kohlenstoffeinheiten ingestierte *E. graciloides* in diesem Experiment bevorzugt die kleinen *Dexiotricha* spp. sowie die größeren (> 35 µm) Ciliaten (Abbildung 35).

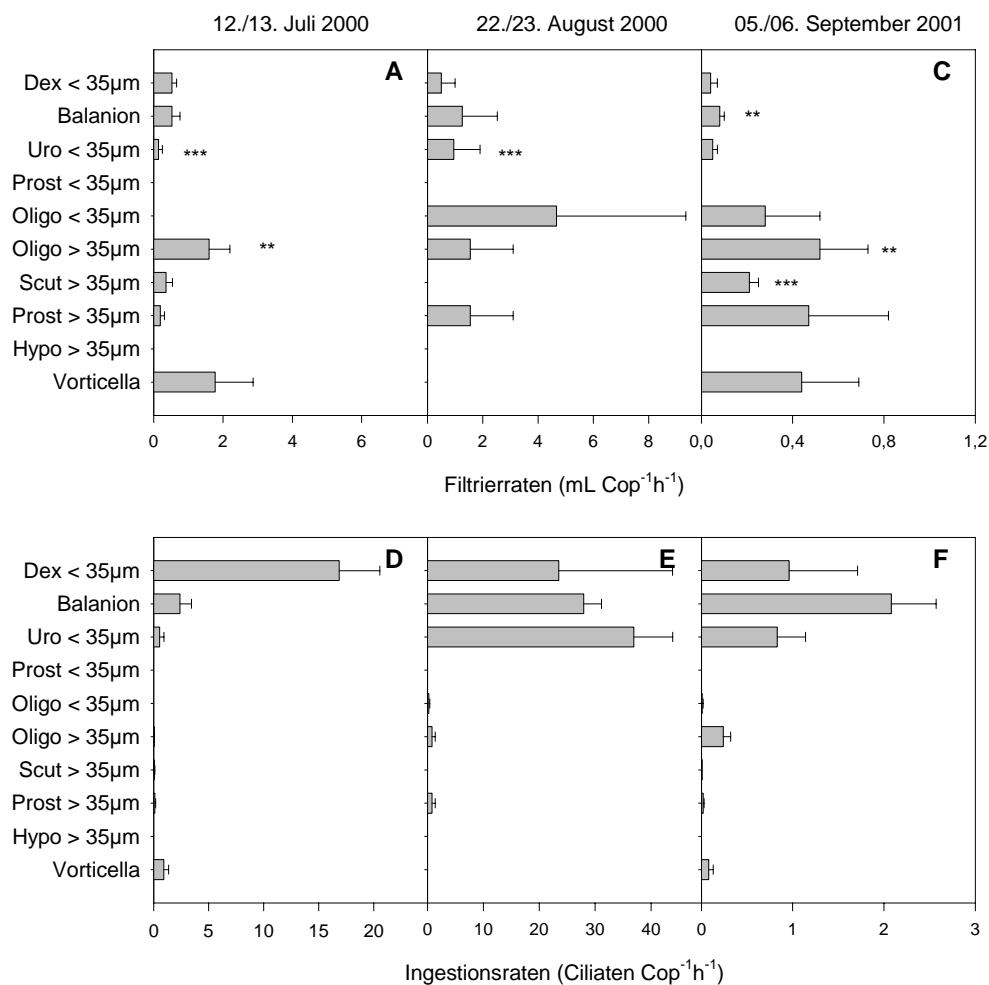


Abbildung 34

Filtrier- und Ingestionsraten von *E. graciloides* am 12./13. Juli 2000 (A und D), am 22./23. August (B und E) und am 5./6. September 2001 (C und F) mit Standardfehler für die untersuchten Ciliatentaxa im DCM des Großen Vätersees. Dex <35µm = *Dexiotricha* spp. < 35 µm, Balanion = *Balanion planctonicum*, Uro <35µm = *Urotricha* spp. < 35 µm, Prost <35µm = andere Prostomatida < 35 µm, Oligo <35µm = Oligotrichida < 35 µm, Oligo >35µm = Oligotrichida > 35 µm, Scut >35µm = Scuticociliata > 35 µm, Prost >35µm = Prostomatida > 35 µm, Hypo >35µm = Hypotrichida > 35 µm, Vorticella = *Vorticella* spp. alle Größen. Die Sternchen bezeichnen signifikante Unterschiede in den Abundanz bzw. den Wachstumsraten zwischen Räuberansätzen und den Kontrollansätzen T1, ** = $P < 0,10$; *** = $P < 0,05$.

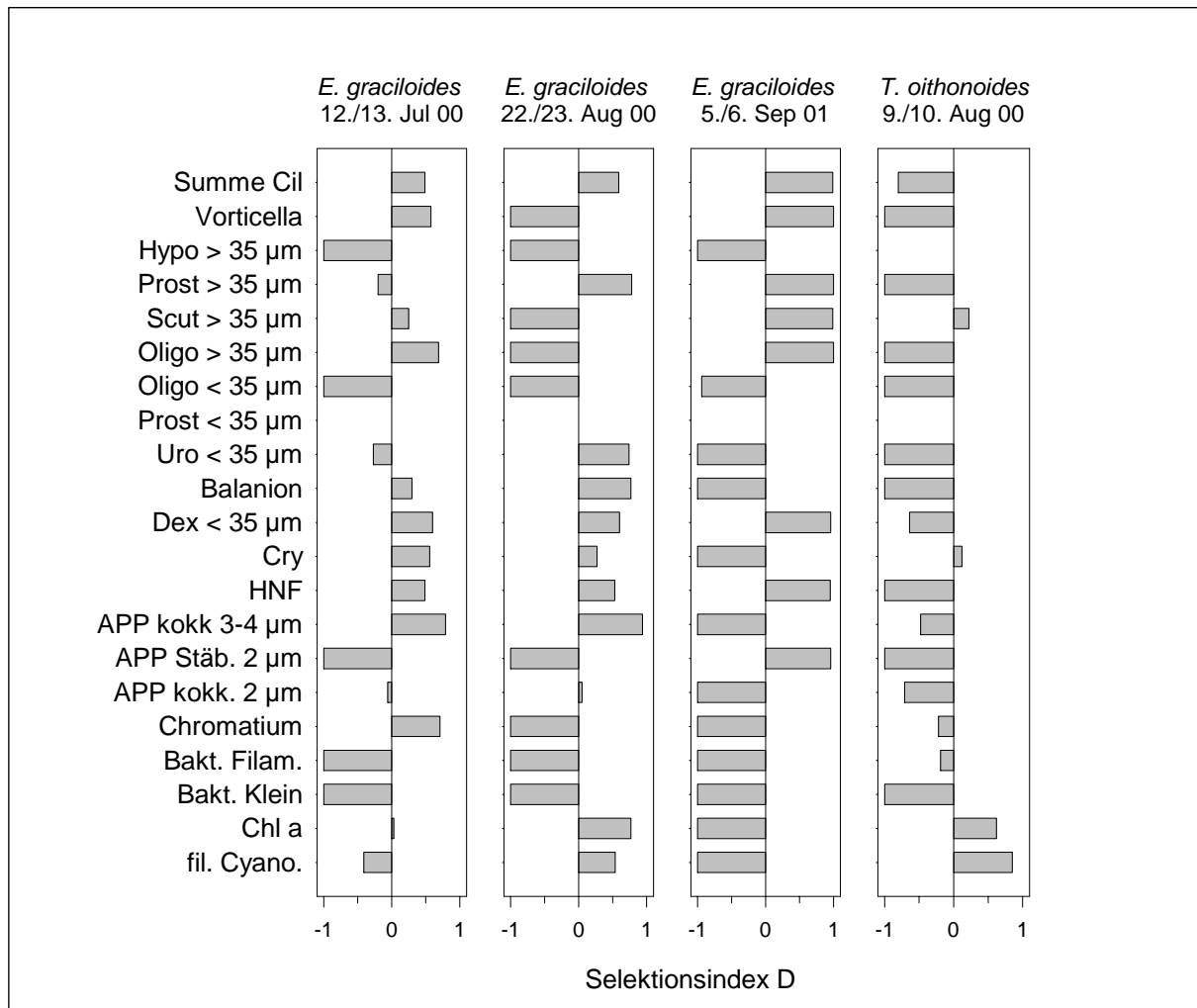


Abbildung 35

Beuteselektionsindizes nach Jacobs (1974) von *E. graciloides* (A–C) und *T. oithonoides* (D) in den *in situ*-Grazing-Experimenten im DCM an 4 Versuchsterminen. Die Selektionsindizes wurden auf Grundlage der spezifischen Mortalitätsraten der dargestellten Taxa umgewandelt in Kohlenstoffeinheiten berechnet, die als Ingestionsraten der Copepoden aufgefasst wurden. Dabei bedeuten: Summe Cil = Summe aller Ciliaten, fil. Cyano. = *Planktothrix clathrata* und *Pseudanabaena catenata*. Die übrigen Abkürzungen wie in Abbildung 25 und Abbildung 36.

5.5.5.3 Effekte *T. oithonoides* auf Ciliaten

T. oithonoides hatte keinen negativen Effekt auf die Wachstumsraten der Ciliatengemeinschaft (Abbildung 33 B). Auch konnten für kein Ciliatentaxon positive Ingestionsraten ermittelt werden. Stattdessen blieb die Anzahl der Ciliaten in den Ansätzen mit *T. oithonoides* unverändert. Leicht positive Ingestionsraten mit signifikant ($P = 0,129$) erniedrigten Wachstumsraten in den Räuber- gegenüber den Kontrollansätzen konnten nur für die großen Scuticociliaten berechnet werden. Die Ingestionsraten wurden mit $0,5 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ berechnet. Da keine anderen Ciliatentaxa ingestiert wurden, wurde auf eine Einzeldarstellung der zellzahlbasierten Ingestionsraten verzichtet.

5.5.5.4 Effekte Cyclopoide Copepodide auf Ciliaten

Versuche mit cyclopoiden Copepodiden wurden am 9./10. und am 22./23. August sowie am 5./6. September durchgeführt. In allen drei Experimenten nahm die Gesamtanzahl der Ciliaten gegenüber den Kontrollansätzen ab (Abbildung 33 B, C und D).

Am 9./10. August zeigten sich signifikant negative Effekte der cyclopoiden Copepodide auf die kleinen ($< 35 \mu\text{m}$) *Colpidium* spp. im Vergleich der Zellzahlen in den Kontrollansätzen gegenüber den Räuberansätzen ($P = 0,123$), während die Wachstumsraten keine signifikanten Unterschiede zeigten ($P = 0,326$). Negative Effekte auf *B. planctonicum* ($P = 0,008$) und die großen Scuticociliaten ($P = 0,012$) ließen sich anhand unterschiedlicher Wachstumsraten zeigen (Tabelle 12 und Tabelle 13). Die Ingestionsraten betragen $21,0 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ für *Dexiotricha* und $9,7 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ für *B. planctonicum* (Abbildung 36 D). Außerdem wurde ein signifikantes Absinken der Wachstumsraten der großen Hymenostomata gefunden, die mit $0,15 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ ingestiert wurden. Alle 3 Ciliatentaxa wurden überproportional zu ihrer Konzentration dezimiert (Abbildung 37 A). Die Wachstumsraten der großen Prostomatida waren dagegen mit $1,057$ in den Räuberansätzen gegenüber $0,466 \text{ d}^{-1}$ signifikant erhöht.

Am 22./23. August wurden sowohl signifikante Änderungen der Wachstumsraten für *B. planctonicum* ($P = 0,069$) als auch für die kleinen Oligotrichida ($P = 0,132$) festgestellt. Die positiv ausgefallenen Filtrier- und Ingestionsraten sind in Abbildung 36 B und E dargestellt. Für alle Ciliaten, für die positive Ingestionsraten berechnet wurden, waren auch die Selektionsindizes positiv – mit Ausnahme der kleinen Oligotrichida (Abbildung 37 B).

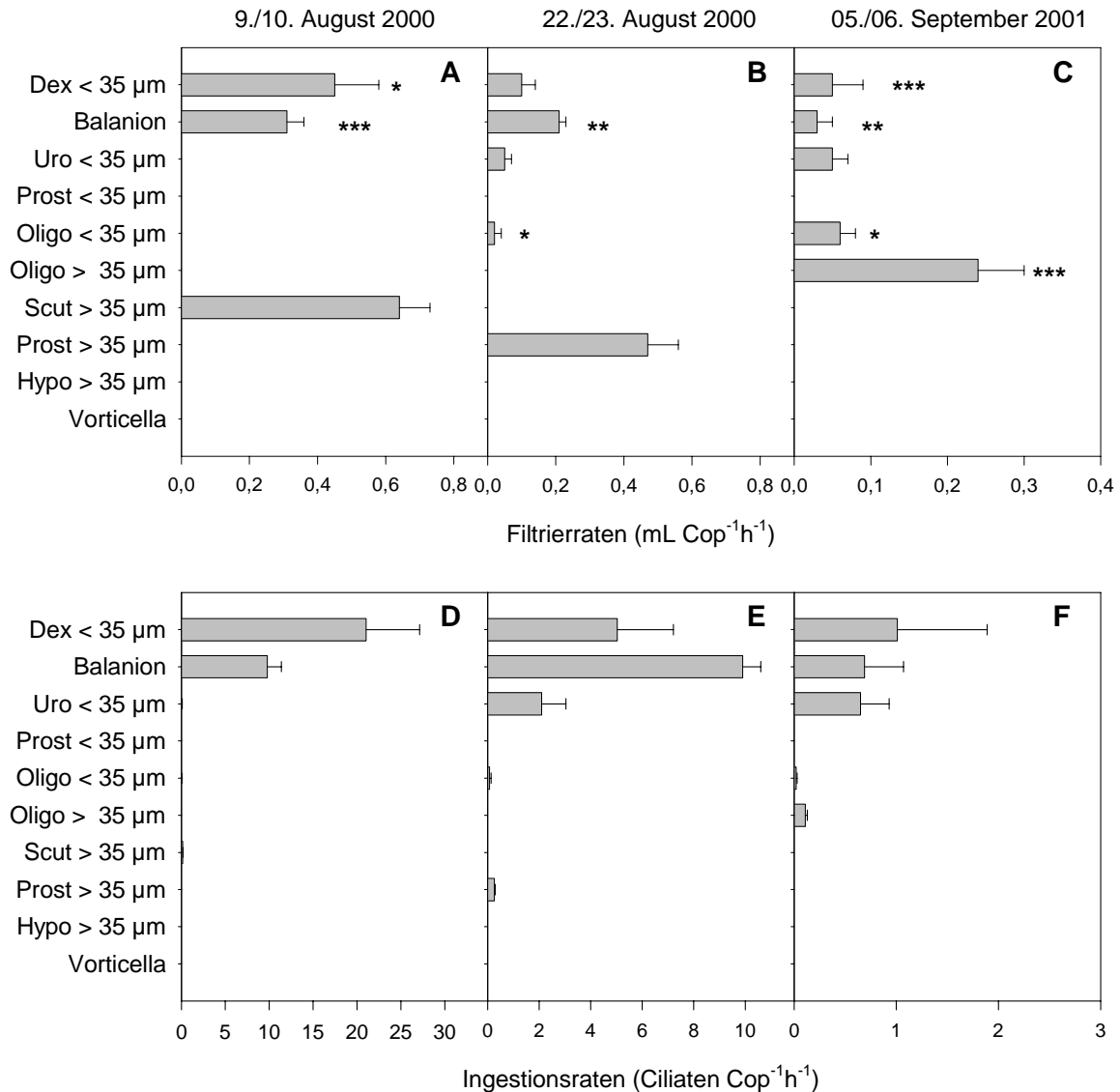


Abbildung 36

Filtrier- und Ingestionsraten der cyclopoiden Copepodide am 9./10. August 2000 (A und D), am 22./23. August (B und E) und am 5./6. September 2001 (C und F) mit Standardfehler für die untersuchten Ciliatentaxa im DCM des Großen Vätersees. Dex < 35 µm = *Dexiotricha* spp. < 35 µm, Balanion = *Balanion planctonicum*, Uro < 35 µm = *Urotricha* spp. < 35 µm, Prost < 35 µm = andere Prostomatida < 35 µm, Oligo < 35 µm = Oligotrichida < 35 µm, Oligo > 35 µm = Oligotrichida > 35 µm, Scut > 35 µm = Scuticociliata > 35 µm, Prost > 35 µm = Prostomatida > 35 µm, Hypo > 35 µm = Hypotrichida > 35 µm, Vorticella = *Vorticella* spp. alle Größen. Die Sternchen bezeichnen signifikante Unterschiede in den Abundanzen bzw. den Wachstumsraten zwischen Räuberansätzen und den Kontrollansätzen T1,: * = P < 0,15; ** = P < 0,10; *** = P < 0,05.

Am 5./6. September wurden signifikant erniedrigte Wachstumsraten in den Copepodidansätzen nur für die großen Oligotrichida gefunden (P = 0,031). Der Vergleich der Zellzahlen in den Kontrollansätzen und den Räuberansätzen zeigte aber auch noch signifikante negative Effekte auf die kleinen *Dexiotricha* spp. (P = 0,004), *B. planctonicum* (P = 0,010) sowie die kleinen Oligotrichida (P = 0,120). Positive Effekte auf die Zellzahlen wurden – wie auch schon am 9./10. August – für die großen Prostomatida (P = 0,102) sowie für *Vorticella* spp.

($P = 0,081$) festgestellt. Die Filtrier- wie auch die Ingestionsraten fielen insgesamt niedriger aus als in den Versuchen vorher (Abbildung 36 C und F). Alle Ciliaten, die gefressen wurden, wurden überproportional zu ihrer Konzentration selektiert (Abbildung 37 C).

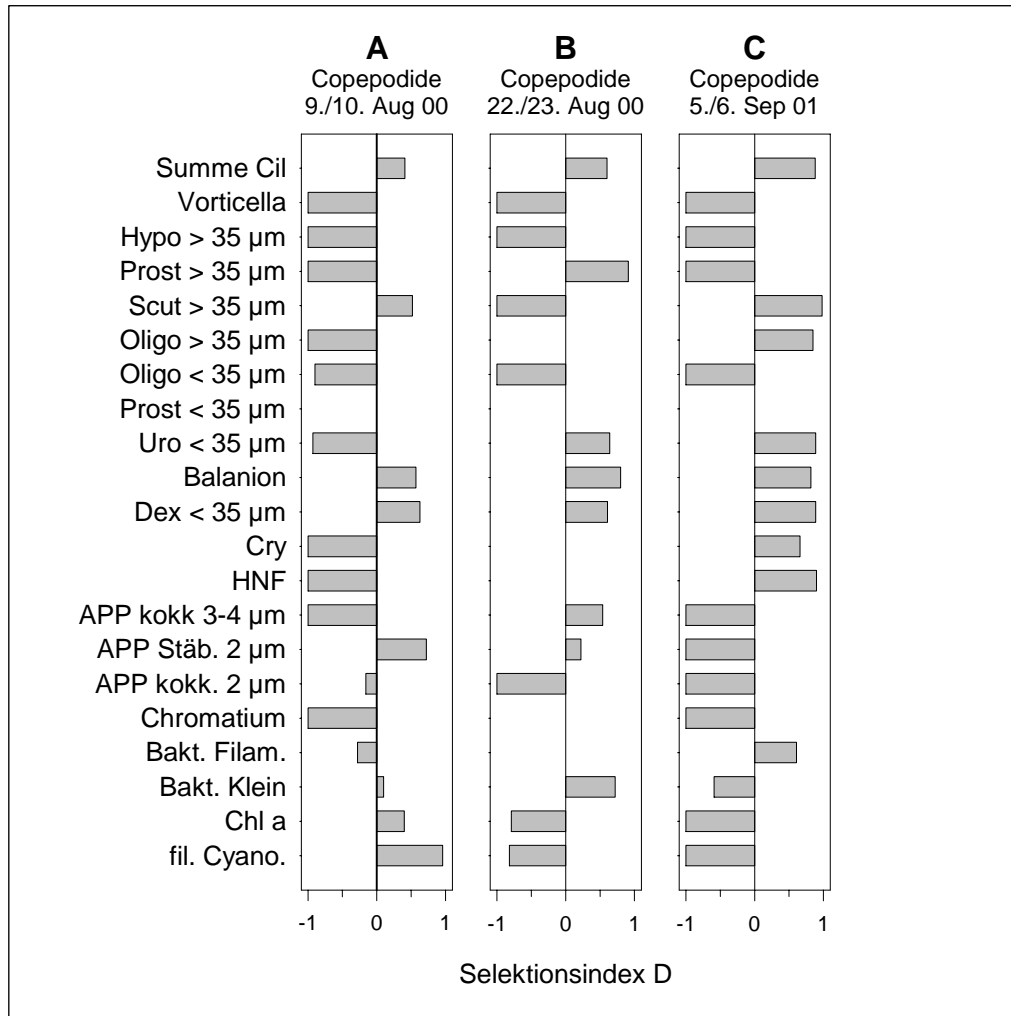


Abbildung 37

Beuteselektionsindizes nach Jacobs (1974) der cyclopoiden Copepodide in den *in situ*-Grazing-Experimenten im DCM an 3 Versuchsterminen. Die Selektionsindizes wurden auf Grundlage der spezifischen Mortalitätsraten der dargestellten Taxa berechnet, die als Ingestionsraten der Copepodide aufgefasst wurden. Dabei bedeuten: Summe Cil = Summe aller Ciliaten, fil. Cyano. = *Planktothrix clathrata* und *Pseudanabaena catenata*. Die übrigen Abkürzungen wie in Abbildung 25 und Abbildung 36.

5.5.5.5 Effekte *Community* auf Ciliaten

In den *Community*-Ansätzen nahm die Gesamtciliatenzahl am 12./13. Juli, am 9./10. August und am 22./23. August ab (Abbildung 33 A, B und C). Am 5./6. September 2001 nahm die Gesamtzahl der Ciliaten zu (Abbildung 33 D), wobei als Kontrollansätze in diesem Falle die unfiltrierten Proben zu gelten haben, da die *Community*-Ansätze auch nicht filtriert worden

waren. Die Wachstumsraten in den *Community*-Ansätzen wurden allerdings gegen die Wachstumsraten in den Kontrollansätzen getestet.

Am 12./13. Juli hatte die *Community* signifikant negative Effekte auf die Wachstumsraten von *B. planctonicum* ($P = 0,117$), auf die kleinen *Urotricha* spp. ($P = 0,009$) sowie auf die großen Oligotrichida ($P = 0,011$), die mit $2,9 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$, $1,4 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ bzw. mit $0,1 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ ingestiert wurden. *Dexiotricha* wurde nicht signifikant in seinem Wachstum beschränkt. Die berechnete Ingestionsrate ($25,1 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$) war deutlich höher als die für *B. planctonicum*. Bis auf die großen Prostomatida wurden alle Ciliatentaxa, für die positive Ingestionsraten ermittelt wurden, überproportional zu ihrer Konzentration dezimiert.

Am 9./10. August wurde nur das Wachstum von wenig-abundanten Ciliatentaxa signifikant eingeschränkt. *Vorticella* wurde signifikant ($P = 0,090$) mit einer Ingestionsrate von $0,4 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ gefressen. Die großen Prostomatida ($P = 0,030$) wurden mit $0,1 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ ingestiert (Abbildung 38 B). Die höchsten Ingestionsraten wurden für *Dexiotricha* ($1,7 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$) und *B. planctonicum* ($1,9 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$) gefunden. Die zahlreicheren kleinen Ciliatentaxa wie *Dexiotricha* spp. und *B. planctonicum* wurden weder positiv noch negativ selektiert, während die kleinen *Urotricha* spp. mit $D = -0,54$ deutlich negativ selektiert wurden (Abbildung 39 B).

Am 22. August wurden *B. planctonicum* sowie *Urotricha* spp. ($< 35 \mu\text{m}$) signifikant ($P = 0,036$ bzw. $P = 0,055$) mit Ingestionsraten von $12,6$ bzw. $7,2 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ dezimiert (Abbildung 38 C und G). Von den weniger abundanten Ciliaten wurden die großen prostomatiden Ciliaten signifikant ($P = 0,046$) in ihrem Wachstum beschränkt und mit $0,3 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ ingestiert. Bei nicht signifikanter Verminderung seiner Wachstumsrate in den Räuberansätzen konnte für *Dexiotricha* eine Ingestionsrate von $11,2 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ berechnet werden. Alle ingestierten Ciliatentaxa wurden also überproportional zu ihrem Vorkommen selektiert.

Am 5. September wurde ein signifikant positiver Effekt ($P = 0,100$) der *Community* auf *Dexiotricha* festgestellt, wohingegen *B. planctonicum* signifikant abnahm ($P = 0,027$) und mit einer Rate von $9 \text{ Cil Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ ingestiert (für Filtrier- und Ingestionsraten vgl. Abbildung 38 D und H) wurde. Alle anderen Ingestionsraten, die ebenfalls in Abbildung 38 D dargestellt sind, beruhten nicht auf signifikanten Abnahmen der entsprechenden Wachstumsraten. Auch in diesem Versuch wurden alle Ciliatentaxa, für die positive Ingestionsraten gefunden wurden, positiv selektiert (Abbildung 39 D).

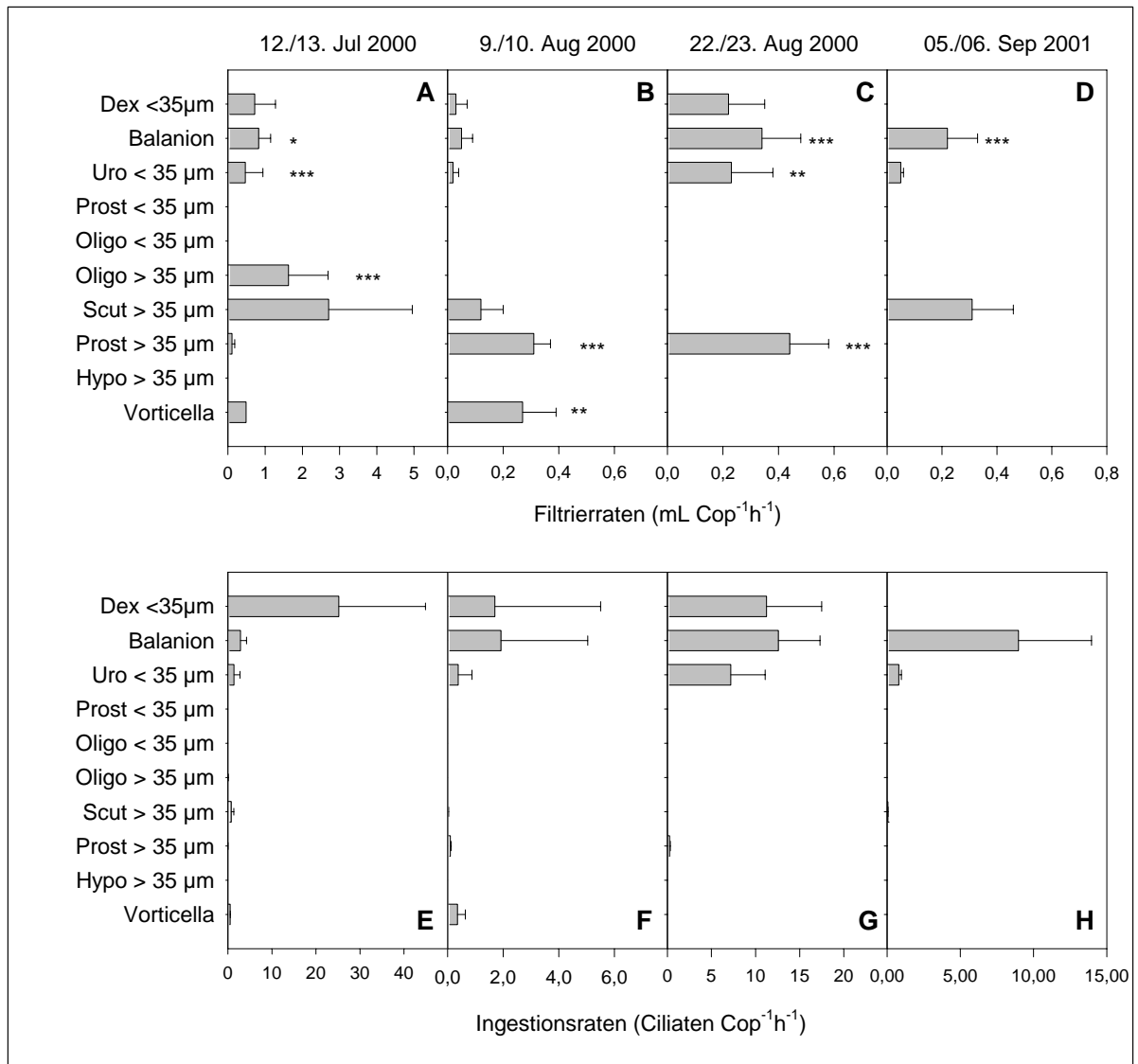


Abbildung 38

Filtrier- und Ingestionsraten der *Community* am 12./13. Juli 2000 (A und E), am 9./10. August (B und F) am 22./23. August (C und G) und am 5./6. September 2001 (D und H) mit Standardfehler für die untersuchten Ciliatentaxa im DCM des Großen Vätersees. Dex < 35 µm = *Dextriochia* spp. < 35 µm, Balanion = *Balanion planctonicum*, Uro < 35 µm = *Urotricha* spp. < 35 µm, Prost < 35 µm = andere Prostomatida < 35 µm, Oligo < 35 µm = Oligotrichida < 35 µm, Oligo > 35 µm = Oligotrichida > 35 µm, Scut > 35 µm = Scuticociliata > 35 µm, Prost > 35 µm = Prostomatida > 35 µm, Hypo > 35 µm = Hypotrichida > 35 µm, Vorticella = *Vorticella* spp. alle Größen. Die Sternchen bezeichnen signifikante Unterschiede in den Abundanzen bzw. den Wachstumsraten zwischen Räuberansätzen und den Kontrollansätzen T1,: * = P < 0,15; ** = P < 0,10; *** = P < 0,05.

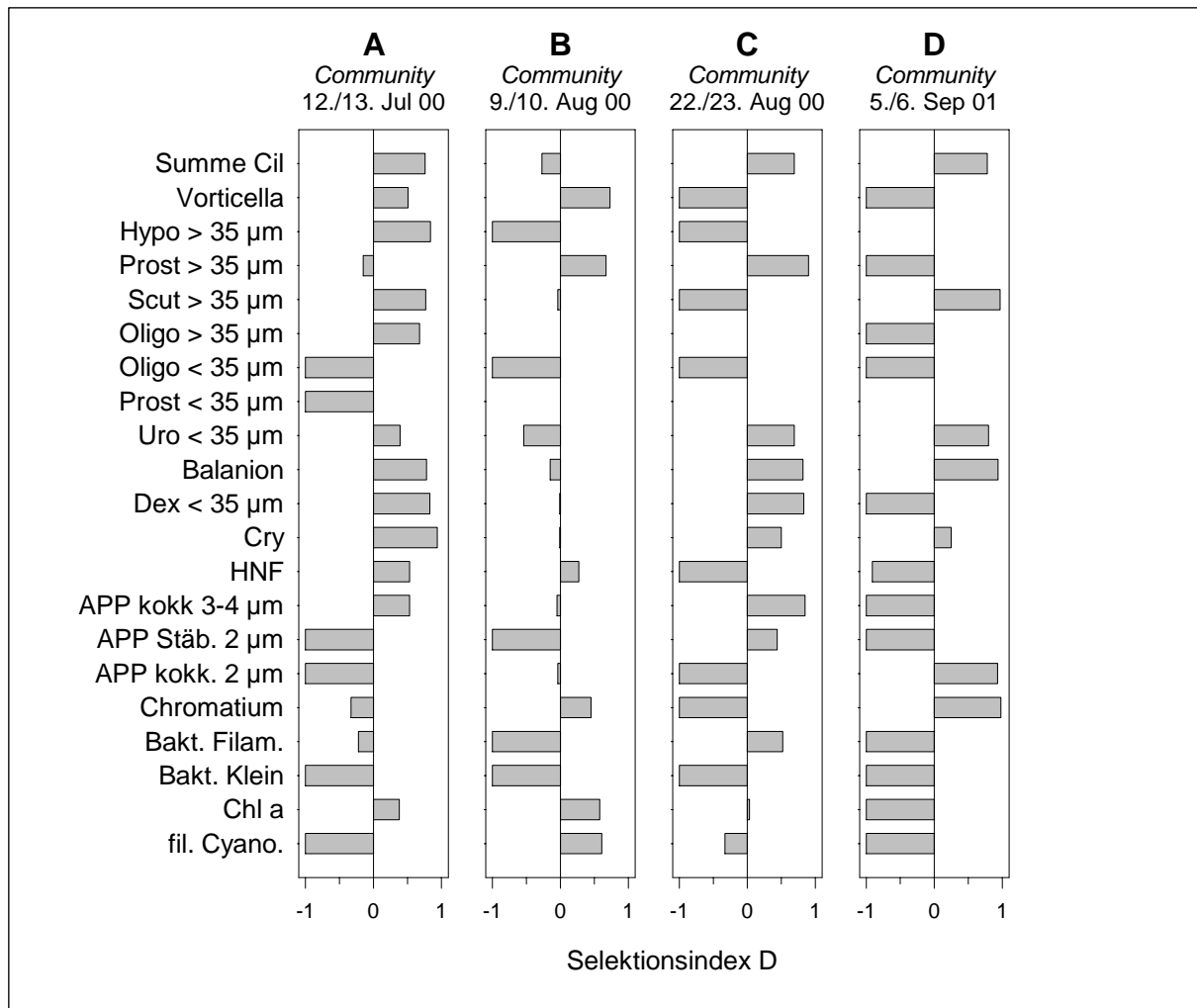


Abbildung 39

Beuteselektionsindizes nach Jacobs (1974) der *Community* in den *in situ*-Grazing-Experimenten im DCM an 4 Versuchsterminen. Die Selektionsindizes wurden auf Grundlage der spezifischen Mortalitätsraten der dargestellten Taxa berechnet, die als Ingestionsraten der Copepodide aufgefasst wurden. Dabei bedeuten: Summe Cil = Summe aller Ciliaten, fil. Cyano. = *Planktothrix clathrata* und *Pseudanabaena catenata*. Die übrigen Abkürzungen wie in Abbildung 25 und Abbildung 36.

5.5.6 Räuberbedingter Kohlenstoffumsatz im DCM

Der Einfluss der getesteten Mesozooplankter auf die mikrobielle Planktongemeinschaft im DCM wird durch die Abnahme der Konzentrationen pro Räuberindividuum über den Versuchszeitraum der hier quantifizierten Gruppen beziffert. Dabei werden diese Raten meistens als Ingestionsraten der Mesozooplankter angenommen. Tatsächlich werden hier aber lediglich *per capita*-Mortalitätsraten bestimmt, die durch die eingesetzten Copepoden bedingt werden. Die Gesamtmortalitätsraten waren unterschiedlich für die untersuchten Mesozooplankter sowie an den unterschiedlichen Versuchsterminen (Tabelle 14).

Tabelle 14

Gesamtkohlenstoffingestion ($\mu\text{g C Ind}^{-1} \text{h}^{-1}$) bzw. Gesamtkohlenstoffumsatz. Mittelwerte aus jeweils 3 Parallelansätzen \pm Standardfehler der untersuchten Räuber zu den vier Versuchsterminen im DCM des Großen Vätersees in. k. A. = kein Ansatz.

Versuch	<i>E. graciloides</i>	<i>T. oithonoides</i>	Cyclopoide Copepodide	Community
12./13. Jul. 00	0,2834 \pm 0,0645	k. A.	k. A.	0,2073 \pm 0,0549
9./10. Aug. 00	k. A.	1,0826 \pm 0,1067	0,2719 \pm 0,0955	0,2748 \pm 0,0452
22./23. Aug. 00	0,4480 \pm 0,0601	k. A.	0,0444 \pm 0,0133	0,0810 \pm 0,0308
5./6. Sep. 01	0,0036 \pm 0,0011	k. A.	0,0064 \pm 0,0021	0,0407 \pm 0,0240

E. graciloides

Die Phytoplankter (Chl a) waren sowohl im Juli als auch im August mit die wichtigste Kohlenstoffquelle für *E. graciloides*, während am 5./6. September gar keine Wirkung auf Chl a nachzuweisen war. Am 12./13. Juli betrug die durch *E. graciloides* bedingte Mortalität auf das Phytoplankton 45 % der Gesamtmortalität ($0,0669 \mu\text{g C Cop}^{-1} \text{h}^{-1}$) und lag noch unterhalb des Anteils der großen Schwefelpurpurbakterien (49 % bzw. $0,1059 \mu\text{g C Cop}^{-1} \text{h}^{-1}$; vgl. Abbildung 40 A). Am 22./23. August hatte sich der Anteil der Phytoplankter mit 71 % ($0,3183 \mu\text{g C Cop}^{-1} \text{h}^{-1}$; vgl. Abbildung 40, Tabelle 14) an der Gesamtkohlenstoffmortalität bedingt durch *E. graciloides* deutlich erhöht, wobei Bakterien in der Nettobilanz gar nicht mehr betroffen waren.

Die Chl a-Konzentration im September-Experiment ein Jahr später war zwar ähnlich hoch wie im August-Experiment (Abbildung 24). Trotzdem wurden in diesen Versuchsansätzen weder Phytoplankton noch Bakterioplankton in nachweisbarer Menge konsumiert. Durch die geringe Gesamt-*per-capita*-Konsumption in diesen Versuchsansätzen (Tabelle 14) war die Streuung sowohl in der Chl a-, als auch in der Bakterienkonzentration größer als die konsumierten Mengen, sodass hier keine Ingestions- bzw. Mortalitätsraten errechnet werden konnten.

Das Phytoplankton im DCM wurde im Wesentlichen von langen Blaualgenfäden – hauptsächlich *Planktothrix clathrata* und ein kleinerer Anteil *Pseudanabaena catenata* – mit einer Länge zwischen 100 und 300 μm (Opitz 2005) dominiert. Außerdem waren Cryptomonaden (*Cryptomonas ovata* und *Cryptomonas* sp.) sowie APP (hauptsächlich Piko-Cyanophyceen) vorhanden. Der Rückgang des Chlorophylls war zwar korreliert mit einer Abnahme des kokkalen APP sowie von *Cryptomonas* spp., die Mortalität des Chl a konnte aber sowohl am 12./13. Juli als auch am 22./23. August nicht vollständig durch den Rückgang dieser Phytoplankter erklärt werden.

Der Anteil des APP ($0,0581 \mu\text{g C Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$) und der Cryptomonaden ($0,0329 \mu\text{g C Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$) machten am 12./13. Juli noch mehr als die Hälfte des konsumierten Phytoplanktons aus (28 % der ingestierten Gesamtkohlenstoffmenge). Am 22./23. August machten diese nur noch etwa 20 % der konsumierten Chl a-Menge aus ($0,0476$ bzw. $0,0330 \mu\text{g C Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$). Bei einer etwa 2,5-fach höheren Konzentrationen an fädigen Cyanobakterien am 22./23. August ($1,2 \mu\text{g C mL}^{-1}$) im Vergleich zum 12./13. Juli ($0,5 \mu\text{g C mL}^{-1}$) zeigte *E. graciloides* im August eine deutlich positive Selektion ($D = 0,53$) der Blaualgenfäden, während die Ingestion im Juli-Experiment unterproportional zur vorhandenen Biomasse war ($D = -0,25$) (Abbildung 35). Eine andere wichtige Kohlenstoffquelle für *E. graciloides* waren am 12./13. Juli die großen Schwefelpurpurbakterien ($5\text{--}20 \mu\text{m}$), die 49 % der Gesamtigestion ausmachten (Abbildung 40 A), während diese Bakteriengruppe in den anderen Experimenten nicht konsumiert wurde. Der Anteil der HNF an der Gesamt mortalität in den *E. graciloides*-Ansätzen betrug im Juli- und Augustexperiment unter 2 % ($0,0017$ bzw. $0,0059 \mu\text{g C Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$), während er im September bei absolut niedrigeren Raten ($0,0007 \mu\text{g C Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$) 17 % betrug.

Die Ciliaten spielten für die Kohlenstoffaufnahme von *E. graciloides* im Vergleich zu den Phytoplanktern eine eher untergeordnete Rolle. Allerdings nahm die quantitative Bedeutung mit dem Anstieg der Ciliatenkonzentration in den Versuchsabsätzen vom Juli zum August zu. So verdoppelte sich der Anteil der Ciliaten an der Gesamtmenge an konsumierten Kohlenstoff von 4 % ($0,0147 \mu\text{g C Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$) am 12./13. Juli auf 9 % ($0,0424 \mu\text{g C Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$) am 22./23. August (Abbildung 40) bei einer Vervierfachung der Biomasse der Ciliaten von $0,0217$ auf $0,0763 \mu\text{g C mL}^{-1}$. Während die Ciliaten am 12./13. Juli nur an viertwichtigster Stelle bei der Kohlenstoffaufnahme standen, waren sie am 22./23. August, als ihre Gesamtabundanz am höchsten war, an zweitwichtigster Stelle hinter dem Phytoplankton. Interessanterweise stellten die Ciliaten im Experiment am 5./6. September die wichtigste Nahrungsquelle dar, bei insgesamt deutlich erniedrigten Gesamt-*per-capita*-Konsumptionsraten (siehe oben). Die Mortalitätsraten, mit denen die Ciliaten dezimiert wurden, war – anders als die Konsumption der anderen potentiellen Beuteorganismen – nicht von der hohen Dichte der Räuber beeinträchtigt, sondern lag zwischen den Werten aus dem Juli und August.

T. oithonoides

Für *T. oithonoides* war ebenfalls das Phytoplankton mit einem Anteil von 73 % der induzierten Gesamt mortalität die wichtigste Kohlenstoffquelle (Abbildung 40 B) im DCM des Großen Vätersees. Der Rückgang des Chlorophylls ging einher mit einer Abnahme von *Cryptomonas* spp., die immerhin 11 % der Gesamt mortalität ausmachte, sowie mit einer tendenziellen Ab-

nahme des kokkalen APP. Die beiden letztgenannten Komponenten konnten aber nur etwa 22 % des dezimierten Phytoplanktons erklären (Abbildung 40 B).

Ebenso wie *E. graciloides* war auch *T. oithonoides* in der Lage, einen negativen Effekt auf die großen Bakterien auszuüben, die mit 26 % am Nettokohlenstoffflux nach dem Phytoplankton die zweitwichtigste Kohlenstoffquelle für den kleinen cyclopoiden Copepoden waren (Abbildung 40 B). Im Gegensatz zu dem calanoiden Copepoden zeigte *Thermocyclops* aber nicht nur negative Effekte auf *Chromatium*, sondern auch auf die übrigen großen Bakterien, wobei die Bakterien in etwa proportional zu ihrem Vorkommen konsumiert wurden, was durch die neutralen bis leicht negativen Selektionsindizes angezeigt wurde (Abbildung 35 D). *T. oithonoides* zeigte dagegen keinen signifikanten Einfluss auf die Wachstumsraten der heterotrophen eukaryotischen Protisten (HNF, Ciliaten).

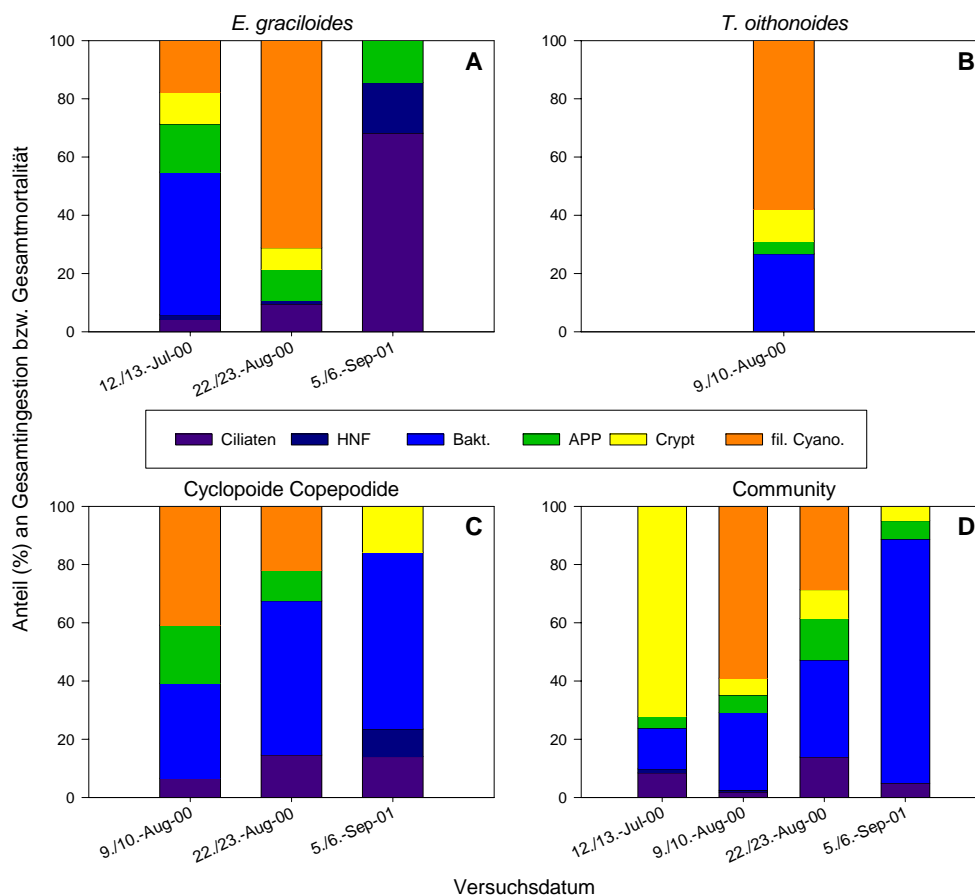


Abbildung 40

Prozentualer Anteil der Ingestionsraten bzw. induzierten Mortalitätsraten der mikrobiellen Planktongemeinschaft im DCM an den Gesamtingestions- bzw. Mortalitätsraten bezogen auf Kohlenstoffeinheiten von *E. graciloides* (A), *T. oithonoides* (B), cyclopoide Copepodide (C), *Community* (D). Ciliaten = Summe aller Ciliaten, HNF = heterotrophe Nanoflagellaten, Bakt = kleine Bakterien ($\leq 3 \mu\text{m}$) + filamentöse Bakterien ($> 4 \mu\text{m}$) + Schwefelpurpurbakterien, APP = autotrophes Pikoplankton, Crypt = Cryptomonaden, fil. Cyano = filamentöse Cyanobakterien.

Cyclopoide Copepodide

Die durch die Copepodide bedingten Umsatzraten des Kohlenstoffes waren am größten im Experiment am 9./10. August (Tabelle 14), wobei die Bilanzierung des anteiligen Kohlenstoffluxes am 22./23. August auf Grund der fehlenden Werte für die großen Bakterien, HNF sowie *Cryptomonas* spp. unvollständig bleibt. Im dritten Experiment mit den cyclopoide Copepodiden am 5./6. September war ähnlich wie in den Versuchen mit *E. graciloides* am gleichen Termin ein deutlich geringerer, durch die Copepodide bedingter Gesamtkohlenstofffluss zu verzeichnen. Am 9./10. August war das Phytoplankton gemessen als Chl a mit $0,165 \mu\text{g C Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ die wichtigste Kohlenstoffquelle, der größere Anteil (41 %) wurde durch den Rückgang der fädigen Cyanophyceen und der kleinere Teil durch APP (20 %) bedingt. Auf die Cryptomonaden wurde gar kein Nettoeffekt gemessen. Zwei Wochen später, am 22./23. August, wurde mit $0,044 \mu\text{g C Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$ deutlich weniger Biomasse umgesetzt als zwei Wochen zuvor, wobei hier zu beachten ist, dass die großen Bakterien, HNF und *Cryptomonas* spp., nicht erfasst wurden, sodass diese Bilanz nicht vollständig ist. Der Anteil des Chl a betrug nur noch weniger als ein Zehntel ($0,01 \mu\text{g C Cop}^{-1}\text{h}^{-1}$) der Menge, die am 9./10. August gemessen wurde, obwohl die Konzentration der fädigen Blaualgen etwa um den Faktor 5 höher ($1,40 \mu\text{g C mL}^{-1}$) war. Am 5./6. September wurde innerhalb des Phytoplanktons nur noch ein negativer Effekt auf die Cryptomonaden festgestellt.

Im Gegensatz zu den Umsatzraten war die Konzentration der fädigen Cyanobakterien in den Versuchsansätzen am 9./10. August, als die höchsten Mortalitätsraten gemessen wurden, mit $0,26 \mu\text{g C mL}^{-1}$ im Vergleich der drei Versuche am niedrigsten. Am 22./23. August sowie im Septemberexperiment ein Jahr später war die Konzentration der fädigen Blaualgen etwa um den Faktor 5 höher. Bei deutlich erniedrigten Gesamtmortalitätsraten (Tabelle 14), bedingt durch die cyclopoide Copepodide am 22./23. August sowie im September-Experiment, stieg der relative Anteil der Bakterien gegenüber dem Experiment vom 9./10. August auf 53 bzw. 61 % (Abbildung 40 C), wobei *Chromatium* nicht dezimiert wurde. HNF hatten nur am 5./6. September einen Anteil am Nettokohlenstoffumsatz (9 %). Der relative Anteil der Ciliaten an der Menge des insgesamt umgesetzten Kohlenstoffes stieg im Laufe der Experiment von fast 7 % am 9./10. August auf 15 bzw. 14 % am 22./23. August sowie im September-Experiment ein Jahr später (Abbildung 40 C).

Community

Für die Räuberzusammensetzung in den *Community*-Ansätzen ließen sich zwei Muster erkennen, die allerdings fließende Übergänge bildeten. Am 12./13. Juli sowie am 5./6. September dominierten fast ausschließlich Rotatorien die Mesozooplanktongemeinschaft, während in den beiden August-Experimenten die Copepodide dominierten (9./10. August) oder wenigstens einen beträchtlichen Anteil der Räuber stellten (22./23. August) (vgl. Abbildung 2). Ein negativer Effekt auf fädige Cyanophyceen konnte nur in den Experimenten beobachtet werden, in denen Copepoden (hauptsächlich cyclopoide Copepodide) einen beträchtlichen Anteil an der Zusammensetzung des *Community*-Mesozooplanktons ausmachten, wobei die Größe des Effektes deutlich mit der Anzahl der Copepodide korreliert war. Am 9./10. August mit einer mittleren Copepodendichte von 105 Cop L^{-1} war der Anteil der Cyanophyceen-Mortalität an der Gesamtmortalität mit 59 % deutlich größer als am 22./23. August (29 %), als im Mittel nur 69 Cop L^{-1} in den Ansätzen vorhanden waren (vgl. Abbildung 40 D). In den weitestgehend von Rotatorien dominierten Ansätzen wurde dagegen keine Mortalität der filamentösen Cyanobakterien gemessen. Die Bedeutung der Cryptomonaden (72 % Anteil an der Gesamtmortalität) war in den von Rotatorien dominierten *Community*-Ansätzen am 12./13. Juli am größten, während der Anteil im September-Experiment bei insgesamt niedrigerer Gesamtmortalität (Tabelle 14) mit 5 % deutlich geringer ausfiel. Der relative Umsatz der Bakterien nahm im chronologischen Verlauf der Experimente deutlich zu und war am 5./6. September mit 83 % der Gesamtkohlenstoffmortalität am höchsten. Die Abnahme der Bakterienbiomasse am 9./10. August sowie am 5./6. September wurde ausschließlich durch den Rückgang von *Chromatium* bedingt. Am 12./13. Juli und 22./23. August machten die größeren Bakterien ohne *Chromatium* den Hauptanteil der Biomassereduktion aus. Die kleinen Bakterien spielten in dieser Bilanz gar keine Rolle. HNF hatten nur am 11./12. Juli sowie am 9./10. August einen geringen Anteil an der Gesamtmortalität (1,3 bzw. 0,6 %). Der Anteil der Ciliaten schwankte zwischen 1,8–13,9 % (Abbildung 40 D).