Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde, **71** (4), Münster, 2009

Zur tagesperiodischen Wanderung der Larven der Büschelmücken *Chaoborus cristallinus* (Diptera) im Großen Heiligen Meer, Kreis Steinfurt[1]

Burkhard Scharf, Antje Schwalb, Oliver Kempf und Liseth Pérez (Braunschweig)

Zusammenfassung

In den Jahren 2005 und 2006 wurde die nächtliche Wanderung der Larven der Büschelmücke *Chaoborus cristallinus* im Großen Heiligen Meer, ca. 30 km nordwestlich von Osnabrück, mit Hilfe eines Echolotes beobachtet. Der Aufstieg der Larven vom Grund des Sees begann vor dem Sonnenuntergang. Die Larven hielten sich um Mitternacht nahe der Wasseroberfläche auf. Bei Sonnenaufgang waren sie wieder im sauerstofffreien Bereich des Hypolimnions. Um 9.30 Uhr konnte man sie mit dem Echolot nicht mehr sehen, d.h. sie waren auf dem Sediment oder im Sediment eingegraben.

1 Einleitung

In den Jahren 2005 und 2006 wurden jeweils in der Woche nach Pfingsten vom Institut für Umweltgeologie der Technischen Universität Braunschweig Praktika am Heiligen Meer durchgeführt. Ziel der Praktika war es, die Studenten mit geologischen, sedimentologischen und limnologischen Methoden vertraut zu machen. Das Naturschutzgebiet ‚Heiliges Meer' und die dortige Außenstelle des LWL-Museums für Naturkunde innerhalb des Gebietes boten dafür ideale Voraussetzungen. Den Abschluss der Praktika bildete der Besuch des Varusschlacht-Museums in Kalkriese (HARNECKER 2002).

Im Rahmen dieser Praktika haben wir u.a. die tagesperiodische Wanderung der Büschelmückenlarven im Großen Heiligen Meer beobachtet. Die nicht stechenden Büschelmücken mit der Gattung *Chaoborus* (synomym: *Corethra*) stellen eine Unterfamilie der Familie Stechmücken (Culicidae) dar. Die Larven der Büschelmücken sind die einzigen Vertreter der Insekten, die im Freiwasser von Seen leben. Sie gehören dem Plankton an. Sie werden bis etwa 1,6 mm lang, sind durchsichtig, stabförmig und schweben waagerecht im Wasser. Das Atmungssystem ist rückgebildet und besteht nur noch aus einem Paar vorderer und hinterer Tracheenblasen (Abb. 1). Die Larven brauchen nicht – wie etwa die Stechmückenlarven – zum Atmen die Wasseroberfläche aufzusuchen. FRANKE (1983) konnte zeigen, dass das Schwebeverhalten von der Körpergröße und dem Volumen der Tracheenblasen abhängt. Die beiden ersten der vier Larvenstadien schweben im Wasser auch ohne die Tracheenblasen, das dritte und vierte Larvenstadium ist jedoch auf den Auftrieb durch die Tracheenblasen angewiesen. Zudem ermöglichen die Tracheenblasen ein Aufsteigen oder Absinken innerhalb des Wasserkörpers. Durch seitliches Schlagen des steifen Schwimmfächers aus Fiederbors-

[1] Heinz Otto Rehage zu seinem 75. Geburtstag gewidmet.

ten am hinteren Segment (Abb. 1) werden ruckartige Schwimmbewegungen ermöglicht, was für den Beutefang von Bedeutung ist.

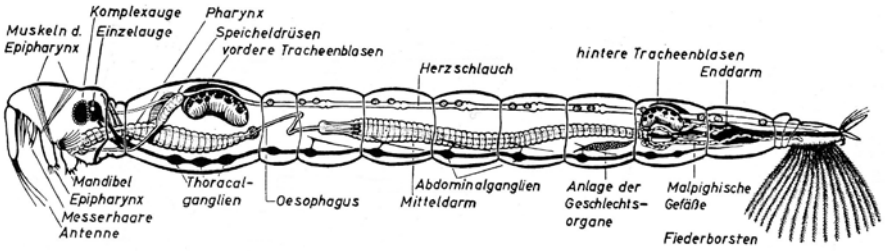

Abb. 1: Seitenansicht der Larve von *Chaoborus* sp. (aus KAESTNER 1973, verändert).

Die Büschelmückenlarven machen 4 Larvenstadien durch, d.h. sie häuten sich 4-mal, wobei sie jedes Mal etwas größer werden, bevor sie sich verpuppen. Die Puppen steigen bei Einbruch der Dämmerung vom Gewässergrund zur Wasseroberfläche auf, dort platzt die Puppenhülle auf der Dorsalseite auf und das adulte Insekt schlüpft aus der Puppenhülle und fliegt davon.

Die Larven der Büschelmücken spielen eine besondere Rolle im Ökosystem See. Sie sind Räuber und ernähren sich vom Zooplankton, vor allem von Cladoceren, Copepoden und Rotatorien. Diese führen eine Tageswanderung durch. Tagsüber halten sich die kleinen Krebse und Rädertiere in tieferen Schichten eines Sees auf, nachts wandern sie in oberflächennahe Schichten, um dort Phytoplankton zu fressen, das abends durch die Photosynthese tagsüber energiereicher ist als am Morgen (LAMPERT & SOMMER 1999). Die Antennen vorne am Kopf der Büschelmückenlarven sind zu Greiforganen umgebildet, mit denen sie ihre Beute fangen, festhalten und gegen die Messerhaare drücken (Abb. 1). Mit Hilfe der Mandibeln wird die Beute nach und nach in den muskulösen Pharynx befördert.

WESENBERG-LUND (1943) beschreibt aus dem Esrom-See in Dänemark ausführlich die Wanderung der Larven der Büschelmücken, hier übrigens unter dem Gattungsnamen *Corethra* geführt. Die Larven sind nachts auf Nahrungssuche nahe der Wasseroberfläche zu finden, tagsüber graben sie sich aber in den Schlamm ein. Dort leben sie unter sauerstofffreien Bedingungen und natürlich auch bei einer tieferen Temperatur gegenüber der Wasseroberfläche. Beides ist für die Entwicklung der Larven nachteilig, wird aber offensichtlich in Kauf genommen um zu überleben. Den Vorteil, den die Larven aus der täglichen Wanderung haben, nennt WESENBERG-LUND (1943) nicht. Heute wissen wir, dass sie sich durch die tagesperiodische Wanderung dem Fraßdruck durch Fische entziehen, bzw. diesen mindern können, dadurch dass sie nur nachts, also bei Dunkelheit, in oberflächennahe Wasserschichten aufsteigen (zusammenfassend beschrieben und interpretiert bei LAMPERT & SOMMER 1999).

GLIWICZ et al. (2000) weisen darauf hin, dass der Trend zur Tageswanderung mit jeder Häutung der Büschelmückenlarven zunimmt. Das ist auch ökonomisch sinnvoll, denn die kleinen Larven sind nicht in dem Maße wie die großen dem Fraßdruck durch Fische ausgesetzt, und sie wachsen unter den besseren Lebensbedingungen in höheren Wasser-

schichten schneller (höhere Temperatur und mehr Sauerstoff als im unteren Hypolimnion). Wie bedeutend der Fraßdruck durch planktivore Fische auf die tägliche Wanderung der Büschelmückenlarven ist, haben Untersuchungen gezeigt, bei denen Büschelmückenlarven aus fischfreien Gewässern in Behälter mit Fischen gebracht wurden (z. B. GLIWICZ et al. 2000). Schon nach wenigen Stunden vergrößerte sich die Tageswanderung . Es genügte sogar, nur die ‚Duftstoffe' der Fische (Kairomone) in die Behälter zu geben, und die Tageswanderung nahm zu. Dieses gilt auch für das Zooplankton (z. B. ZARET 1980, STICH & LAMPERT, 1981). Es gab aber auch den umgekehrten Fall, dass nämlich in einem fischfreien See ein Copepode sich tagsüber in oberflächennahen Wasserschichten aufhielt und nachts in die Tiefe wanderte, um den Büschelmückenlarven auszuweichen. Dieser Copepode änderte sein Wanderverhalten, nachdem man einige Forellen in den See eingesetzt hatte. Die Forellen fraßen die Büschelmückenlarven und -puppen weitgehend weg, waren aber nicht zahlreich genug, um der Copepoden-Population ernsthaft zu schaden (NEILL 1990).

Wurden in einem See jedoch alle planktivoren Fische entfernt, haben die Büschelmückenlarven die Rolle der planktivoren Fische übernommen und das Zooplankton dramatisch reduziert (WISSEL & BENNDORF 1998)

Im Folgenden soll über die tagesperiodische Wanderung der Büschelmücke *Chaoborus cristallinus* in Großen Heiligen Meer berichtet werden.

2 Untersuchungsgebiet und Methode

Das Große Heilige Meer (Abb. 2) liegt innerhalb des Naturschutzgebietes Heiliges Meer, ca. 30 km nordwestlich von Osnabrück. Der See ist ein Erdfallsee, der in seiner jetzigen Größe vor ca. 1500 Jahren entstand (FIEKER et al. 2005). Er ist als meso-eutroph einzustufen (POTT 1983, TERLUTTER 1995). Die größte Tiefe beträgt 10,8 m.

Die Wassertemperatur, der Sauerstoffgehalt und die Leitfähigkeit wurden mit WTW-Sonden gemessen, die in die entsprechenden Tiefen abgelassen wurden. Die Proben für die Messung des gelösten Phosphats und des Ammoniums wurden mit Hilfe eines Ruttner-Schöpfers entnommen und später im Labor photometrisch analysiert.

Zum Nachweis der tagesperiodischen Wanderung der Büschelmückenlarven wurde ein Echolot der Fa. Lowrance, Typ Mach 1 eingesetzt. Die vom Schwinger des Echolotes ausgesendeten Schallwellen (192 kHz) werden intensiv an Gasblasen reflektiert, so auch an den Gasen in den Tracheenblasen der Büschelmückenlarven. Um die Wanderung der Büschelmückenlarven aufzuzeichnen, sind wir in der Nacht vom 18. und 19. Mai 2005 fast jede Stunde von 20.40 Uhr bis morgens um 9.30 Uhr vom Bootshaus bis zur Boje, die die tiefste Stelle im See markiert, und zurück gerudert. Da wir gerudert sind, schwankt auch etwas die Zeit, die wir benötigten, um die Boje zu erreichen. In der Nacht vom 8. und 9. Juni 2006 haben wir nur noch zu ausgesuchten Zeiten diese Echolotfahrten unternommen.

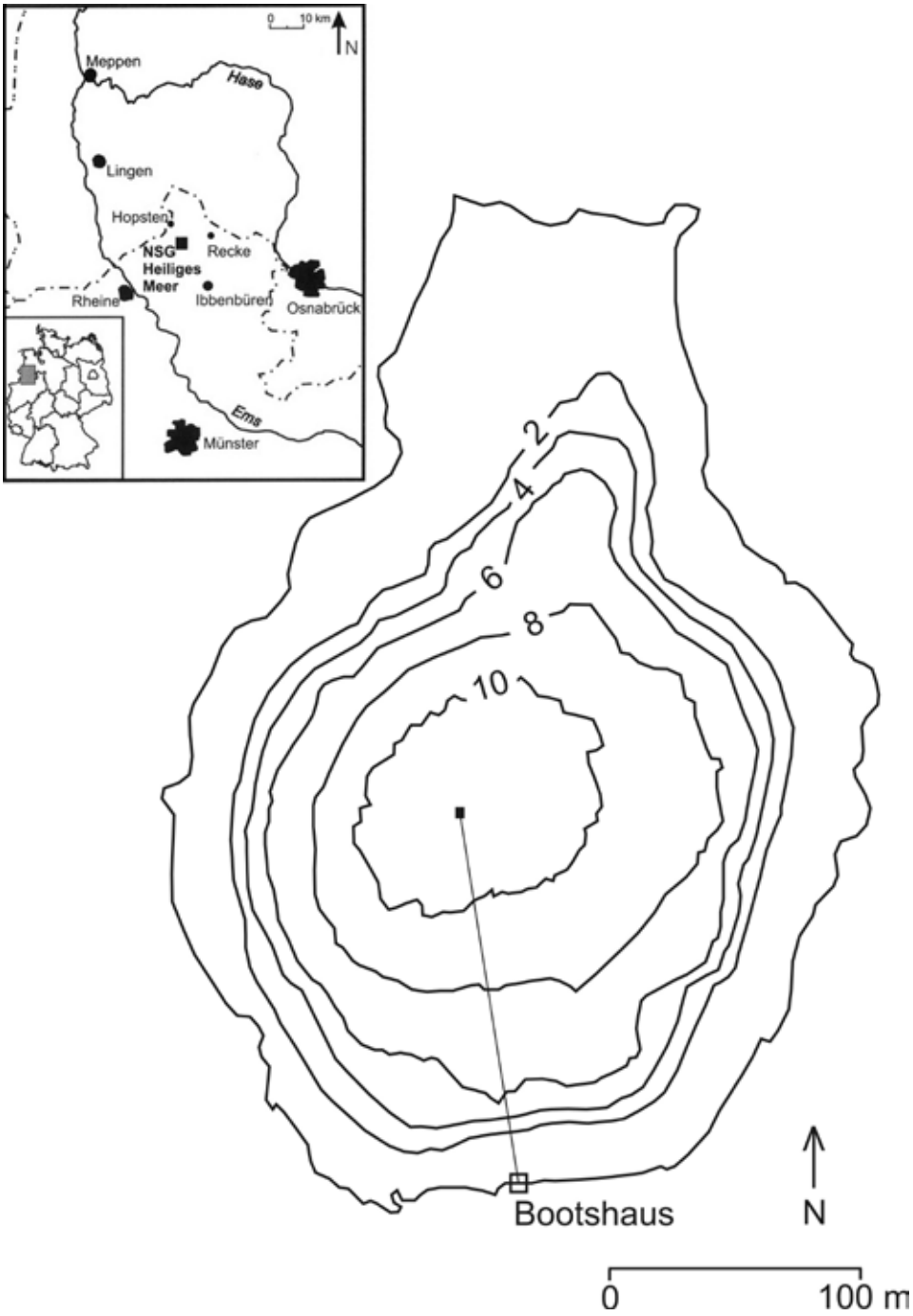

Abb. 2: Tiefenkarte des Großen Heiligen Meeres mit Lage der Echolotprofile.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Physikalisches und chemisches Vertikalprofil im Großen Heiligen Meer

Die 2005 und 2006 aufgenommenen Vertikalprofile im Großen Heiligen Meer sind sich sehr ähnlich, weshalb nur das vom 8. Juni 2006 wiedergegeben ist (Abb. 3). Der See weist eine Temperaturschichtung auf. Das Epilimnion endet in etwa 3 m Wassertiefe. Daran schließt sich das Metalimnion, die Temperatursprungschicht, von 3 bis 7 m an. Darunter befindet sich das 4,9 °C kühle Hypolimnion (4,8 °C in 2005). In beiden Jahren war ab 7 m kein Sauerstoff mehr nachweisbar. In 2006 deutete sich ein metalimnisches Sauerstoffmaximum zwischen 3 und 4 m an. Das Phytoplankton sinkt im Metalimnion verlangsamt ab, weil durch den Temperaturabfall die Dichte im Wasser zunimmt. Die Sichttiefe, mit der Secchi-Scheibe ermittelt, betrug 2,4 m. Damit war im oberen Teil des Metalimnions noch ausreichend Licht vorhanden, so dass die Algen eine positive Photosyntheseleistung erbringen konnten, d.h. die Pflanzen produzierten mehr Sauerstoff als durch die Assimilation verbraucht wurde. Das Metalimnion ist von der täglichen Durchmischung, wie sie im Epilimnion stattfindet, ausgeschlossen und deshalb kommt es im oberen Metalimnion bei ausreichendem Licht zu einer Sauerstoffanreicherung. Wäre nicht genügend Licht im Metalimnion, würde ein metalimnisches Sauerstoffminimum vorliegen. Das Große Heilige Meer befindet sich derzeit im Übergang vom mesotrophen zum eutrophen Zustand, was man an den erhöhten Werten von Ammonium und Phosphat in der Tiefe erkennen kann. Entsprechend stieg auch die Leitfähigkeit über dem Grunde an.

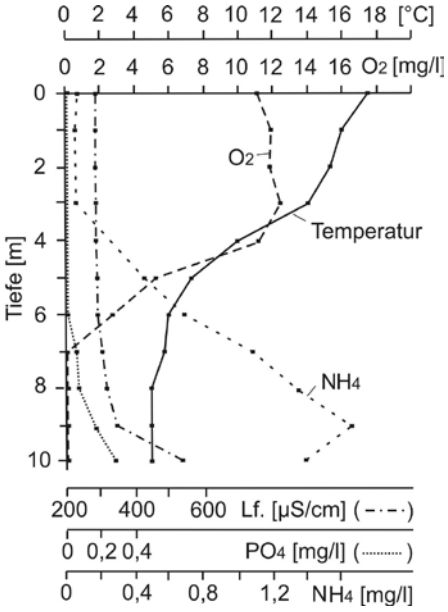

Abb. 3: Vertikalprofile einiger physikalischer und chemischer Parameter im Großen Heiligen Meer, aufgenommen am 8. Juni 2006.

3.2 Tagesperiodische Wanderung der Büschelmückenlarven

Der Sonnenuntergang war am 18. Mai 2005 gegen 21.20 Uhr, am 8. Juni 2006 gegen 21.50 Uhr, der Sonnenaufgang am 19. Mai 2005 gegen 5.20 Uhr, am 9. Juni 2006 gegen 5.00 Uhr.

Die beiden ersten Echolotprofile in 2005 wurden vor dem Sonnenuntergang aufgenommen (Abb. 4). Die meisten Larven der Büschelmücken befanden sich noch in Bodennähe. Abbildung 4 zeigt sehr schön den Aufstieg der Larven bis Mitternacht. Kurz nach Sonnenuntergang wurde das sauerstofffreie Hypolimnion (ab 7 m Wassertiefe) verlassen. Um 2.00 Uhr morgens war bereits eine Abwärtswanderung zu beobachten, die sich bis um 7.00 Uhr nachweisen ließ. Um 9.30 Uhr waren mit Hilfe des Echolotes keine Larven mehr erkennbar. Zur Zeit des Sonnenaufganges hielten sich alle Büschelmückenlarven bereits wieder im sauerstofffreien Hypolimnion auf.

Im Jahr 2006 fand die Untersuchung jahreszeitlich 3 Wochen später statt (Abb. 5). Die Tiefen, in denen die meisten Larven zu den verschiedenen Stunden anzutreffen waren, sind ähnlich. Eine Ausnahme bildet die 24.00 Uhr-Untersuchung. In 2005 lag die Untergrenze des Larvenschwarmes bei etwa 7,5 m, in 2006 jedoch bei 6 m. Eine Erklärung hierfür haben wir nicht.

Es ist auffällig, dass gegen Mitternacht die Wolke der Büschelmückenlarven in Ufernähe deutlich dünner ist als in Seemitte. Eine Erklärung wäre, dass die Larven, die sich tagsüber im Hypolimnion aufhalten, bei ihrer Vertikalwanderung nachts vor allem die Seemitte bevölkern und nur sehr eingeschränkt in Randbereiche des Sees wandern.

Das Verhalten der Büschelmückenlarven ist nicht in allen Seen gleich. Der Aufenthaltsort der Büschelmückenlarven während des Tages z. B. unterscheidet sich im Heiligen See in Berlin (FRANKE 1983) gegenüber dem im Großen Heiligen Meer. Der Heilige See ist mit einer größten Tiefe von 9 m ähnlich tief wie das Große Heilige Meer. Die Untersuchung im Heiligen See wurde am 31. August 1974 durchgeführt, also jahreszeitlich später als die Untersuchungen im Großen Heiligen Meer. Im Heiligen See war im Hypolimnion zu dem damaligen Zeitpunkt eine hohe Konzentration von H_2S vorhanden, diese war im Großen Heiligen Meer bei unseren Untersuchungen nicht nachweisbar. - Im Heiligen Meer war tagsüber das Hypolimnion frei von Büschelmückenlarven. Im Heiligen See hingegen hielten sich die beiden ersten Larvenstadien direkt unterhalb der 0 % Sauerstoffsättigungsisoplethe auf und die beiden letzten Larvenstadien bevölkerten hauptsächlich die Mitte des Hypolimnions. Der Unterschied kann durch die hohe Konzentration von H_2S im Heiligen See bedingt sein. Die Fische werden sowohl den sauerstofffreien Bereich im Heiligen See als auch im Großen Heiligen Meer meiden. Aber vielleicht verhinderte die zur Tiefe hin zunehmende Konzentration von H_2S ein weiteres Abtauchen der Büschelmückenlarven im Heiligen See. Im Esrom See (WESENBERG-LUND 1943) und in dem flachen Immerather Maar in der Eifel (SCHARF unveröffentlicht) bohren sich die Büschelmückenlarven tief ins Sediment hinein, wahrscheinlich um sich vor den gründelnden Fischen zu schützen.

TERAGUCHI & NORTHCOTE (1966) konnten feststellen, dass die tägliche Wanderung der Larven vom Licht ausgelöst wird, wobei die 100 Lux-Isoplethe entscheidend ist. Die

wird also von einem exogenen Faktor kontrolliert. In Versuchen ließen sich die Larven auch auf ganz andere tageszeitliche Rhythmen durch das Licht programmieren. ODA & HANAZATO (2008) wiesen nach, dass das Verhalten von zwei unterschiedlichen Populationen, eine aus einem fischfreien Gewässer und die andere aus einem Gewässer mit einem hohen Fraßdruck durch Fische, sich in Experimenten unter einheitlichen Bedingungen unterschiedlich verhielten. Die Autoren folgerten, dass die beiden Populationen ein genetisch unterschiedliches Muster in Bezug auf die Vertikalwanderung aufweisen.

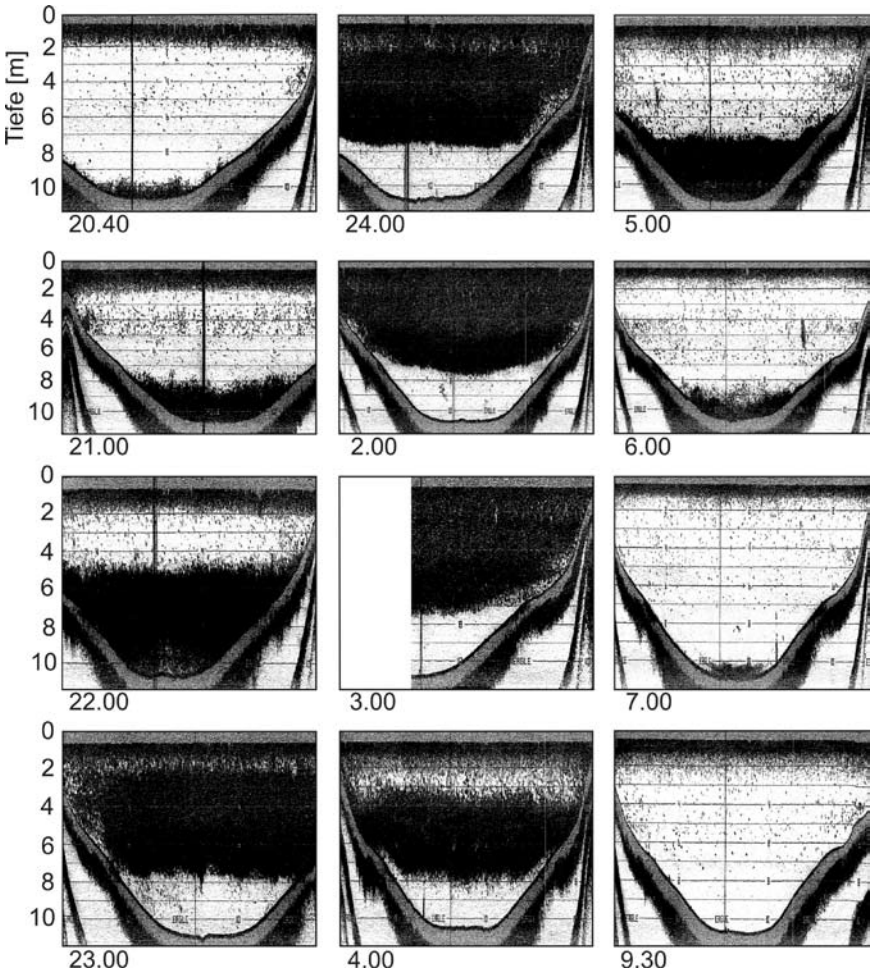

Abb. 4: Echolotprofile durch das Große Heilige Meer zu verschiedenen Stunden in der Nacht vom 17. zum 18. Mai 2005. Die Reflektionen des Echolotes an den mit Gas gefüllten Tracheenblasen zeigen die Position der Larven der Büschelmücke *Chaoborus cystallinus* an. Der senkrechte, fette Strich ungefähr in der Mitte der Abbildungen markiert die Lage der Boje im See, an der gewendet und zum Bootshaus zurück gerudert wurde.

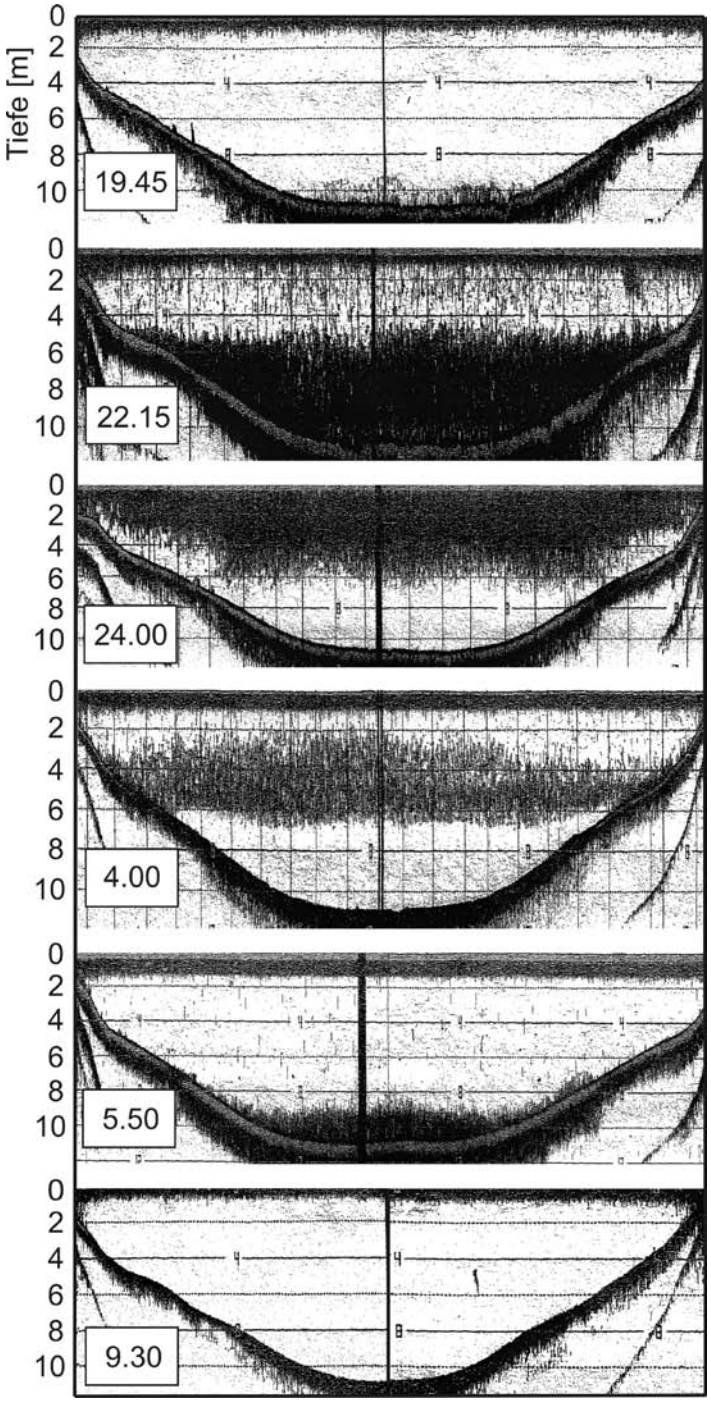

Abb. 5: Echolotprofile durch das Große Heilige Meer zu verschiedenen Stunden in der Nacht vom 8. zum 9. Juni 2006. Erklärung siehe Abb. 4.

3.3 Ausblick

Mit Hilfe der Echolotung kann nicht zwischen den einzelnen Larvenstadien der Büschelmücken unterschieden werden. Da bietet der Einsatz von Planktonnetzen mit Schließmechanismus Vorteile. Andererseits liegen bei der Echolot-Methode die Ergebnisse unverzüglich vor, was im Rahmen eines Praktikums von großem Vorteil ist. Die Ergebnisse können sofort diskutiert werden. Würde man das Wanderverhalten der Büschelmückenlarven im Großen Heiligen Meer intensiv untersuchen wollen, so wäre es sinnvoll, auch die Wanderung des Zooplanktons mit in die Untersuchung einzubeziehen und Magenuntersuchungen bei den Chaoboriden-Larven vorzunehmen. Es wäre auch zu prüfen, welche Bedeutung die Fische im Großen Heiligen Meer auf das Zooplankton und die Büschelmücken haben.

Danksagung

Wir danken Herrn Dr. Heinrich Terlutter, dem Leiter der Außenstelle des LWL-Museum für Naturkunde, für die Möglichkeit, die Station „Heiliges Meer“ für unser Praktikum zu nutzen und für seine vielfältigen Unterstützungen. Herr Dr. Jürgen Pust leitete die limnologische Beprobung des Großen Heiligen Meeres und die Durchführung der Analysen im Labor. Auch ihm gilt unser Dank. Herrn Werner Hollwedel (Varel) und Herrn Dr. Terlutter danken wir für die kritische Durchsicht des Manuskriptes und Herrn Dr. Gerd-Oltmann Brandorff (Bremen) für Literaturhinweise.

Literatur:

BARTH, E., (2002): Vegetations- und Nährstoffentwicklung eines nordwestdeutschen Stillgewässers unter dem Einfluss von Landschafts- und Siedlungsgeschichte - Paläoökologische Untersuchungen an dem Erdfallsee "Grosses Heiliges Meer". – Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde **66**: 1-216.

FIEKER, J., RISS, W., SCHARF, B.W. & E. I. MEYER (2005): Zur Entwicklung der Chironomidenbiozönosen in „Großen Heiligen Meer“ - Analyse von Sedimentkernen. – Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), Tagungsband 2004 (Potsdam), 550-555, Berlin.

FRANKE: C. (1983): Eine Modellvorstellung zum Schwebeverhalten der Larvalstadien von *Chaoborus flavicans* (Diptera, Chaoboridae). – Zool. Beitr. N.F. **27**: 231-252.

GLIWICZ, Z.M., BIERNACKA, A., PIJANOWSKA, J. & R. KORSAK (2000): Ontogenitic shifts in the migratory behavior of *Chaoborus flavicans* MEIGEN: field and experimental evidence. – Arch. Hydrobiol. **149**(2): 193-212. Stuttgart

HARNECKER, J. (2002): Arminius, Varus und das Schlachtfeld von Kalkriese. Eine Einführung in die archäologischen Arbeiten und ihre Ergebnisse. – 2. Aufl., Bramsche, Rasch-Druckerei, 111 S. (ISBN 3-934005-40-3).

KAESTNER, A. (1973): Lehrbuch der Speziellen Zoologie. Bd. 1, 3. Teil (Insecta). – Stuttgart, G. Fischer, 907 S.

LAMPERT, W. & U. SOMMER (1999): Limnoökologie. – 2. Aufl., Stuttgart, New York. Thieme, 489 S.

NEILL, W.E. (1990): Induced vertical migration of copepods as a defence against invertebrate predation. – Nature **345**: 524

ODA, S. & T. HANAZATO (2008): Diel vertical migration pattern in two populations of *Chaoborus flavicans* larvae (Diptera: Chaoboridae) in response to fish kairomones. – J. Limnol. **67**(2): 93-99.

POTT, R. (1983): Die Vegetationsgeschichte unterschiedlicher Gewässertypen Nordwestdeutschlands und ihre Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt des Wassers. – Phytocoenologia **11**(3): 407-430.

STICH, H.B. & W. LAMPERT (1981): Predator evasion as an explanation of diurnal vertical migration by zooplankton. – Nature **293**: 396-398.

TERAGUCHI, M., & T. G. NORTHCOTE (1966): Vertical distribution and migration of *Chaoborus flavicans* larvae in Corbett Lake, Britisch Columbia. – Limnol. Oceanogr. **11**: 164-176.

TERLUTTER, H. (1995): Das Naturschutzgebiet Heiliges Meer. – Münster, 144 S. (Westfälisches Museum für Naturkunde, Landschaftsverband Westfalen-Lippe, ISBN 3-924590-48-6).

WESENBERG-LUND, C. (1943): Biologie der Süsswasserinsekten. – Berlin, Wien. J. Springer Verl., 682 S.

WISSEL, B. & J. BENNDORF (1998): Contrasting effects of the invertebrate predator *Chaoborus obscuripes* and planktivorous fish on plankton communities of a long term biomanipulation experiment. – Arch. Hydrobiol. **143** (2): 129-146. Stuttgart.

ZARET, T.M. (1980): Predation in freshwater communities. – New Haven, Yale University Press, 180 S.

Anschriften der Verfasser:

apl. Prof. Dr. Burkhard Scharf
Prof. Dr. ès sci. Antje Schwalb
Priv. Doz. Dr. Oliver Kempf
Dipl.-Biol. Liseth Pérez
Institut für Umweltgeologie
Technische Universität Braunschweig
Pockelsstr. 3
38106 Braunschweig

Email: burkhard.w.scharf@t-online.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Abhandlungen aus dem Westfälischen Provinzial-Museum für Naturkunde

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: 71_4_2009

Autor(en)/Author(s): Scharf Burkhard, Schwalb Antje, Kempf Oliver, Perez Liseth

Artikel/Article: Zur tagesperiodischen Wanderung der Larven der Büschelmücken Chaoborus cristallinus (Diptera) im Großen Heiligen Meer, Kreis Steinfurt 323-332