

**Die Bedeutung von Ciliaten  
für die Juvenilentwicklung und Reproduktion von Copepoden  
sowie ihre trophischen Interaktionen  
im Tiefenchlorophyllmaximum eines mesotrophen Sees**

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades des  
Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)

eingereicht im Fachbereich Biologie, Chemie, Pharmazie  
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Volker Clifford Ludwig Meyer  
aus Preetz in Holstein

November, 2006

1. Gutachter: Professor Dr. Klaus Hausmann  
Institut für Biologie/Zoologie an der Freien Universität Berlin
2. Gutachter: PD Dr. Rita Adrian  
Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei Berlin

Disputation am 26.01.2007

*„Meyer schwärmt sehr für die Natur, oder vielmehr, wie er sagt, für Natur, und zwar aus verschiedenen Gründen.*

*Einmal, weil dieser Sport billig ist, denn Meyer ist für das Billige; zweitens, weil er bekömmlich ist, denn Meyer ist für das Bekömmliche; drittens, weil Meyer eine bedeutende naturwissenschaftliche Bildung hat, denn er hat Primareife, ein Vergrößerungsglas, einen ziemlich richtig gehenden Laubfrosch und ist Mitglied des Kosmos.*

*Infolgedessen ist für Meyer die Natur eine leicht erklärliche Sache. Über die Tierseele hat ihn Doktor Zell, über die Entstehung der Welt der Urania-Meyer, über die Entwicklung des Menschen Friedrich Wilhelm Bölsche vollkommen genügend unterrichtet; den Rest denkt er sich selbst zusammen.“*

Aus: *Der Zweckmäßige Meyer* von Hermann Löns, Adolf Sponholz Verlag, Hannover, 1911.

## 1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis.....	4
2	Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen .....	6
3	Einleitung .....	7
3.1	Hypothesen.....	11
4	Material und Methoden .....	13
4.1	Laborexperimente.....	13
4.1.1	Kulturbedingungen Copepoden.....	13
4.1.2	Beuteorganismen (Kulturbedingungen / Ökologie / Zellvolumen).....	14
4.1.3	Herstellung der Beutesuspensionen .....	16
4.1.4	Ingestion in Abhängigkeit von O <sub>2</sub> -Konzentration.....	18
4.1.5	Copepodidentwicklung.....	19
4.1.5.1	Copepodidentwicklung <i>Mesocyclops / Thermocyclops</i> .....	19
4.1.5.1.1	Versuchsansätze .....	19
4.1.5.1.2	Berechnung der Stadiendauer.....	20
4.1.5.1.3	Wachstumsraten .....	20
4.1.5.1.4	Mortalität .....	20
4.1.5.2	Copepodidentwicklung <i>Eudiaptomus / Cyclops</i> .....	21
4.1.5.2.1	Beutekombinationen.....	21
4.1.5.2.2	Versuchsansatz .....	22
4.1.5.2.3	Berechnungen der Häutungsraten .....	22
4.1.5.2.4	Mortalität .....	23
4.1.6	Reproduktion.....	23
4.1.6.1	Eiproduktion <i>Eudiaptomus graciloides</i> .....	24
4.1.6.2	Eiproduktion <i>Mesocyclops leuckarti</i> .....	26
4.1.7	Beobachtungen zur Eiproduktion <i>Eudiaptomus / Cyclops</i> .....	27
4.2	<i>In situ Grazing</i> -Experimente im DCM.....	29
4.2.1	Untersuchungsgewässer .....	29
4.2.2	<i>Enclosure</i> -Experimente .....	31
4.2.3	Tiefenprofile .....	31
4.2.4	Befüllung der <i>Enclosures</i> .....	34
4.2.5	Mesozooplankton- <i>Community</i> im DCM .....	35
4.2.6	Probenaufbereitung .....	38
4.2.7	Umrechnung in Kohlenstoff.....	39
4.2.8	Berechnung der Wachstumsraten.....	40
4.2.9	Selektionsindex .....	41
4.3	Statistik.....	41
5	Ergebnisse .....	43
5.1	Copepodidentwicklung <i>Mesocyclops / Thermocyclops</i> .....	43
5.1.1	<i>Urotricha farcta</i> + <i>Cryptomonas phaseolus</i> .....	43
5.1.2	<i>Cryptomonas phaseolus</i> .....	46
5.1.3	<i>Cyclidium</i> sp.....	49
5.1.4	Hungeransätze .....	52
5.1.5	Stadiumspezifische Entwicklungszeiten .....	57
5.1.6	Größenzunahme .....	60
5.1.7	Mortalität .....	62
5.2	Copepodidentwicklung <i>Eudiaptomus / Cyclops</i> .....	65
5.2.1	<i>Colpidium versus Colpidium</i> + <i>Cryptomonas</i> .....	65
5.2.2	<i>Cryptomonas versus Urotricha</i> + <i>Cryptomonas</i> .....	67
5.2.3	Häutungsraten.....	70
5.3	Reproduktion.....	72

5.3.1	Eiproduktion <i>Eudiaptomus graciloides</i> .....	72
5.3.2	Eiproduktion <i>Mesocyclops leuckarti</i> .....	76
5.3.3	Reproduktionsbeobachtungen <i>Eudiaptomus</i> / <i>Cyclops</i> .....	78
5.4	Ingestion in Abhängigkeit von Sauerstoffkonzentration.....	80
5.5	<i>In situ Grazing</i> -Experimente im DCM.....	82
5.5.1	Effekte auf Chlorophyll a.....	82
5.5.2	Effekte auf Bakterien.....	85
5.5.3	Effekte auf das APP.....	89
5.5.4	Effekte auf Flagellaten.....	91
5.5.5	Effekte auf Ciliaten.....	93
5.5.5.1	Wachstumsraten Ciliaten.....	96
5.5.5.2	Effekte <i>E. graciloides</i> auf Ciliaten.....	100
5.5.5.3	Effekte <i>T. oithonoides</i> auf Ciliaten.....	102
5.5.5.4	Effekte Cyclopoide Copepodide auf Ciliaten.....	103
5.5.5.5	Effekte <i>Community</i> auf Ciliaten.....	105
5.5.6	Räuberbedingter Kohlenstoffumsatz im DCM.....	108
6	Diskussion.....	114
6.1	Copepodidentwicklung-Laborexperimente.....	114
6.1.1	Copepodidentwicklung <i>M. leuckarti</i> und <i>T. oithonoides</i> .....	114
6.1.1.1	Entwicklungsgeschwindigkeit <i>M. leuckarti</i> .....	115
6.1.1.2	Entwicklungsgeschwindigkeit <i>T. oithonoides</i> .....	117
6.1.1.3	Größenzunahme <i>M. leuckarti</i> / <i>T. oithonoides</i> .....	118
6.1.1.4	Mortalität <i>M. leuckarti</i> / <i>T. oithonoides</i> .....	119
6.1.2	Vergleich <i>M. leuckarti</i> und <i>T. oithonoides</i> .....	121
6.1.3	Copepodidentwicklung <i>Eudiaptomus</i> / <i>Cyclops</i> .....	122
6.2	Eiproduktion Laborexperimente.....	126
6.2.1	Eiproduktion <i>Eudiaptomus gracilis</i> .....	126
6.2.2	Eiproduktion <i>Eudiaptomus graciloides</i> .....	127
6.2.3	Eiproduktion <i>Mesocyclops leuckarti</i> .....	130
6.2.4	Eiproduktion <i>Cyclops vicinus</i> .....	132
6.3	<i>In situ-Grazing</i> -Experimente im DCM.....	133
6.3.1	<i>Eudiaptomus graciloides</i> .....	133
6.3.2	<i>Thermocyclops oithonoides</i> .....	139
6.3.3	Cyclopoide Copepodide.....	139
6.3.4	<i>Community</i> .....	141
7	Zusammenfassung.....	146
8	Summary.....	150
9	Literaturverzeichnis.....	154
10	Danksagung.....	164

## 2 Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

AE	Anzahl Eier
AG	Anzahl Gelege
APP	Autotrophes Picoplankton
C	Kohlenstoff
C1–5	Copepodidstadium 1 bis 5
Chl a	Chlorophyll a
Cil	Ciliaten
Cop	Copepode
CR	<i>clearance rate</i> (Filtrierrate)
CS	Copepodidstadium
CSD	Copepodidstadiendauer
D	Selektionsindex nach Jacobs (1974)
DCM	<i>deep chlorophyll maximum</i> (Tiefenchlorophyllmaximum)
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DHA	Docosahexaensäure
DNA	Desoxyribonukleinsäure
DOC	<i>dissolved organic carbon</i> (gelöster organischer Kohlenstoff)
DAPI	Diamidino-2-phenylindol
EPA	Eicosapentaensäure
Exuv	Exuvie
GG	Gelegegröße
GVS	Großer Vätersee
HNF	heterotrophes Nanoplankton
HPLC	<i>High Performance Liquid Chromatography</i> (Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatographie)
HR	Häutungsrate
IGB	Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei Berlin e.V.
ILL	<i>incipient limiting level</i> (Nahrungsschwellenwert, ab dem keine Steigerung der Ingestionsrate stattfindet)
Ind	Individuum
IPR	Ionenpaar-Reagenz
IR	Ingestionsrate
M	Männchen
μ	Wachstumsrate
Naup	Anzahl Nauplien
PE	Polyethylen
SD	<i>standard deviation</i> (Standardabweichung)
SE	<i>standard error</i> (Standardfehler)
SRP	<i>soluble reactive phosphorus</i> (gelöster reaktiver Phosphor)
TP	<i>total phosphorus</i> (Gesamt-Phosphor)
W	Weibchen