Ber. Naturhist. Ges. 114, Hannover 1970

Ökologische Veränderungen im Otterstedter See im Laufe der Nacheiszeit

(Limnogeologische Untersuchungen an niedersächsischen Binnengewässern IX)

Von HELMUT MÜLLER*)

mit 3 Abbildungen und 1 Tafel

Gemeinsam mit Glühverlust-Bestimmungen durchgeführte Analysen tierischer Mikroreste und des Pollens an Proben postglazialer Ablagerungen des Otterstedter Sees östlich Bremen lassen Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der Vegetation in der Umgebung und den ökologischen Verhältnissen innerhalb des Sees erkennen. Der heute schwach eutrophe See war ursprünglich erheblich oligotropher als heute. Seit dem Neolithikum nahmen während stärkerer menschlicher Besiedlungsphasen in der See-Umgebung jeweils die Planktonarten zu, während die Bodenflora, insbesondere das bis vor wenigen Jahrhunderten noch im See vorhanden gewesene Brachsenkraut, mit der an ihr lebenden Mikrofauna zurückging, sich in siedlungsärmeren Zeitabschnitten dagegen ausbreitete.

Einleitung

Unterhalb der Wellenbasis gebildete Seeablagerungen spiegeln zahlreiche Ereignisse wider, die während ihrer Sedimentationszeit im See und seiner Umgebung stattgefunden haben. So können durch die Bestimmung des fossilen Blütenstaubs Rückschlüsse auf die den See während der Bildungszeit eines Sediments umgebende Vegetation gewonnen werden. Der Glühverlust gibt Aufschlüsse über die Veränderung der Einschwemmung und damit auch über die Erosion in der Umgebung des Sees. Insbesondere in den letzten beiden Jahrzehnten wurden mehrfach Versuche unternommen, in stärkerem Umfang qualitativ und quantitativ nicht nur die Kalkschaler, sondern auch andere Reste der im See während der einzelnen nacheiszeitlichen Zeitabschnitte vorhanden gewesenen Lebewelt zu bestimmen. Die meisten der in dieser Richtung durchgeführten Arbeiten beschränkten sich jedoch bisher auf eine oder wenige Tierordnungen.

Im Rahmen der hier beschriebenen Untersuchungen wurden die Reste einer größeren Zahl von Tiergruppen bestimmt. Die dabei gemachten Feststellungen

*) Dr. Helmut MÜLLER, Bundesanstalt für Bodenforschung, 3 Hannover-Buchholz, Alfred-Bentz-Haus.

können nun mit den durch Pollenanalysen erfaßbaren Veränderungen in der Umgebung des untersuchten Sees verglichen und Zusammenhänge aufgezeigt werden.

Den Anstoß zu dieser Arbeit gab die pollenanalytische Bearbeitung zahlreicher Proben von einigen Bohrungen durch die spät- und postglazialen Ablagerungen im zentralen Teil des Otterstedter Sees, die Herr Dr. P. ROHDE, Hannover, im Rahmen eines limnogeologischen Forschungsprogramms niedergebracht hatte. Die gute Erhaltung zahlreicher tierischer Reste, insbesondere von den bis dahin überhaupt noch nicht fossil bekannten Rotatorien-Dauereihüllen, regte an, möglichst viele der vorhandenen Reste bei der pollenanalytischen Bearbeitung nebenher mitzubestimmen.

Die Aufbereitung der pollenreichen bergfeuchten, mit Hilfe eines LIVINGSTONE-Bohrers gewonnenen Proben erfolgte durch kurzes Aufkochen mit KOH, von sandhaltigen Proben auch mit HF. Anschließend wurden die Proben bis zur Bearbeitung in Wasser (in plastikverschlossenen Glasröhrchen) aufbewahrt. Auf Ultraschallbehandlung, Azetolyse und andere oft für Pollenanalysen verwendete Aufbereitungsmethoden wurde verzichtet, um möglichst wenige der Mikroreste zu zerstören oder unnötig stark anzugreifen.

Für die Bestimmung der Cladocera-Reste konnte außer der Literatur (insbesondere FREY 1958 und 1959, FREY & GOULDEN 1960, LILLJEBORG 1900) eine Sammlung rezenter Cladocera benützt werden, die mir Herr Dr. HERBST, Krefeld, freundlicherweise überlassen hatte, wofür ihm an dieser Stelle herzlich gedankt sei.

Von den Mückenlarven-Resten wurden meist nur die größeren Gruppen bestimmt, in erster Linie nach STAHL (1959). Rotatorien-Dauereier wurden teils nach den Zeichnungen und Beschreibungen rezenter Arten von BOGOSLOWSKI (1967 und 1969) durchgeführt, teils hat mir Herr W. KOSTE, Quakenbrück, wichtige Hinweise gegeben. (Weitere Arbeiten zur Bestimmung und der Verbreitung von Rotatorienresten in holozänen und pleistozänen Seeablagerungen sind gemeinsam mit Herrn KOSTE geplant.) Hinweise auf Unterschiede in der Morphologie der Copepoden-Spermatophoren verdanke ich Herrn Prof. Dr. KIEFER, Konstanz.

Die Angabe der Häufigkeit der meisten Reste erfolgt hier im Verhältnis zur Baumpollensumme (BP). Sie scheint als Bezugssystem brauchbarer zu sein als die Angabe je g Trockensubstanz oder je cm^3 Volumen, da sie nicht von der Menge der im Laufe der Nacheiszeit stark wechselnden anorganischen Einschwemmung abhängig ist. Eine Angabe je Jahr und cm^2 führt bei Einzelprofilen leicht zu Fehlinterpretationen, da hierbei Verlagerungen der hauptsächlichen Sedimentationsbereiche (z. B. durch Veränderungen der Windeinwirkung und damit der Strömungen nach Abholzung in der Umgebung) nicht berücksichtigt werden kön-

nen. Bei der Angabe der Häufigkeit der betreffenden Reste im Verhältnis zur Pollenmenge sind während bewaldeter Zeitabschnitte auch dann noch Aussagen möglich, wenn die Sedimentation in den einzelnen Teilen des Gewässers so unterschiedlich ist wie im flachen Steinhuder Meer.

Sowohl nach FIRBAS & SAGROMSKY (1947) als auch nach Zählungen an jahresgeschichteten Sedimenten kleiner Seen wie im Faulenseemoor/Schweiz (WELTEN 1944) und unveröffentlichten eigenen Untersuchungen*) ist in bewaldeten Zeitabschnitten Mitteleuropas = bei den Jahresschichten unter Berücksichtigung eines gewissen Trichtereffekts (OHLE 1962) = in kleinen Seen (ohne starke örtliche Pollenbeeinflussung bzw. oberflächliche Polleneinschwemmung) mit größenordnungsmäßig 1000 bis 4000 BP, im Mittel knapp 2000 BP je Jahr und cm^2 zu rechnen. Ein Anhaltspunkt über die Häufigkeit der verschiedenen Mikroreste je Jahr und cm^2 kann gewonnen werden, indem man die in % der BP angegebenen Werte mit einem Hundertstel des mittleren BP-Niederschlags je Jahr und cm^2 (also etwa 20) multipliziert. Obwohl dieser Wert dann nur die Größenordnung angibt, ist er dafür bei Resten unter mm-Größe und in einigem Abstand vom Ufer so gut wie unabhängig von Trichterwirkung oder zufälligen Zusammenschwemmungen des Sediments.

Lage, Hydrographie und Pflanzenwelt des Otterstedter Sees

Der Otterstedter See, auch unter dem Namen „Pastorensee" bekannt, liegt etwa 25 km östlich von Bremen auf einem aus der vorletzten Eiszeit stammenden Geestrücken nördlich der Wümmeniederung in etwa 20 m über NN. Nach BEHRE (1956) ist er 6,2 ha groß und besitzt keine nennenswerten oberirdischen Zuflüsse und nur einen kleinen, zur Wasserstandsregulierung verwendeten Abfluß. Der Boden des Sees ist im Osten sandig bis kiesig und fällt steil bis zur Maximaltiefe von 11 m ab. Auf der Westseite besteht der Seeboden aus Mudde, deren Oberfläche hier wesentlich flacher einfällt.

Die Seewanne ist vermutlich am Ende der letzten Eiszeit, deren Gletscher dieses Gebiet nicht mehr erreicht haben, entstanden, vielleicht als Folge eines bei wärmer werdendem Klima abschmelzenden Quelleishügels (Pingo).

Nach BEHRE wird der mäßig eutrophe See durch Viehtränken und seit den fünfziger Jahren auch durch eine Badeanstalt verschmutzt. Von 1935 bis 1950 ließ sich an Hand von Algen-Untersuchungen eine deutliche Eutrophierung erkennen. Der Ca-Gehalt stieg in diesem Zeitraum von 5,4 mg/l auf 7 mg/l an und dürfte inzwischen noch höher liegen. Das Algenplankton ist trotz seines Artenreichtums mengenmäßig gering. Die Produktion des Sees erfolgt in erster Linie

*) An interglazialen Ablagerungen von Bilshausen (Untereichsfeld NO Göttingen) und borealen und atlantischen Kalkmudden des Schleinsees/Oberschwaben.

im Bereich des Röhrichts und der Schwimmblattpflanzen, in geringerem Umfang auch in Unterwasser-Rasen von *Fontinalis* und *Litorella*. Die tieferen Teile des Sees sind frei von autotrophen Pflanzen. Im ärmlichen Zooplankton überwiegen die Rotatorien gegenüber den Krebstierchen (Liste der im See vorkommenden Algen bei BEHRE 1956).

Die pollenanalytische Untersuchung und ihre Ergebnisse

Pollen und Sporen sind infolge der geringen Größe (etwa 10 bis 200 μ) sehr leicht verweh- und verschwemmbar, werden in sehr großen Mengen produziert (etwa 1000 bis 10 000 Körner je Jahr und cm^2) und besitzen Außenwände, deren Ornamentierungen und Germinalöffnungen unterm Mikroskop eine Bestimmung der Gattungen, oft sogar der Arten, erlauben. Diese Außenwände sind sowohl gegen Zersetzung als auch gegen zahlreiche Chemikalien wie KOH, HCl, HF, Essigsäure etc. sehr widerstandsfähig. Im sauerstoffarmen Milieu können sie über beliebige Zeiträume erhalten bleiben und dann bei der Proben-Aufbereitung im Labor durch Auflösung der anderen Bestandteile des Sediments soweit angereichert werden, daß der Anteil des Pollens der verschiedenen Gattungen unterm Mikroskop festgestellt werden kann. Da sich die einzelnen Arten im hier infrage kommenden Zeitraum nur unwesentlich von den heutigen unterscheiden, kann man, unter Berücksichtigung der Pollenproduktion und -verwehbarkeit und der ökologischen Ansprüche, auf die Vegetation und damit auf die Standortverhältnisse in der Umgebung des Sees schließen.

Die Pollendiagramme der untersuchten Profile, von denen hier nur das der Bohrung Ot 33 aus dem zentralen Teil dargestellt ist (Abb. 1), lassen sich gut mit entsprechenden Diagrammen von Moor-Profilen aus dem Raum Bremen parallelisieren und in die von OVERBECK & SCHNEIDER (1938) aufgestellte und von ihren Schülern verfeinerte pollenfloristische Gliederung des Postglazials in NW-Deutschland einpassen. Folgende pollenfloristische Abschnitte lassen sich unterscheiden:

Spätglazial und Vorwärmezeit*)

Aus diesem Zeitraum konnten aus dem Otterstedter See bis jetzt nur vereinzelte, mit dem Schwedischen Kammerbohrer gewonnene, leicht verunreinigte Proben aus der jüngeren Allerödzeit, der jüngeren Tundrenzeit und dem späten Präboreal untersucht werden. Im Rahmen dieser Ausführungen soll jedoch auf sie nicht weiter eingegangen werden, da diese waldfreien, waldarmen oder von Birken und Kiefern beherrschten Zeitabschnitte noch im Zusammenhang mit der Frage nach der Entstehung des Sees an zusätzlichen Stechkernproben genauer untersucht werden.

*) Benennung der Abschnitte nach FIRBAS (1949); die römischen Zahlen bezeichnen die pollenfloristischen Abschnitte nach OVERBECK & SCHNEIDER.

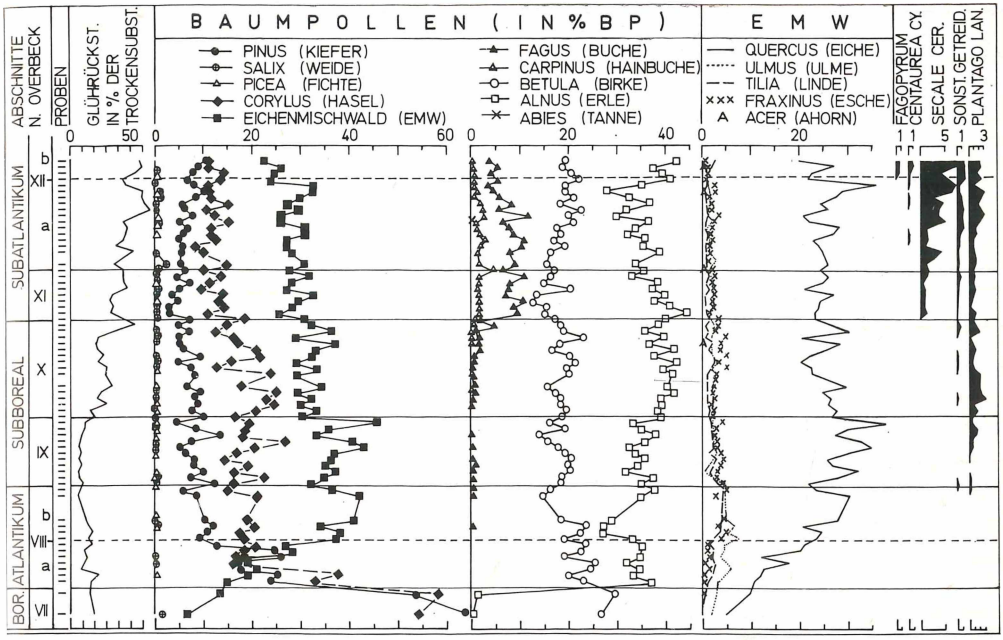


Abb. 1: Gekürztes Pollendiagramm der Bohrung Ot 33. (Pollenwerte in % der BP)

Frühe Wärmezeit (Boreal)

Das in Abb. 1 dargestellte Pollendiagramm beginnt im späten Teil dieses Zeitabschnittes (VII nach OVERBECK), in dem in den Spektren Hasel- und Kiefernpollen überwiegen und damit ein sehr häufiges Auftreten dieser beiden Gehölze belegt. Daneben sind aber auch Birke, Eiche und Ulme in der Umgebung des Sees mit beträchtlicher Häufigkeit vorgekommen. Vereinzelte Funde von Linden-, Eschen- und Erlenpollen lassen darauf schließen, daß auch die Einwanderung dieser Bäume gerade begonnen hat. Die hohen Werte des Pollens der im Schatten nur wenig blühenden Hasel sprechen dafür, daß wir uns die Vegetation in der Umgebung des Sees noch keineswegs als völlig geschlossene Hochwälder vorstellen dürfen. Die nur wenige Meter hoch werdende Hasel muß vielmehr einen hohen Anteil am Laubdach gestellt haben. Auch die Gräser+Kräuterpollensumme (NBP) ist noch höher, als man es in anderen Diagrammen von Muddeproben aus diesem Zeitabschnitt gewöhnt ist. Von den Wasserpflanzen ist fast nur *Isoëtes*, anscheinend ausschließlich *I. echinosporum*, nachgewiesen, aber auch dieses erheblich seltener als in den meisten folgenden Abschnitten.

Grenze gegen den nächsten Abschnitt: Beginn der durch den Steilanstieg der Erlenkurve angezeigten starken Ausbreitung der Erlen.

Mittlere Wärmezeit, älterer Teil

(≡ älterer Teil des Atlantikums, VIII a nach OVERBECK)

Zu Beginn dieses Abschnittes breitet sich die Erle, nach Früchtchenfunden *Alnus glutinosa*, rasch aus und drängt, gemeinsam mit den sich weiter ausbreitenden Eichenmischwaldbäumen (vor allem Eiche und Ulme, in geringerem Maße auch Linde und Esche), Hasel und Kiefer zurück. Die Vegetation der Umgebung des Sees dürfte nun vorwiegend Hochwald gewesen sein, in dem aber noch immer lichte Stellen eingestreut waren, an denen u. a. die Hasel das Laubdach bildete. Die Einschwemmung von anorganischem Material liegt noch etwas höher als im nächsten Abschnitt. Dies könnte sowohl mit noch andauernder stärkerer Veränderung des Reliefs des Seebeckens (Anhalten des Absinkens oder Rutschungen mit Turbidity currents) als auch mit noch unvollkommen geschlossener Vegetation auf den nährstoffarmen Böden der Umgebung zusammenhängen. Auffallend ist, daß die NBP-Pollensumme, im Gegensatz zu später, nicht der Glührückstands-Kurve parallel läuft und *Isoëtes* eher zurückgeht als zunimmt.

Grenze zum nächsten Abschnitt: weiterer deutlicher Rückgang der Kiefer und stärkere Ausbreitung der Esche und Linde.

Mittlere Wärmezeit, jüngerer Teil

(≡ jüngerer Teil des Atlantikums, VIII b nach OVERBECK)

Nach den geringen Werten des für hohe Produktion und gute Verwehbarkeit bekannten *Pinus*-Pollens dürfte die Kiefer nur noch ganz vereinzelt in der Umgebung des Sees vorgekommen sein oder von nun an ganz gefehlt haben. Der weitgehend geschlossene Hochwald wurde in erster Linie von Eiche und der infolge geringerer Pollenproduktion oder schlechter Verwehbarkeit in den Pollenspektren der Seeablagerungen untervertretenen Ulme und Esche gebildet. Die Einschwemmung erreicht — nach einer anfänglich kleinen Zunahme — im oberen Teil des Abschnittes schließlich nur noch sehr niedrige Werte (Glührückstand um 7% der Trockensubstanz).

Grenze zum nächsten Abschnitt: Rückgang des Ulmen- und Lindenpollens; sie entspricht etwa dem Beginn des Spätneolithikums und ist etwas jünger als eine von Herrn Dr. GEYH, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung Hannover, an kalkfreiem Sediment mit 5130 ± 200 Jahre vor 1950 bestimmte ^{14}C-Probe.

Späte Wärmezeit, älterer Teil

(≡ älterer Teil des Subatlantikums, IX nach OVERBECK)

Der Rückgang des Ulmen- und Lindenpollens auf Werte um 2% läßt darauf schließen, daß diese beiden in höherem Maße wärmeliebenden Eichenmischwald-Komponenten nunmehr erheblich seltener geworden sind. Als Ursache hierfür dürfte zum Teil eine Klimaverschlechterung anzusehen sein. Das gleichzeitige

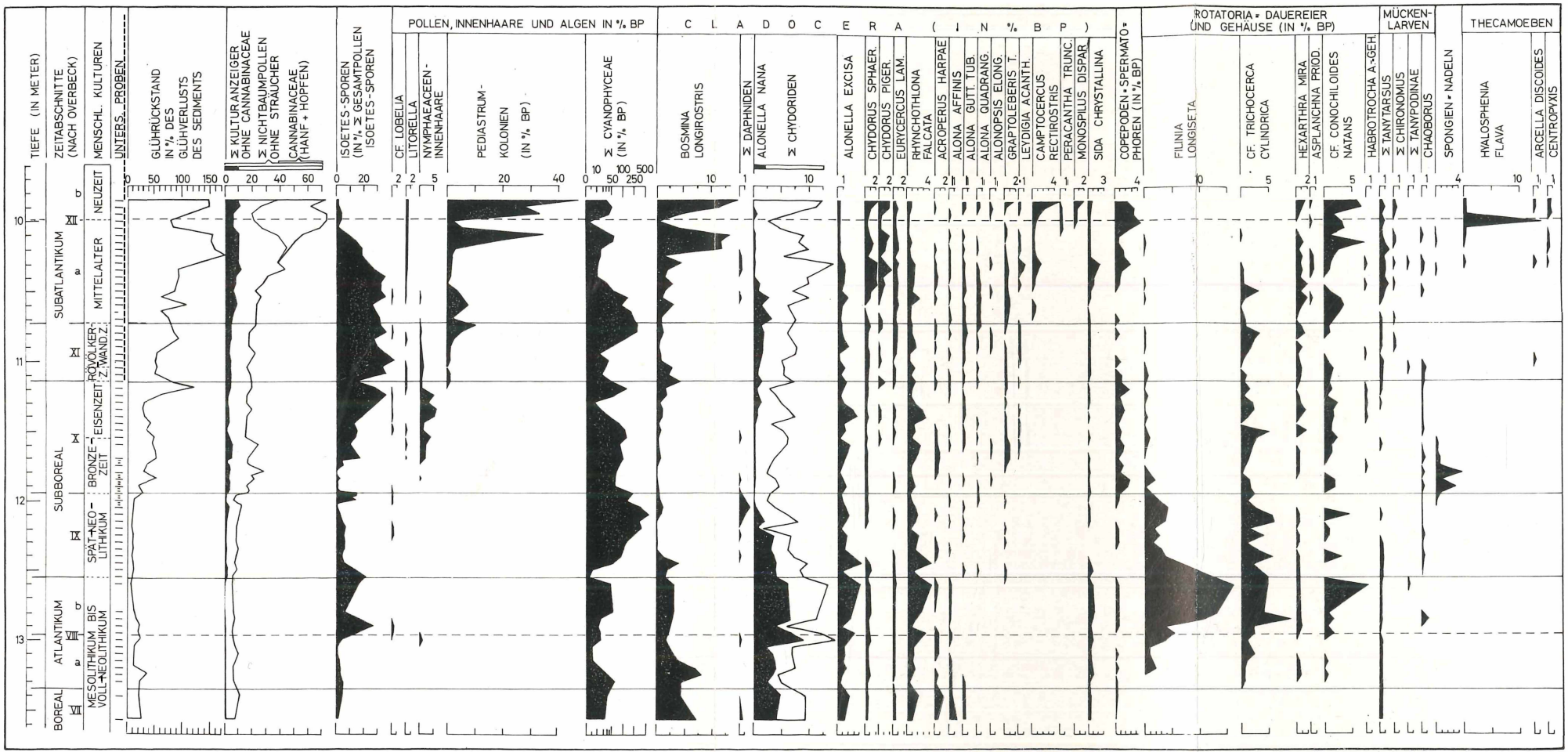


Abb. 2: Die häufigeren pflanzlichen und tierischen Reste (außer Pollen) in den untersuchten Proben der Bohrung Ot 33.

Auftreten der Kulturanzeiger (wie Pollen vom Getreidetyp und Spitzwegerich) spricht dafür, daß außerdem auch der Einfluß spätneolithischer Besiedlung wesentlich zum Rückgang dieser Bäume beigetragen hat (vergl. TROELS-SMITH 1960). Die Haselkurve weist, wie auch im nächsten Abschnitt, mehrere Gipfel auf. Sie können, ebenso wie die jeweils anschließenden Gipfel der Eschenpollenkurve, entweder als Teil einer Sekundärwald-Sukzession nach Auflassung von Siedlungsgebieten oder, wie nach PARET (1946) auch die Siedlungsperioden an den Seen, als Folge klimatischer Veränderungen erklärt werden. Buchenpollen tritt bereits auf, erreicht aber nur einen Mittelwert von 0,4%. Der Glührückstand des Sediments nimmt im oberen Teil des Abschnitts allmählich zu.

Grenze zum nächsten Abschnitt: Beginn der geschlossenen Buchenpollenkurve (etwa ins ausgehende Spätneolithikum fallend).

Späte Wärmezeit, jüngerer Teil

(= jüngeres Subboreal, X nach OVERBECK)

Die Waldzusammensetzung ändert sich zunächst nur wenig. Im späten Teil des Abschnittes beginnen sich Buche und Hainbuche etwas auszubreiten. Da ihre Kurven nunmehr deutlich entgegengesetzt zur Summe des — zumindest vorwiegend — dem Ferneinflug entstammenden Coniferen-Pollens verlaufen, dürften die beiden Baumarten tatsächlich unser Gebiet bereits erreicht haben. Der Anstieg der NBP-Kurve läßt erkennen, daß zu Beginn des Abschnitts die Bewaldungsdichte erheblich abgenommen hat. Wie aus der starken Zunahme des Glührückstands hervorgeht, hat die Einschwemmung, wohl im Zusammenhang mit dem vorgeschichtlichen Ackerbau, kräftig zugenommen.

Grenze zum nächsten Abschnitt: Anstieg der Pollenwerte der Buche von 2% auf Werte um 10% und der Hainbuche von unter 0,5% auf etwa 2% der BP; diese Grenze ist etwa ins letzte Drittel des letzten vorchristlichen Jahrtausends zu datieren.

Nachwärmezeit, älterer Teil

(= älteres Subatlantikum, XI nach OVERBECK)

Der Anteil der Buche von 7 bis 11% und der Hainbuche von 2 bis 5% an den Baumpollenspektren sprechen dafür, daß diese Bäume nunmehr in der weiteren Umgebung bereits in beträchtlicher Menge vorgekommen sein müssen. Die vorherrschenden Waldbäume bleiben jedoch Eiche, Birke und Erle. Linde, Ulme und Esche sind zwar weiterhin vorhanden, aber gegenüber der Mittleren und Späten Wärmezeit doch sehr zurückgegangen. Die geschlossene Getreide-Pollenkurve, in der jetzt Roggenpollen überwiegt und die weiterhin um 25% pendelnden Werte der NBP-Pollensumme weisen auf zwar schwankenden, aber doch beträchtlichen Kultureinfluß in der weiteren Umgebung des Sees hin, für den auch die relativ hohe Einschwemmung (Glührückstand 33 bis 50% des Trockengewichts!) spricht.

Grenze zum nächsten Abschnitt: NBP-Anstieg über 30%, Abfall der Hainbuchen-Pollenkurve von ihrem etwa 5% betragenden Maximum; sie stimmt ungefähr mit dem Beginn der mittelalterlichen Rodung überein.

Nachwärmezeit, mittlerer Teil
(Mittelalter, älterer Teil von XII nach OVERBECK)

Wie aus dem Anstieg der NBP-Werte, insbesondere des Pollens der Kulturanzeiger, zu entnehmen ist, bringt dieser Abschnitt eine erneute erhebliche Ausbreitung des Kulturlandes. Buche und Hainbuche werden zurückgedrängt. Die plötzliche Zunahme des Cannabinaceen-Pollens läßt auf einen sehr starken Hanf- oder Hopfen-Anbau in der näheren Umgebung des Sees schließen. Der außerordentlich steigende Glührückstand des Sediments weist auf eine gleichzeitig erfolgende Zunahme der Erosion in der Umgebung des Sees hin. Erst im oberen Teil ist wieder eine relativ kurzfristige, vielleicht mit den Pestjahren des 14. Jahrhunderts in Zusammenhang zu bringende Verringerung der Einschwemmung erkennbar.

Grenze zum nächsten Abschnitt: Beginn der Buchweizen-Pollenkurve (um 1400 n. Chr.).

Nachwärmezeit, jüngerer Teil
(Neuzeit, jüngerer Teil von XII nach OVERBECK)

Von diesem Abschnitt wurde nur der Anfang erfaßt, da die obersten dm mit dem Herrn Dr. ROHDE seinerzeit zur Verfügung stehenden Bohrgerät nicht gewonnen werden konnten. Buchweizen-Pollen und verstärktes Vorkommen von Kornblumen- und Ampfer-Pollen lassen zusammen mit hohem Glührückstand eine weitere Intensivierung der Landwirtschaft erkennen. (Sediment aus der Zeit mit laufender, sehr starker Zunahme der Eutrophierung seit dem Beginn dieses Jahrhunderts konnte leider bisher nicht untersucht werden.)

Die Veränderungen von Fauna und Flora im See

Wie bereits erwähnt, ist die Seewanne vermutlich aus einem weichselspätglazialen Quelleishügel (Pingo) hervorgegangen. Nach einem allerödzeitlichen Flachwasserstadium dürfte sie im Laufe des älteren Holozäns, d. h. spätestens im frühen Atlantikum, annähernd ihre heutige Form erreicht haben. Der Bodenbewuchs nahm allmählich zu. Insbesondere breitete sich das nur in produktionsarmen Seen vorkommende Brachsenkraut aus (nach der Mikrosporengröße und den vereinzelten stachligen Megasporen anscheinend zunächst ausschließlich *Isoëtes echinosporum).* Auch Braunmoose, wohl in erster Linie *Fontinalis,* waren recht häufig.

Auch die Fauna reagierte auf diese Veränderungen. So ging — unter zum Glührückstand ± parallelen Schwankungen — die freischwimmend lebende Ele-

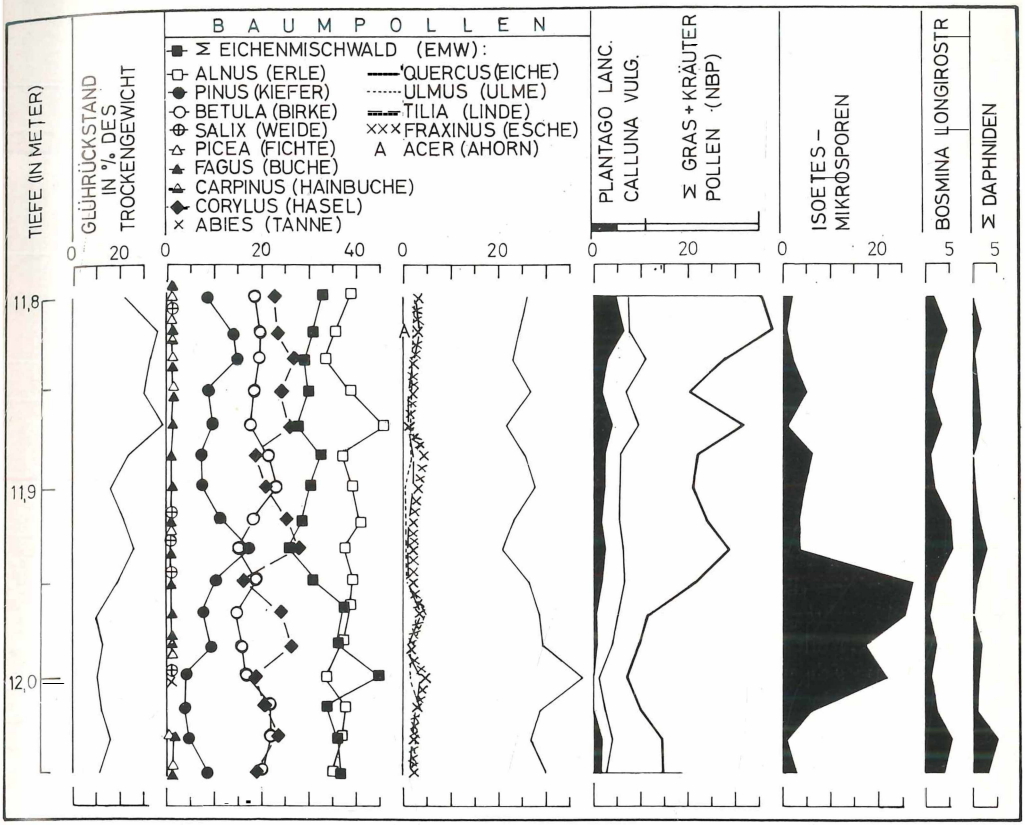


Abb. 3: Gekürztes Diagramm des dichter untersuchten Profilausschnitts zwischen 11,8 m und 12,05 m der Bohrung 33. (Alle Pollen-, Sporen- und Cladocera-Werte in % der BP)

fantenkrebschen-Art *Bosmina longirostris* zugunsten der vorwiegend zwischen der Makroflora lebenden *Alonella*-Arten, insbesondere der kleinen *Alonella nana*, zurück. An Rotatorien waren — soweit man die seinerzeit lebende Menge nach den Dauerei-Hüllen beurteilen kann — *Filina longiseta* und cf. *Trichocerca cylindrica* sehr häufig, daneben auch *Hexarthra mira* und cf. *Conochiloides natans* regelmäßig vorhanden. Die Algenmengen waren gering. Unter den nur mäßig häufigen Mückenlarvenresten herrschten die an ihren Paralabien leicht erkennbaren Tanytarsus-Gattungen*) vor. Daneben wurden fast nur noch Teile von *Chao-*

*) Tanytarsus und Chironomus sind hier im Sinne THIENEMANN's gebraucht.

borus- (= *Corethra-)*Larven gefunden, während Reste von Tanypodinen (u. a. *Procladius)* und Chironomus sehr selten waren.

Mit dem Beginn der durch Pollen von Getreide und Unkräutern, vor allem dem Einsetzen von Spitzwegerich- *(Plantago lanceolata-)* und dem erneuten Häufigerwerden von *Rumex* cf. *acetosella-* und *Artemisia*-Pollen nachweisbaren spätneolithischen Besiedlung gingen *Isoëtes* sowie gleichzeitig auch die nicht-planktischen Wasserflöhe *(Sida crystallina* und Chydoriden), insbesondere *Alonella nana,* und die bisher recht häufigen Rotatorien *Filinia longiseta* und cf. *Trichocerca cylindrica* zurück.

Wie gut hier die Übereinstimmung zwischen den einzelnen faßbaren Geschehnissen ist, wird an dem in etwas engerem Abstand untersuchten, vermutlich an den Übergang vom Neolithikum zur Bronzezeit einzustufenden Profilausschnitt zwischen 12,15 m und 11,70 m Tiefe deutlich (Abb. 3). Auf die relativ starke Besiedlung bei 12,05 m, während der *Isoëtes* fast völlig zurückgegangen war, *Scenedesmus quadricauda*-Algenkolonien, Daphniden und *Bosmina longirostris* dagegen relativ häufig waren, folgte bei 12,02 m bis 11,97 m ein deutlicher Rückgang der menschlichen Besiedlung, erkennbar an dem Rückgang der Kulturanzeiger unter den Pollenkörnern und des Glührückstands. Gleichzeitig mit dem Besiedlungsrückgang nahmen *Isoëtes, Filinia longiseta,* cf. *Trichocerca cylindrica,* die Chydoriden, insbesondere *Alonella nana* und *Alonella excisa,* zu, die Plankter, wie *Bosmina longirostris* und Daphniden, dagegen ebenso deutlich ab. Erst mit einer erneuten Zunahme der Besiedlung in der Umgebung des Sees nähern sich auch die Verhältnisse im See denen vor dem Besiedlungsrückgang. Bis 11,70 m lassen sich dann noch weitere, schwächere Schwankungen in der Besiedlungsintensität feststellen. Auch hier geht mit einer Abnahme der Einschwemmung ein Rückgang der Plankton-Cladocerca und des Pollens der Siedlungsanzeiger eine Zunahme von *Isoëtes* und bei den Bäumen eine Sukzession wie nach einem Kahlschlag (Hasel-Birke-Esche-Richtung Eichenmischwald) einher.

Während Cladocerca und Rotatorien nunmehr ihre geringste postglaziale Häufigkeit aufweisen, sind die nur durch ihre Spermatophoren-Hüllen fossil nachweisbaren Ruderkrebschen (Copepoden) erheblich stärker vertreten. Auch Spongien-Nadeln weisen ein kurzes, möglicherweise aber mit Erhaltung oder Präparation zusammenhängendes Maximum auf. An Mückenlarven-Resten sind fast nur solche von den planktisch lebenden, auch im sauerstoffarmen Tiefenwasser vorkommenden *Chaoborus-* (= *Corethra-)*Larven und von Ephemeriden vertreten. Dies ließe bei Abwesenheit von Chironomus und Tanytarsus vermuten, daß der See nunmehr eine Tendenz zum dystrophen See aufwies (THIENEMANN 1955, S. 85). Allerdings weisen die Untersuchungen MIYADIs (zitiert nach THIENEMANN 1954) darauf hin, daß es auch einen Seentyp mit Vorherrschen von *Chaoborus* (= *Corethra)* gibt, dem z. B. kleine, 4—25 m tiefe Seen angehören, in denen O_2 im Sommer für lange Zeit im Profundal völlig verschwindet, ohne daß diese dystroph sind.

Obwohl Kulturanzeiger- und sonstige NBP-Werte weiterhin beträchtlich sind und der Glührückstand mit über 20% für eine weiterhin vorhandene erhöhte Einschwemmung spricht, kommt es anschließend dennoch erneut zu einer stärkeren Ausbreitung des Brachsenkrautes. Anscheinend erfolgt nunmehr, nach dem Überwiegen der größeren Mikrosporen und dem zahlreichen Auftreten von flachwarzigen Megasporen zu schließen, eine kräftige Ausbreitung von *Isoëtes lacustre*, das auch heute noch in einigen Klarwasser-Seen östlich Bremerhaven (Silbersee, Wollingster See) vorkommt, etwas atlantischeres Verbreitungsgebiet besitzt und anscheinend eher eine leichte Verunreinigung verträgt als *I. echinosporum*. Desgleichen kann nunmehr *Litorella* durch Pollenkörner nachgewiesen werden.

Dies ist recht interessant, da BEHRE (1956, S. 304) bei seinem Vergleich der Seen im Raum von Bremen festgestellt hatte, daß *Litorella* deutlich eutropher ist als *Lobelia* und *Isoëtes*. Im Silbersee verdrängt *Litorella* mit zunehmender Eutrophierung *Lobelia*, im etwas stärker eutrophen Wollingster See *Lobelia* und *Isoëtes*, und im Otterstedter See komme *Litorella* von den drei Arten nur noch allein vor. Die gleiche Abfolge läßt sich also an Hand der Pollenanalyse nun zeitlich für den Otterstedter See belegen.

Die vor allem durch ihre Innenhaare nachweisbaren Nymphaeaceen haben anscheinend im jüngeren Drittel des Subboreals eine größere Ausbreitung erlangt als während irgendeines anderen postglazialen Abschnitts in diesem See. Sie haben dabei wahrscheinlich während dieser Zeit zu einer Verlangsamung der Ausbreitung von *Isoëtes lacustre* beigetragen.

Erst kurz vor dem stärkeren Buchenpollen-Anstieg erlitt *Isoëtes* einen erneuten kurzfristigen Rückschlag. Nach den besonders hohen Glührückstands-Werten zu schließen, wurde er durch eine erhöhte Einschwemmung hervorgerufen. Für eine gleichzeitige Zunahme des Planktons sprechen die deutlich ansteigenden Werte der planktischen *Bosmina longirostris*, das Einsetzen der geschlossenen *Pediastrum*-Kurve und erneut höhere *Scenedesmus*-Mengen. Unter den Rotatorien treten die beiden bisher häufigsten Arten *Filinia longiseta* und cf. *Trichocerca cylindrica* zurück, während *Hexarthra mira* und cf. *Conochiloides natans* eher etwas häufiger werden. Die zu Beginn des Subatlantikums wieder auf die Werte dicht vor dem Siedlungsvorstoß zurückgehenden Kurven von *Isoëtes* und des Glührückstandes schwanken dann leicht gegenläufig, während die Kurven von *Bosmina longirostris* und des Glührückstandes ± parallel zueinander verlaufen.

Wesentliche Veränderungen treten dann erst wieder im Gefolge der großen mittelalterlichen Rodung und des danach einsetzenden Cannabinaceen-(Hanf- oder/und Hopfen-)Anbaus auf, die zu einer deutlichen Erhöhung des Anteils des waldfreien Landes (NBP-Summe auf über 30% ansteigend) und einer Erhöhung der Erosion in der Umgebung (bis über 60% Glührückstand!) geführt hat. Die Planktonarten, besonders *Pediastrum*, *Scenedesmus* und *Bosmina longirostris*, nehmen deutlich zu. *Isoëtes* erhält anscheinend nicht mehr genügend Licht und

geht zurück. Unter den Mückenlarven-Resten herrschen solche von Tanytarsus vor. In geringerem Umfang sind auch die an den fächerförmigen Paralabialen leicht von Tanytarsus mit seinen schmalen Paralabialen zu unterscheidenden Chironomus-Gattungen und die zwischen den beiden Gruppen stehende, an ihren mehr dreieckigen Paralabialen und der an *Polypedilium* erinnernden Anordnung der Labiumzähne erkennbaren *Lauterborniella agrayloides* vertreten. Sie sind sogar noch etwas häufiger als die an ihren wenigzähnigen Labien ebenfalls leicht als Gruppe erkennbaren Tanypodinen-Larvenreste (anscheinend vor allem *Procladius* und cf. *Psectrotanypus)* sowie die Reste der *Chaoborus-* (≡ *Corethra-)* Larven und die durch ihre gut erhaltungsfähigen Mandibeln und verschiedene andere Reste erfaßbaren Ephemeriden-Larven.

Während des wohl in die zweite Hälfte des 14. Jahrhunderts fallenden, vermutlich durch die Abnahme der Besiedlungsdichte in den Pestjahren hervorgerufenen Rückgangs der Einschwemmung bei 10,05 m bis 10,0 m Tiefe erfolgte ebenfalls ein Rückgang von *Bosmina longirostris.* Gleichzeitig nehmen *Isoëtes,* die Copepoden und die Thecamoebe *Hyalosphenia flava* zu, gehen aber bei dem erneuten Anstieg des Kultureinflusses bald wieder auf ihre vorhergehenden Werte zurück.

Zusammenfassung

Der heute nach den Untersuchungen BEHREs (1956) leicht eutrophe Otterstedter See war im Laufe der Nacheiszeit mehrfach stärker oligotroph als heute, ja wies im mittleren Subboreal möglicherweise sogar eine leichte dystrophe Tendenz auf. Die Eutrophierung ging wohl ausschließlich auf die menschliche Besiedlung der Umgebung des Sees zurück. Während der durch Glühverlustbestimmungen erfaßbaren Abschnitte mit erhöhter Einschwemmung, die seit der Jungsteinzeit weitgehend mit den pollenanalytisch feststellbaren Zeiten verstärkter prähistorischer und historischer Siedlungstätigkeit zusammenfielen, nahm jeweils die Planktonproduktion (z. B. *Pediastrum, Bosmina longirostris)* zu. Gleichzeitig ging der Bodenbewuchs, insbesondere *Isoëtes,* einschließlich der an ihm lebenden Tiere, z. B. *Alonella nana,* ebenso wie die Rotatorien *Filinia longiseta* und cf. *Trichocerca cylindrica,* jeweils zurück.

Die von BEHRE im Bremer Raum durch Vergleich mit unterschiedlichem Nährstoffgehalt bei zunehmender Eutrophierung festgestellte Verschiebung von *Lobelia* und *Isoëtes* zu *Litorella* läßt sich nunmehr durch die mikropaläontologischen Befunde als historische Abfolge im Otterstedter See wirklich belegen.

Unter den in den Sedimenten des Otterstedter Sees nicht sehr zahlreichen Mückenlarven — insgesamt wurden etwa 200 Reste von ihnen gezählt — überwogen noch bis in die frühe Neuzeit die nach THIENEMANN für (oligotrophe) Klarwasserseen charakteristischen Tanytarsus-Larven. Eine Ausnahme bildete ein

Zeitabschnitt im mittleren Subboreal, aus dem fast nur Reste der planktischen, auch im O_2-armen Tiefenwasser lebensfähigen *Chaoborus-(Corethra-)*Larven gefunden wurden. Da sie im oligotrophen See so gut wie fehlen, Chironomus und Tanytarsus in diesem Abschnitt so gut wie abwesend sind, hatte der Otterstedter See in dieser Zeit entweder eine starke Tendenz zum dystrophen See oder, was wahrscheinlicher ist, war sein Profundal zu dieser Zeit recht O_2-arm. Reste der eutrophe Seen bevorzugenden Chironomus-Larven wurden erst nach dem Einsetzen der erheblich verstärkten Einschwemmung und dem gleichzeitigen Rückgang von *Isoëtes* in nennenswerten Mengen gefunden, blieben aber auch dann in den untersuchten Sedimenten noch erheblich seltener als die von Tanytarsus.

Erstmalig wurden fossile Dauereier von Rotatorien festgestellt, wodurch ebenfalls Hinweise auf die Ökologie des Gewässers in den einzelnen postglazialen Zeitabschnitten gewonnen werden konnten.

Nach den vorliegenden Untersuchungen ist es also durchaus möglich, die vor allem durch Pollenanalysen erkennbaren Veränderungen der Vegetation in der Umgebung des Sees, die an Hand des Glühverlustes faßbaren Veränderungen der Einschwemmung und die Ergebnisse der Analyse der aus dem See stammenden tierischen und pflanzlichen Mikroreste zu einer postglazialen paläolimnischen Geschichte dieses Sees zu vereinigen und einen Großteil der Ursachen der Veränderungen zu erkennen. Die auf so verschiedenen Wegen gefundenen Ergebnisse ergänzen und bestätigen sich dabei gegenseitig.

Schrifttum

BEHRE, K.: Die Algenbesiedlung einiger Seen um Bremen und Bremerhaven. — Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven, **4**, H. 2, 1956.

BOGOSLOVSKY, A. S.: Material to the study of resting eggs of Rotifers. Contribution 2. — Bioll. Moskowsk. Obtschestwa, Ispyt. Pripop., Otd Biol., **72**, H. 6, 46—67, 1967 (Russisch).

—: Material to the study of resting eggs of Rotifers. Contribotion 3. — Bioll. Moskowsk. Obtschestwa, Ispyt. Pripop., Otd. Biol., **74**, H. 3, 60—79, 1969 (Russisch mit englischer Zusammenfassung).

FIRBAS, F.: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. — Jena 1949.

FREY, D. G.: The late-glacial fauna of a small lake. — Arch. Hydrobiol. **54**, 209—275, 1958.

—: The taxonomic and phylogenetic significance of the head pores of the Chydoridae (Cladocera). — Int. Rev. Hydrobiol. **44**, 27—50, 1959.

—: Remains of animals in Quaternary lake and bog sediments and their interpretation. — Ergebn. Limnol. **2**, 114 S., 1964.

GOULDEN, C. E. und FREY, D. G.: The Occurence and Significance of Lateral Head Pores in the Genus *Bosmina* (Cladocera). — Int. Rev. Hydrobiol. **48**, H. 3, 361—418, 1963.

LILLJEBORG, W.: Cladocera Sueciae. — Nova Acta Reg. Soc. Sci. Upsala, Ser. III, **19**, 701 S., 87 Taf., Upsala 1900.

OHLE, W.: Der Stoffhaushalt der Seen als Grundlage einer allgemeinen Stoffwechseldynamik der Gewässer. — Kieler Meeresforsch., **18**, 107—120, 1962.

PARET, O.: Das neue Bild der Vorgeschichte. — Stuttgart 1946.

RYLOV, W. M.: Das Zooplankton der Binnengewässer. — Die Binnengewässer, Bd. **15**, 272 S., Stuttgart 1935.

STAHL, J. B.: The Developmental History of Chironomid and Chaoborus Faunas of Myers Lake. — Invest. Indiana Lakes & Streams, **V**/2, 1959.

THIENEMANN, A.: Untersuchungen über die Beziehungen zwischen dem Sauerstoffgehalt des Wassers und der Zusammensetzung der Fauna in norddeutschen Seen. — Arch. Hydrobiol. **12**, 1—65, 1918.

—: Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas. Versuch einer historischen Tiergeographie der europäischen Binnengewässer. — Die Binnengewässer, **18**, 809 S., Stuttgart 1950.

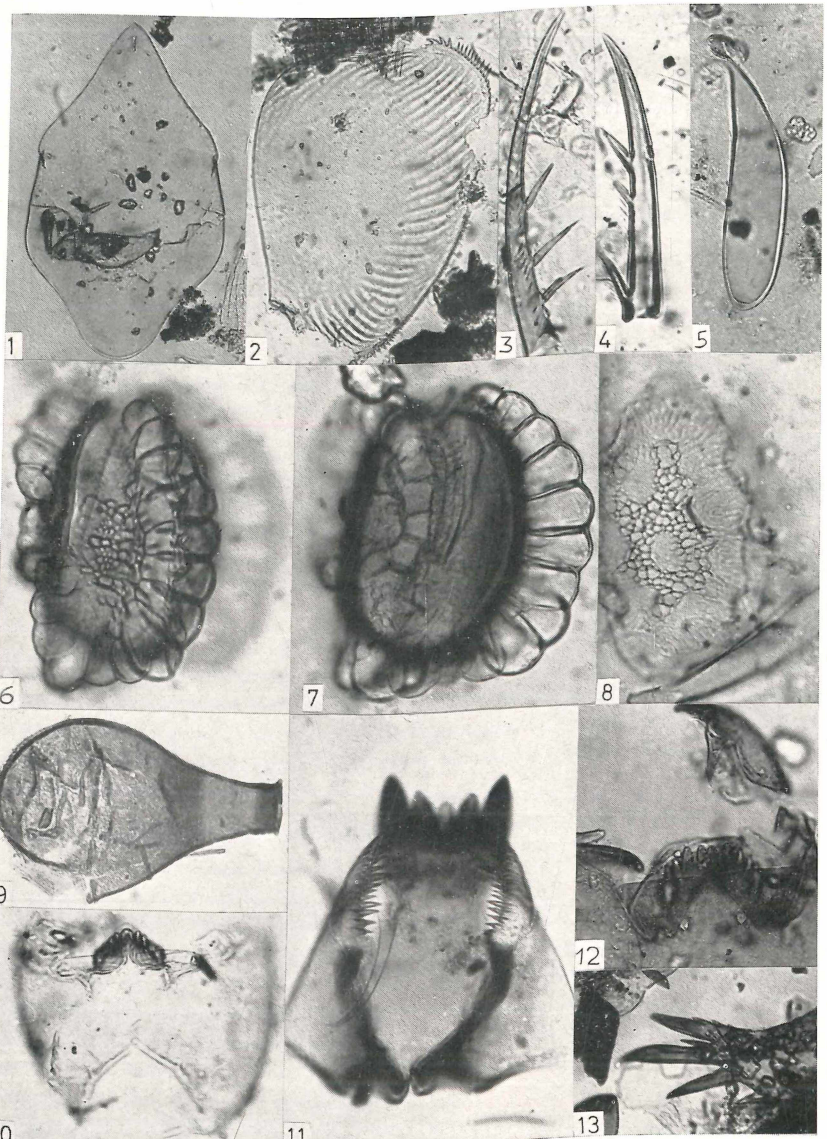
—: Chironomus. — Die Binnengewässer, **20**, 1—834, 1954.

—: Die Binnengewässer in Natur und Kultur. Eine Einführung in die theoretische und angewandte Limnologie. — 156 S., Berlin — Göttingen — Heidelberg 1955.

TROELS-SMITH, G.: Ivy, Mistletoo and Elm, Climate Indicators-Fodder Plants. — Danm. Geol. Unders. R IV, **4**, Nr. 4, 1—32, 1960.

Tafel 1

	Verg.	Provil/Tiefe
1. *Alona affinis* (Cladocera) Kopfschale	100 x	Ot 52/12,95 m
2. *Peracantha truncata* (Cladocera) Schale	100 x	Ot 52/12,95 m
3. *Sida crystallina* (Cladocera) Endkralle	250 x	Ot 33/11,55 m
4. *Alonopsis elongata* (Cladocera) Endkralle	500 x	Ot 33/11,55 m
5. „*Bryocamptus pygmaeus*-Typ" (Copepoda) Spermatophor	500 x	Ot 33/11,30 m
6. *Filinia longiseta* (Rotatoria) Dauer-Ei	500 x	Ot 52/12,95 m
7. Das gleiche Dauer-Ei, tiefere optische Einstellung	500 x	Ot 52/12,95 m
8. cf. *Trichocerca cylindrica* (Rotatoria) Dauer-Ei	500 x	Ot 33/13,05 m
9. *Habrotrocha angusticollis* (Rotatoria) Gehäuse	250 x	Ot 33/11,40 m
10. Tanytarsus genuinus-Gruppe (Chironomidae) Kopfschale	250 x	Ot 33/10,30 m
11. *Procladius* sp. (Chironomidae-Tanypodinae) Labium mit Paralabiem	250 x	Ot 52/12,95 m
12. *Lauterborniella agrayloides* (Tanytarsus connectus-Gruppe) Labium mit Paralabien	250 x	Ot 33/11,55 m
13. *Chaoborus* (*-Corethra)* (Chaoboridae) Larvenmandibel	250 x	Ot 33/13,05 m


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover

Jahr/Year: 1970

Band/Volume: 114

Autor(en)/Author(s): Müller Helmut

Artikel/Article: ökologische Veränderungen im Otterstedter See im Laufe der Nacheiszeit 33-47