

## Palynologische Untersuchung eines Sedimentprofils aus dem Wollingster See

- Helmut Müller & Angelika Kleinmann, Hannover -

### Kurzfassung

Im Hangenden der weichsel-pleniglazialen Sedimente konnten bei der palynologischen Untersuchung eines Sedimentprofils aus dem Wollingster See die Ablagerungen der spätglazialen Warmzeiten Meiendorf, Bölling und Alleröd sowie des frühholozänen Friesland-Thermomer nachgewiesen werden. Im Holozän lief in der Seeumgebung die auf armen Altmoränenböden NW-Deutschlands typische Waldsukzession ab. Nach Birken und Kiefern folgte im Boreal die Ausbreitung der Hasel, der Eichen und Ulmen, im Atlantikum der Erlen, Linden und Eschen. Buchen und Hainbuchen erreichten das Untersuchungsgebiet im Subboreal, breiteten sich wegen der armen Böden aber erst nach der Eisenzeit stärker aus. Den Charakter eines Urwaldsees verlor der Wollingster See im Laufe der mittelalterlichen Rodung. Der See war seit seiner Entstehung im ausgehenden Pleniglazial ein oligotrophes Gewässer. Dieser Zustand wurde erst nach der mittelalterlichen Rodung, vor allem im Zusammenhang mit Hanf- und Flachsrotten, erheblich verändert. Die Sedimente der Neuzeit liegen im Profil völlig gestört vor. Sie weisen einen hohen Gehalt an umgelagertem Material, an Blaualgen und an Resten des hier Eutrophie anzeigenden Elefantenkrebsschens *Bosmina longirostris* auf.

### Abstract: Palynological Study of a Sediment Core from Lake Wollingst

A palynological study of a 15 m sediment core from the centre of Lake Wollingst (water depth 14,5 m) is presented. The pollen record shows 3 lateglacial thermomers, called Meiendorf, Bölling, Alleröd and the early holocene Friesland-Thermomer. The succession of forest vegetation taking place on the lake surroundings during the Holocene was typical for older moraine soils which are poor in nutrients: forest vegetation started with birch and pine, followed by hazel, oak and elm in the Boreal and by alder, lime and ash-tree in the Atlantic. Beech and hornbeam reached the area during Subboreal. However, due to the poor soils they spread out only after the Iron Age. With the deforestation during the medieval time the lake lost its character of a primeval forest lake. Lake Wollingst was oligotrophic since its origin at the end of the Pleniglacial. After medieval forest-clearing the lake has changed its quality of water particularly in connection with hemp- and flax-rotting. The modern sediments in this profile are completely disturbed. They contain reworked material, a lot of blue-green algae and remains of *Bosmina longirostris* indicating eutrophic conditions.

## 1 Einführung

Seit den 30-er Jahren ist die Frage nach der Entstehung des Wollingster Sees mit der weit und breit einzigen Anhöhe direkt am NE-Ufer, dem Seeberg, immer wieder Gegenstand von Untersuchungen gewesen, die keine abschließende Antwort erbrachten.

Auch eine erste 1976 von U. LADE und J. MERKT niedergebrachte Bohrung in dem See konnte die Genese und Entwicklung des Sees nicht endgültig klären; dabei untersuchte K.-E. BEHRE 8 über diese Bohrung verteilte Proben auf ihren Pollengehalt und konnte 3 Proben dem jüngeren Subboreal, dem älteren Atlantikum und dem älteren Boreal zuordnen; die restlichen 5 älteren Proben ließen sich wegen schlechter Pollenerhaltung nicht sicher datieren (LADE 1979). Eine

weitere Bohrung (Wo1) wurde 1995 an der tiefsten Stelle des Sees niedergebracht und sedimentologisch detailliert bearbeitet (MERKT & KLEINMANN i. d. Bd.).

Ziel: Die palynologische Untersuchung, die hier vorgestellt wird, dient primär der Datierung des Sedimentprofils Wo1 (Kap. 3.1); sie ist nötig, um die Genese und Entwicklung des Sees zeitlich einstuft zu können (vgl. MERKT & KLEINMANN i.d.Bd.). Über die geschichtliche Entwicklung der Makro- wie Mikrovegetation und -fauna gewinnt man Kenntnisse über das Paläoklima seit Ende des Pleniglazials bis heute im Gebiet des Wollingster Sees und Einblicke in die Paläoumwelt vor allem im Hinblick auf eine geplante Seesanie rung (s. Kap. 3.2-3.4).

## 2 Methodik

Die gut 15 m lange Bohrung, Wo1, wurde in 14,5 m Wassertiefe niedergebracht. Für die palynologische Untersuchung wurden etwa 300 Proben über das Sedimentprofil verteilt genommen. Die 0,5 cm<sup>3</sup> großen Proben wurden mit etwas Wasser und einem KOH-Plättchen versetzt, bei leichtem Ultraschall dispergiert und mit Hilfe eines 6 µm-Siebes vom Feinstmaterial befreit.

Die mikroskopische Durchsicht erfolgte bei 400-facher, bei schlechter erkennbaren Mikroresten bei 1300-facher Vergrößerung. Je Probe wurden 360-400 Pollenkörner bestimmt, daneben aber auch Algen, Pflanzenhaare, Schalentteile der Wasserflöhe und Dauereihüllen der Rädertiere mitnotiert. Die ausgezählten ca. 130 000 fossilen Pollenkörner und weiteren 30000 sonstigen Mikrofossilien wurden in einer Tabelle niedergelegt und elektronisch erfaßt. Mit Hilfe des POLPROF-Computerprogramms wurden die vorliegenden Pollendiagramme (Abb. 1 und 2, im Anhang) erstellt; dabei wurden nur die für die Stratigraphie wichtigen Arten zusammengestellt. Die Einteilung der Florenstufen erfolgt ab Alleröd nach FIRBAS (1949), wobei die FIRBAS-Abschnitte mit F gekennzeichnet sind; die altholozänen Abschnitte sind von den Autoren weiter unterteilt worden. Die Altersangaben der Pollenabschnitte sind als Kalenderjahre vor 1950 zu verstehen und beziehen sich auf die Arbeit von MERKT & MÜLLER (1997).

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Die Geschichte der Vegetation in der Umgebung des Sees

Die Pollenspektren der Proben in den unteren 4 Bohrmeter (24,6-28,3 m<sup>1</sup>) sind vorwiegend aus älteren umgelagerten Mikrofossilien zusammengesetzt. Im Hangenden zeigt die Pollenvergesellschaftung, daß sich vor etwa 14 000 Jahren Tundrenpflanzen wie Zwergweiden, Moose, die Mondraute (*Botrychium lunaria*) und der Moosfarne (*Selaginella selaginoides*) ausbreiteten, ferner Heliophyten wie der Große und der Kleine Wiesenknopf (*Sanguisorba officinalis* und *S. minor*), das Alpensonnenröschen (*Helianthemum sect. canum*), Wiesenrauten (*Thalictrum*) und Steinbrecharten (*Saxifraga*) sowie Gräser (Gramineae) und Riedgräser (Cyperaceae), später auch der Wacholder (*Juniperus*) und die Zwergbirke (*Betula nana*). Dann erreichten auch Moorbirke und Warzenbirke (*Betula pubescens* und *B. pendula*) unser Gebiet. Schließlich waren weite Teile der gesamten Norddeutschen Tiefebene, die damals noch bis weit nördlich der Doggerbank reichte, mit schütterten Birkenwäldern bedeckt.

Aus den Änderungen des Verhältnisses Baumpollen zu Nichtbaumpollen lassen sich während des Spätglazials Schwankungen der Bewaldungsdichte und damit auch solche des Klimas fest-

<sup>1</sup> Die Teufenangabe der Bohrung Wo1 bezieht sich stets auf die mittlere Wasseroberfläche

stellen. Während es sich bei den Pollenkörnern der Kiefer (*Pinus*) bis 23,95 m nur um umgelagertes Material und Fernflug handelt, weisen die relativ hohen Pollenwerte von Alpensonnenröschen und Beifuß (*Artemisia*) sowie der gleichzeitige Beginn der ersten Baumbirkenausbreitung und das Auftreten von Wacholder (*Juniperus*) darauf hin, daß es sich von 24,51-24,39 m Tiefe um Ablagerungen des ersten schwach bewaldeten Thermomer des Weichsel-Spätglazial, dem Meiendorf-Interstadial, handelt (Abb. 1, s. Anhang).

Unterbrochen von einem 5 cm mächtigen Sedimenthorizont, der wieder reicher an umgelagertem Material ist und aus der sehr baumarmen Ältesten Tundrenzeit (Ia) stammen dürfte, weisen die Pollenspektren von 24,34-24,06 m Tiefe auf eine erneute Ausbreitung der Baumbirken hin. Die Wäldchen schlossen sich nur allmählich und keineswegs vollständig. Anscheinend handelt es sich hier um Sedimente aus dem zweiten, in sich weiter untergliederten Interstadial des Weichsel-Spätglazial, der Böllingzeit, Ib.

Der darauffolgende 2 cm mächtige Horizont, wiederum reich an umgelagertem Material, entspricht wahrscheinlich der Älteren Tundrenzeit s.str., Ic, einer relativ kurzen Zeitspanne, die Bölling- und Allerödzeit voneinander trennt.

Dem Kernabschnitt 24,04-23,75 m Tiefe entspricht das relativ warme Alleröd-Interstadial (F II), das von 13325-12700 a cal BP reicht - analog zu 11375-10750 v. Chr.. Im vorliegenden Pollendiagramm (Abb. 1) läßt es sich dreigliedern: IIa, in dem die Kiefer noch keine Rolle spielt, IIb, in dem sich die Kiefer bereits mäßig ausgebreitet hat und -davon durch einen Birkenpollengipfel getrennt- IIc, in dem die Kiefer ihre stärkste spätglaziale Verbreitung hat und an dessen Ende - wie der Anstieg der Gräser- und Riedgräserwerte zeigt- die Bewaldungsdichte bereits wieder abnimmt.

Der folgende, deutlich wieder gräser- und kräuterpollenreichere Abschnitt von 23,75-23,53 m Tiefe entspricht dem letzten Teil des Pleistozäns, der Jüngeren Tundrenzeit (F III). In ihr überlebten in Norddeutschland nur wenige, meist sehr schütterere Wälder. Die Krähenbeere (*Empetrum nigrum*) breitete sich kräftig aus, was dafür spricht, daß es in dieser Zeit starke Sandverwehungen mit Dünenbildungen gab und das kühle Klima relativ wintermild war.

Bei 23,53 m (11560 a cal BP) ist ein deutlicher Wechsel hin zu den Verhältnissen des Postglazials festzustellen. Die Baumbirken breiteten sich innerhalb von knapp 25 Jahren erneut stark aus. Die mittleren Sommertemperaturen dürften damals in zwei bis drei Jahrzehnten um mindestens 5 °C angestiegen und die Birkenwälder danach fast völlig geschlossen gewesen sein.

So schnell die Temperaturerhöhung in diesem Friesland-Thermomer (BEHRE 1967) genannten, relativ warmen Abschnitt (IVa) gekommen war, so rasch ging sie nach knapp einhundert Jahren (MERKT & MÜLLER 1997) wieder um etwa 3-4 °C zurück. Nach einem kalten halben Jahrhundert, dem frühen Teil des Rammelbeek-Kryomer (IVb), stiegen die Temperaturen innerhalb von etwa 250 Jahren in zwei Stufen wieder an, bis sich wieder ein Klima einstellte, in dem sich erneut Baumbirken und bald danach auch Kiefern ausbreiten konnten.

Ab 23,28 m Tiefe kam es zu einer extrem raschen Ausbreitung der Hasel (*Corylus*). Diesem Abschnitt, Boreal oder Frühe Wärmezeit (F V) genannt, folgten bald auch die Eichenmischwald-bäume (EMW): zunächst Ulmen (*Ulmus*) und Eichen (*Quercus*). Zu Beginn des nächsten Abschnitts, dem Atlantikum (F VI und F VII) bzw. der Mittleren Wärmezeit, die mit der plötzlichen Ausbreitung der Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) begann, folgten die Linden (*Tilia*), und im mittleren Teil des Atlantikums auch die Esche (*Fraxinus excelsior*). Das Ende der Mittleren Wärme-

zeit (5660 a cal BP) ist in den Pollendiagrammen aus Mitteleuropa durch einen plötzlichen Ulmenrückgang markiert (Abb. 2, s. Anhang).

Kurz nach dem Beginn der Späten Wärmezeit, dem Subboreal (F VIII), setzte im Arbeitsgebiet das Spätneolithikum mit Kulturen ein, die aus dem Südwesten kamen und von dort anscheinend den Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*) mitbrachten oder ihn von nun an durch ihre Wirtschaftsweise begünstigten. Seine Pollenkurve beginnt um 5550 a cal BP und ist in den meisten mitteleuropäischen Pollendiagrammen gut belegt. Nach seinem ersten Vorkommen in 21,2 m Tiefe erreicht der Spitzwegerich zusammen mit den Gräsern bei 19,8 und 19,75 m Tiefe etwas größere Häufigkeit und in der Jüngeren Eisenzeit bei 18,95 bis 18,0 m Tiefe erneut deutliche Gipfel, gemeinsam mit etwas höherem Anteil der ebenfalls als Siedlungsanzeiger zu wertenden Ampferarten (*Rumex*). Dies weist auf stärkere menschliche Besiedlung in Seenähe hin.

Im späten Subboreal und im älteren Teil des Subatlantikum (F IX), der Nachwärmezeit, breiteten sich die Hainbuche (*Carpinus betula*) und vor allem die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) aus. Allerdings erreichten beide in der Seeumgebung bei weitem nicht die Häufigkeit wie in den Gebieten mit besseren Böden und solchen mit im Durchschnitt etwas tiefer liegendem Grundwasserstand.

Seit der Späten Eisenzeit nahm die Heide (vor allem *Calluna vulgaris*) deutlich zu. Im jüngeren Teil des Subatlantikum (F X) treten Pollenkörner des Roggens (*Secale cereale*) auf, die in den Sedimenten, die sich nach der Völkerwanderungszeit abgelagert haben, bereits ziemlich regelmäßig gefunden werden konnten.

Im frühen Mittelalter begann der Wollingster See den Charakter eines Urwaldsees zu verlieren. Sowohl Hainbuchen und Buchen, als auch Eichen und Eschen, wurden in der Seeumgebung weitgehend vernichtet. Zunächst traten noch Hasel, Birken und Erlen an die Stelle des Eichen-Hainbuchen- und Eichen-Birken-Klimaxwaldes. Dann mußten auch sie der extensiven Landwirtschaft mit Viehzucht und vereinzelt Roggenfeldern weichen.

Ganz wichtig für die jüngere Seegeschichte wurde schließlich der in großem Umfang betriebene, hoch- bis spätmittelalterliche Anbau von Hanf (*Cannabis sativa*). Mehrere Anzeichen sprechen dafür, daß der Wollingster See auch zum Hanfrotten, in geringerem Umfang auch zum Rotten von Flachs (*Linum usitatissimum*) benutzt wurde. Der Hanfanbau begann in dieser Gegend etwa gleichzeitig mit der Einführung des im Diagramm durch den Beginn der Kornblumenpollenkurve erkennbaren Wintergetreideanbaues, der in Norddeutschland im 13. Jahrhundert n. Chr. vor allem durch die Klöster eingeführt worden sein dürfte. Das extreme Hanfrotten fand im Wollingster See aber wohl erst zu Beginn des Anbaus von Buchweizen (*Fagopyrum*) statt, höchstwahrscheinlich also im frühen 15. Jahrhundert.

Die obersten beiden Meter der Bohrung sind gestört. Deswegen kann die ökologische Seegeschichte nur bis zum Beginn der Neuzeit, - nicht aber bis zur Gegenwart - rekonstruiert werden.

### 3.2 Veränderungen der Makrovegetation im Wollingster See

Bereits im ausgehenden Weichsel-Pleniglazial war der See ein kalk- und produktionsarmes Gewässer, an dessen Rändern Laichkräuter (*Potamogeton*) und Wasserhahnenfußarten (*Ranunculus-Batrachium*) sowie der Wasserknöterich (*Polygonum amphibium*) vereinzelt wuchsen. Letzterer erlangte vor allem während des Bölling (Ib), also im frühen Weichsel-Spätglazial eine größere Bedeutung. Seit dieser Zeit kam auch das für ein ozeanisches Klima und nährstoffarme Verhältnisse sprechende Wechselblütige Tausendblatt (*Myriophyllum alterniflorum*)

vor, das seine größte Häufigkeit in der Älteren Tundrenzeit (etwa 13500 cal BP, also etwa Mitte des 12. vorchristl. Jahrtausends) erreichte, aber bereits im frühen Alleröd stark zurückging und nur während der späten Jüngerer Tundrenzeit relativ kurzfristig nochmals etwas häufiger wurde.

Im Alleröd (II) siedelte sich an den Seerändern in größerem Umfang das Stachelsporige Brachsenkraut (*Isoetes echinospora*) an. Erstmals traten regelmäßig Wassertorfmoose auf, die dann insbesondere während der Jüngerer Tundrenzeit (III) große Bedeutung erlangten, also im gleichen Abschnitt, in dem die Krähenbeere in der Seeumgebung häufig war, in dem der Wasserknöterich nicht mehr vorkam und auch *Isoetes echinospora* weitgehend fehlte (Abb. 1).

Mit dem Beginn des Postglazials verschwanden die Wassertorfmoose fast völlig. Dafür breitete sich an den Seerändern erneut *Isoetes echinospora* stark aus, das dann aber im ersten Drittel des Boreal bis auf ganz geringe Reste zurückging und schließlich im Älteren Subatlantikum (IX) vom heute noch im See vorkommenden Gemeinen Brachsenkraut (*Isoetes lacustris*) völlig verdrängt wurde.

Die ältesten Pollenkörner des Strandlings (*Litorea uniflora*) wurden im frühesten Subatlantikum, also in den Sedimenten der Späten Eisenzeit gefunden. Da gerade hier die Pollenkurve von Spitzwegerich eine starke menschliche Besiedlung in der Seeumgebung anzeigt, käme eine Förderung des Strandlings durch das Aufreißen der ufernahen Vegetation durch Menschen und Tiere infrage.

Während die etwa 35 µm großen Pollenkörner vom Strandling mit einem 27 µm-Netz angereichert und dann leicht gefunden werden können, ist dies bei den erheblich kleineren und weniger charakteristischen Pollenkörnern der Lobelie nicht möglich. Vereinzelt Pollenkörner weisen auf deren Vorkommen am Wollingster See zumindest seit dem Beginn der Neuzeit hin.

### 3.3 Die Entwicklung der Mikroflora

Anhand der palynologischen Untersuchungen kann nur der Teil der Mikroflora des Sees früherer Zeiten festgestellt werden, der erhaltungsfähige Wände aus Tektin oder andere bei der Muddebildung erhaltenbleibende Stoffe besitzt<sup>2</sup>.

Unter den Grünalgen (Chlorophyceen) überwiegen bei weitem die Kolonien der *Pediastrum*-Arten, insbesondere von *Pediastrum boryanum*. In den älteren Sedimenten - vor allem bis in die mittlere Böllingzeit - hatten sie einen hohen Anteil an der organischen Substanz der Mudden. Im gleichen Zeitraum besaßen auch die Schönalgen (Desmidiaceen), vor allem die Gattungen *Cosmarium* und *Staurastrum* ihre größte Häufigkeit. Die Werte beider Gruppen gehen danach recht deutlich zurück, was zum Teil an der Änderung des Bezugssystems (der mit der Zunahme der Vegetation sich erhöhenden Pollensumme), hauptsächlich aber mit dem Rückgang der zur Verfügung stehenden Nährstoffe zusammenhängen dürfte.

Im ausgehenden Bölling übernehmen die Blaualgen (Cyanophyta), vor allem die Wasserblüten bildenden Arten der Hormogonales bis ins mittlere Alleröd die Vorherrschaft, verlieren danach aber an Bedeutung. Erst im späten Präboreal nehmen die Cyanophyta wieder etwas zu und weisen im Älteren Atlantikum und im jüngeren Teil des Subatlantikum je einen relativ kurzfristigen

<sup>2</sup> Algenreste aus Opal -wie Kieselalgen (Diatomeen) oder Goldalgen-Zysten (Chrysophyceen)- benötigen andere Aufbereitungsmethoden. Sie wurden daher bei den palynologischen Untersuchungen nicht berücksichtigt, obwohl durchaus vereinzelt Schalen auch so in den Proben gefunden wurden.

Gipfel auf. Die Gattung *Botryococcus* bleibt auch danach relativ häufig und erreicht vor allem in den gestört vorliegenden neuzeitlichen Mudden ein solches Übergewicht, das wohl nur mit einer Eutrophierung und/oder einem zeitweilig sehr hohen Gehalt an Schwermetallionen erklärt werden kann.

Zygosporien der Schraubenalgen (*Spirogyra*) und anderen Zygnemales sind außerordentlich selten. Insgesamt wurden in den Sedimenten der jüngeren Böllingzeit nur 6, in denen des Älteren Subatlantikum 1 und in denen des Jüngeren Subatlantikum 13 Exemplare gefunden.

Auch Blatt- und Stengelinnenhaare von See- oder Teichrosen sind extrem selten: 4 wurden in Ablagerungen des Pleniglazial, 1 in denen der Älteren Tundrenzeit s.str., 2 in denen des mittleren Boreal und 2 in den neuzeitlichen Sedimenten gefunden. Demnach müssen See- und Teichrosen im Wollingster See während der ganzen Geschichte kaum eine Rolle gespielt haben, auch wenn sie ab und an im See vorgekommen sind.

Reste von Armleuchteralgen (Characeen) sind ebenfalls sehr rar. Sie sind auf das frühe Weichsel-Spätglazial, auf die Zeit vom Meiendorf bis zum späten Bölling beschränkt.

### 3.4 Veränderungen der Mikrofauna im Wollingster See

Unter den Mikroresten der Limnofauna, die bei der palynologischen Untersuchung mit erfaßt wurden, überwiegen die Schalenteile der Wasserflöhe (Cladocera). Erst in deutlichem Abstand folgen die Dauereihüllen der Rädertiere (Rotatoria). Ansonsten sind in diesem schon seit seiner Entstehung recht oligotrophen See vereinzelt Mandibeln und Messerhaare von Larven der Büschelmücke (*Chaoborus flavicans*) festgestellt worden. Das Vorkommen dieser Art spricht nach unseren Beobachtungen sehr wahrscheinlich für die Existenz eines im Sommer sauerstoffarmen Tiefenwasserkörpers, in den die Larven tagsüber abtauchen konnten.

Die Präparation der Proben mit dem Ultraschallsieben war in erster Linie auf die Anreicherung der Pollenkörner ausgerichtet. Dadurch konnten sowohl die Schalen der Wasserflöhe als auch die Dauereihüllen der Rädertiere meist nur an den verbliebenen Bruchstücken identifiziert werden. Dennoch soll hier etwas ausführlicher auf diese Reste eingegangen werden, da es sich um erste Angaben über die zeitliche Abfolge der limnischen Mikrofauna im Wollingster See handelt.

Zur Bestimmung wurden vor allem LILJEBORG (1900), FREY (1958) und HERBST (1962), für die Kopfschalen FREY (1959) sowie eine von Herrn Dr. HERBST im Jahre 1970 erhaltene Vergleichssammlung der häufigeren mitteleuropäischen Wasserfloharten verwendet.

Die sichere Ansprache der Dauereischalen der Rädertiere war erheblich schwieriger. Schon über die Systematik der rezenten Rotatoria schreibt RUTTNER-KOLISKO (1973:142): "Die Fortpflanzungsverhältnisse der Rotatorien haben zur Folge, daß der Artenbegriff im klassischen Sinne in dieser Tiergruppe nicht anwendbar ist . . . . Bei den Planktonrotatorien sind diese Arten sehr häufig polymorph und bilden das Zentrum eines Formenkreises, von dem aus nach verschiedenen Richtungen Entwicklungsreihen ausgehen, die in einigen Fällen bestimmten Umweltfaktoren zugeordnet werden können."

Bei den Hüllen der Dauereier, den wichtigsten Resten dieser Tiergruppe (insbesondere der Monogononta, zu denen alle häufigen Planktongattungen gehören), ist es besonders schwierig, irgendwelche Differenzialdiagnosen aufzustellen. Obwohl die Morphologie dieser Dauereier unse-

res Erachtens hervorragende Dienste bei der Erstellung der Systematik dieser Tiergruppe leisten könnte, wurde sie bei den Artbeschreibungen häufig nicht oder höchstens nur nebenbei erwähnt. Ihre Zeichnungen sind oft recht kümmerlich und manche im Detail sogar fehlerhaft (z. B. VOIGT 1904). Ohne die sehr guten Zusammenfassungen in RUTTNER-KOLISKO (1973) und vor allem in KOSTE (1978) wäre eine Bearbeitung der vorliegenden Mikroreste der Rädertiere in den Ablagerungen des Wollingerster Sees nicht möglich gewesen.

In den Sedimenten aus dem Weichsel-Pleniglazial bis in die frühe Allerödzeit herrschen unter den planktonischen Cladocera-Resten die Kauflächen und Endkrallen vom Gemeinen Wasserfloh (*Daphnia*) vor. Am Ende des ersten Alleröd-Drittels gaben sie die Dominanz an die Reste der Elefantenkrebsechen (Bosminidae) ab. Dabei finden mehrfache Wechsel im Vorherrschen von Arten der beiden Untergattungen *Eubosmina* und *Bosmina* s. str. statt. Bei der geringen Zahl der für die Bestimmung der Untergattungen nötigen Kopfschalen und Postabdomina ist es aber schwer, detaillierte Aussagen über ihr Auftreten zu machen. Sicher ist, daß beide Untergattungen im Spät- und frühen Postglazial noch deutlich häufiger waren als in der Zeit vom Boreal bis zum Älteren Subatlantikum. Erst im Zusammenhang mit der Eutrophierung durch die zunehmende menschliche Besiedlung in der weiteren Seeumgebung hat die Zahl der Reste deutlich zugenommen, im Mittelalter vor allem *Bosmina* cf. *longirostris*, im gestörten neuzeitlichen Sediment mehr *Eubosmina* cf. *coregoni*.

Reste der gegenwärtig im Norddeutschen Flachland weitgehend fehlenden Formen der *Eubosmina obtusirostris/theresites*-Gruppe, die fossil vor allem an einem abgerundeten Kamm an der Basis der Rostrumfortsätze leicht erkennbar sind, wurden nur in den Sedimenten der Jüngeren Tundrenzeit, des Präboreal und des frühen Boreal sowie -möglicherweise aufgearbeitet- im gestört vorliegenden neuzeitlichen Sediment vereinzelt gefunden.

Reste der nicht-planktischen Wasserflöhe (Sididae und Chydoridae) sind zwar erheblich seltener, spiegeln dennoch wider, daß der Wollingerster See seit seiner Entstehung einerseits weite, relativ flache Uferbereiche hatte, andererseits nur zeitweise eine stärkere Makrovegetation aufwies. Von der räuberisch lebenden *Sida crystallina* wurden insgesamt nur 9 über das Postglazial verteilte Endkrallen festgestellt, während die wenigen Reste von *Latona setifera* und *Diaphanosoma brachyurum* auf das Subboreal und die neuzeitlichen Ablagerungen beschränkt sind.

Auch die Zahl der Reste der ebenfalls nicht-planktischen Chydoriden ist zu klein, um sie zu sicheren Aussagen über die Veränderungen der Ökologie im See heranziehen zu können. Bis zum mittleren Bölling kommen vor allem *Alona*-Arten und *Chydorus sphaericus* vor. Seit dem Alleröd erhöht sich die Zahl der häufiger nachgewiesenen Arten (*Eurycercus lamellatus*, *Camptocercus rectirostris*, *Acroperus harpae*, *Alonella nana*, *Alonella excisa*, *Alona affinis*, *Alona spec.* und *Pleuroxus spec.*). Seit dem Subboreal kommen dann vor allem noch *Rhynchotolona falcata* wie *Monospilus dispar* hinzu und *Alonopsis elongata* wie *Alonella excelsior* häufiger vor als vorher.

Die Zusammensetzung der Cladocera-Arten in den gestört vorliegenden neuzeitlichen Sedimenten läßt vermuten, daß diese aus Mudden unterschiedlichen Alters bestehen, die auch aus verschiedenen Faziesbereichen stammen. Ein Teil der Cladoceren stammt aus ufernahen spätglazialen Ablagerungen, ein anderer aus neuzeitlichen Sedimenten. Aus der Schwermetallbelastung (vgl. MERKT & KLEINMANN i. d. Bd.) dieses Profilabschnitts muß man auf eine kriegsbedingte Störung schließen, die eventuell durch einen Bombenabwurf im 2. Weltkrieg verursacht worden ist (VON GLAHN, mündl. Mitt. 1998).

## 4 Danksagung

Vorliegende Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG im Rahmen des DFG-SPP "Wandel der Geo-Biosphäre der letzten 15000 Jahre. Kontinentale Sedimente als Ausdruck sich verändernder Umweltbedingungen" gefördert (Me 1371/1). Wir danken J. Merkt für die gemeinsame Geländekampagne und weitere Arbeiten sowie M. Rieke für die Datenerfassung.

## 5 Literatur

- BEHRE, K. (1956): Die Algenbesiedlung einiger Seen um Bremen und Bremerhaven. - Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven 4 (2): 221-383; Bremen.
- BEHRE, K.-E. (1967): The late glacial and early postglacial history of vegetation and climate in Northwestern Germany. - Review of Palaeobotany, Palynology 4: 149-161; Amsterdam.
- BOGOSLOVSKY, A. S. (1967): Material to the study of resting eggs of Rotifers. Contribution 2. - Bioll. Moskovsk. Otschestwa, Ispyt. Pripop., Otd. Biol. 72 (6): 46-67 (Russisch); Moskau.
- BOGOSLOVSKY, A. S. (1969): Material to the study of resting eggs of Rotifers. Contribution 3. - Bioll. Moskovsk. Otschestwa, Ispyt. Pripop., Otd. Biol. 74 (3): 60-79 (Russisch mit englischer Zusammenfassung); Moskau.
- FIRBAS, F. (1949): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. I. Allgemeine Waldgeschichte - 480 S.; Jena (Fischer).
- FREY, D. G. (1958): The late-glacial fauna of a small lake. - Arch. Hydrobiol. 54: 209-275; Stuttgart.
- FREY, D. G. (1959): The taxonomic and phylogenetic significance of the head pores of the Chydoridae (Cladocera). - Int. Rev. Hydrobiol. 44: 27-50; Berlin.
- FREY, D. G. (1964): Remains of animals in Quaternary lake sediments and their interpretation. - Ergebnisse der Limnologie 2: 114 S.; Stuttgart.
- GOULDEN, C. E. & FREY, D. G. (1963): The Occurance and Significance of Lateral Head Pores in the Genus *Bosmina* (Cladocera). - Int. Rev. Hydrobiol. 48 (3): 361-418; Berlin.
- HERBST, H. V. (1962): Blattfußkrebse (Phyllopoden, Echte Blattfüßer und Wasserflöhe). - Einführung in die Kleinlebewelt. - 130 S.; Stuttgart (Kosmos).
- KOSTE, W. (1978): Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas, begründet von Max Voigt. Monogononta. Bd.1 - 673 S.; Stuttgart.
- KOSTE, W. (1978): Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas, begründet von Max Voigt. Monogononta. Bd.2 -234 Taf.; Stuttgart.
- LADE, U. (1979): Neuere Untersuchungen am Wollingster See. - Jb. Männer vom Morgenstern 58: 11-26; Bremerhaven.
- LILLJEBORG, W. (1900): Cladocera Sueciae. - Nova Acta Reg. Soc. Sci. Upsala, Ser. III 19: 701 S., 87 Taf.; Upsala.
- MERKT, J. & MÜLLER, H. (1997): Absolute chronology of the Holocene and the Lateglacial from stacked sections of varved sediments from north Germany. 7<sup>th</sup> International Symposium on Palaeolimnology, Abstract Volume, Würzburger Geogr. Manusk. 41: 137-138; Würzburg.
- MERKT, J. & KLEINMANN, A. (in diesem Band): Die Entstehung und Entwicklung des Wollingster Sees und seiner Ablagerungen. - Mitt. AG Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg.
- MÜLLER, H. (1970): Ökologische Veränderungen im Otterstedter See im Laufe der Nacheiszeit Ber. Naturhist. Ges. 114: 33-47; Hannover.
- NIPKOV, R. (1961): Die Rädertiere im Plankton des Zürichsees und ihre Entwicklungsphasen. - Schweiz. Z. Hydrol., 22 (2): 398-461; Basel.
- RUTTNER-KOLISKO, A. (1973): III. Rotatoria. - In: Die Binnengewässer, XXVI. Das Zooplankton der Binnengewässer, 1. Teil: 99-234; Stuttgart.
- RYLOV, W. M. (1935): Das Zooplankton der Binnengewässer. - Die Binnengewässer, 15: 272 S.; Stuttgart.
- VOIGT, M. (1904): Rotatorien und Gastrotrichen der Umgebung von Plön. - Forsch. Ber. Biol. Station zu Plön, 11: 1-80; Plön.