Schr. Naturw. Ver. Schlesw.-Holst.	Bd. 42	S. 47—57	Kiel, Juli 1972

Altersbestimmungen an Sedimenten des Großen Segeberger Sees

Von F. R. Averdieck, H. Erlenkeuser, H. Willkomm, alle Kiel

Am Fuße des einzigen Felsenberges Schleswig-Holsteins liegt der Große Segeberger See. Sowohl das zutage tretende Gestein (Anhydrid) als auch die morphologischen Eigentümlichkeiten der Umgebung lassen sich mit der Existenz des kleinen Salzdomes und seiner Ausdehnung befriedigend erklären. Aus der Fülle der Literatur sei hier nur auf die zusammenfassenden Darstellungen von R. Teichmüller (1948), K. Stein (1955), J. Hagel (1958) und K. Gripp (1963) verwiesen.

Danach verdankt auch der Große Segeberger See seine Entstehung einem salinartektonischen Vorgang. Über den Zeitpunkt seiner Entstehung und über die weitere Entwicklung seiner Sedimente liegen jedoch keine genaueren Angaben vor. Aus diesem Grunde wurde eine Kernbohrung geplant, für deren Auswertung eine enge Zusammenarbeit von Pollenanalyse und Radiokarbondatierung vorgesehen war.

Der heute 168 ha große See hat keinen nennenswerten Zu- und Abfluß, so daß sich der bei 28,9 m ü. N. N. liegende Wasserspiegel im wesentlichen über das Grundwasser einstellt. Abgesehen von einer geringfügigen künstlichen Absenkung in geschichtlicher Zeit muß nach K. Stein (1955) mit einem erheblich höheren Wasserstand vermutlich am Ende des Pleistozäns gerechnet werden. Durch diesen etwa mit der heutigen 40 m-Höhenlinie identischen Wasserspiegel hat der See mit ca. 360 ha aber nur gut die doppelte Fläche des heutigen besessen. Da sich darüber hinaus der Einzugsbereich des Sees nicht wesentlich geändert hat, dürfte auch die Sedimentationsrate in der Nacheiszeit keinen bedeutenden Schwankungen unterlegen haben.

Probenentnahme

Der Wahl des Bohrpunktes an der der Stadt zunächstgelegenen tiefsten Stelle (10,30 m Wassertiefe) des Südbeckens (Abb. 1) lagen vor allem prähistorische Forschungsziele zugrunde, über die zu einem späteren Zeitpunkt zu berichten sein wird. Das Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Kiel führte 1967 die Kernbohrungen nach Vermittlung von Herrn Prof. Dr. K. Gripp und unter besonderer Förderung durch den Magistrat und den Bürgermeister der Stadt Segeberg, Herrn W. Kasch, durch[1]).

Die Bohrung wurde mit einem nach Prof. W. Ohle und Ing. R. Gisewsky (beide Plön) modifizierten Livingstone-Gerät ausgeführt, das Kerne bis zu

1 m Länge und 4 cm Durchmesser förderte. Abgesehen vom obersten, noch zu zu wenig verfestigten Meter, waren die Kernverluste gering.

Das Sediment besteht bis etwas mehr als 14 m aus Mudden verschiedener Zusammensetzung. Darunter folgt Beckenton über vermutlich glazifluviatilen Ton-Sand-Stein-Lagen. Die Schichtenfolge lautet an dieser Stelle (Tiefenangaben bezogen auf Sediment-Oberfläche = 10,30 m unter Seespiegel = 18,6 m über NN):

— 4,00 m	braun-olivfarbene Feindetritus-Gyttja mit gelegentlichen scharfen Farbgrenzen
— 10,00 m	wechselnd deutlich, vermutlich jahresgeschichtete Gyttja
— 12,05 m	dunkel-grün-graue Feindetritus-Gyttja
— 13,90 m	graue gestreifte Feindetritus-Gyttja
— 14,05 m	braune, humose, fast „torfige" Gyttja
— 14,18 m	graue Kalk-Gyttja
— 14,90 m	grauer Ton
— 17,00 m	Wechsellagerung von sandigem Ton und tonigem Sand mit Steinen.

Es wurden zwei Bohrungen im Abstand von wenigen Metern niedergebracht. Die erste diente der Kombination von Pollenanalysen und Radiokarbonmessungen, während die zweite in engen Probenabständen palynologisch bearbeitet wurde.

Die Bohrkerne wurden geschält, um evtl. bei der Bohrung entstandene Verunreinigungen zu entfernen, und dann für die Untersuchung in einzelne Proben geteilt. Aus jedem Kern wurden oben, in der Mitte und unten 12 cm für die C^{14}-Analyse vorgesehen. Meistens wurden davon nur die mittleren 6 cm (entsprechend einem Sedimentationszeitraum von 40 Jahren, s. u.) benötigt. Nur wenn der Gehalt an organischem Kohlenstoff zu gering war, wurden 9 bis 12 cm Kernlänge verwendet.

Über und unter dem C^{14}-Material wurde jeweils eine Probe zur Pollenanalyse entnommen, so daß pro Kern 6 Pollenspektren, entsprechend einem durchschnittlichen Abstand von 100 Jahren, anfielen. Trotz des relativ großen Abstandes der Pollenproben (die auf durchschnittlich 310 (110—740) Baumpollen ausgezählt wurden), ist aus den Kurven die Vegetationsgeschichte gut verfolgbar und das Diagramm eindeutig zu gliedern. Das Paralleldiagramm (auf dessen Wiedergabe hier verzichtet werden kann) sichert die Ergebnisse ab.

Pollenanalyse

Das Pollendiagramm (Abb. 2) zeigt in Balkenform die prozentual auf die Baumpollensumme (ohne *Corylus*) bezogenen Werte der Bäume, der wichtigsten Sträucher und Kräuter. Als „Kulturbegleiter" sind *Plantago lanceolata, P. major, Rumex* und *Artemisia* zusammengefaßt. Sie zeigen deutliche Bindungen einerseits an die menschlichen Siedlungen, andererseits aber auch an die offenen Vegetationstypen der subarktischen Zeit. Auf die Vegetationsgeschichte soll in unserem Rahmen nur soweit eingegangen werden, wie sie zum Verständnis der Datierung bzw. Gliederung des Diagramms nötig ist. Der Datierung und Konnektierung

[1]) Für finanzielle Hilfe ist insbesondere der Deutschen Forschungsgemeinschaft zu danken.

von Pollendiagrammen dienen am besten die Zonengrenzen, die Abschnitte einigermaßen einheitlicher Pollenführung voneinander trennen. Wir verwenden hier zweckmäßigerweise das von Schmitz (1955 und 1961) für Schleswig-Holstein abgewandelte Zonensystem nach Overbeck und Schneider (1938) und Overbeck (1950), üblicherweise kurz „Zonen nach Overbeck" genannt und im Diagramm links mit römischen Zahlen gekennzeichnet.

Während der Ton im Liegenden keine Rekonstruktion einer Vegetation zuläßt, können die organogenen Schichten bis ca. 12,5 m der Subarktischen Phase des Spätglazials zugeordnet werden.

Spätglazial (Zone II—IV)

Zone IIa = älteste Dryaszeit = Dryaszeit 1

Hohe Pollenwerte der Kräuter. Unter den Holzpflanzen *Betula, Salix, Juniperus* und *Pinus*, letztere wohl als Ferneinwehung. Offenbar eine Art „Park-Tundra".

Zone IIb = älteste Birkenzeit = Bölling-Interstadial

Höhere *Betula*- und niedrigere Krautpollenwerte weisen auf einen mehr oder weniger geschlossenen Birkenwald hin.

Zone IIc = ältere Dryaszeit = Dryaszeit 2

Ähnliche Verhältnisse wie in der Zone IIa.

Zone III = mittlere Birkenzeit = Alleröd-Interstadial

Sehr deutlich wiederum durch niedrige Kraut- und hohe *Betula*-Werte einen geschlossenen Birkenwald anzeigend.
(Eine Kiefernphase zeichent sich nicht ab.)

Zone IV = jüngere Dryaszeit = Dryaszeit 3

Offensichtlich wieder eine „Park-Tundra", da die höheren Pollenwerte lichtbedürftiger Pflanzen wie *Salix, Juniperus* und der Kräuter die Abnahme der *Betula*-Werte (mit verstärktem Ferneinflug von *Pinus*) einen Rückgang der Bewaldung anzeigen.

POSTGLAZIAL (Zone V—XII)

Zone V = jüngere Birkenzeit

Endgültige Wiederbewaldung durch Birken, langsame Ausbreitung der Kiefer, Einwanderung anspruchsvollerer Laubhölzer (Eiche, Ulme und Hasel). Der deutliche und nachhaltige Abfall der Pollenwerte der Kräuter wie von *Salix* und *Juniperus* spricht für geschlossene Bewaldung.

Zone VI = ältere Kiefern-Haselzeit

Neben immer noch hoher Birkenvertretung gewinnen vor allem Kiefer und Hasel an Boden, langsam auch Eiche und Ulme.

Während die untere Grenze durch den „rationellen *Corylus*-Anstieg" einigermaßen sicher zu ziehen ist, läßt sich die obere nur ungefähr durch den Beginn der *Corylus*-Maximalwerte angeben.

Zone VII = jüngere Kiefern-Haselzeit

Die Zone ist in erster Linie durch das große *Corylus*-Maximum 1 gekennzeichnet. *Quercus*- und *Ulmus*-Werte steigen an, *Tilia* und *Alnus* erscheinen gegen Ende dieser Zone.

Zone VIII = Eichenmischwald-Haselzeit

In unserer Gegend wohl die am besten abgrenzbare Zone, beginnend mit dem „rationellen Anstieg" der *Alnus*-Kurve und endend mit dem *Ulmus*-„Sturz". Die Zone spiegelt offenbar ein sehr stabiles Waldgefüge (Klimax-Wald) unter Herrschaft der sogen. Eichen-Mischwaldglieder einerseits und der Erle andererseits wieder.

Zone IX = Eichen-Haselzeit

Ulmus und *Tilia* gehen stark zurück, zugleich treten Fagus und die kulturbegleitenden Unkräuter auf, im Verlauf der Zone auch *Carpinus* und Getreide. Eine besondere Rolle spielt *Corylus*. Meist läßt sich ein markanter Abfall vom letzten *Corylus*-Gipfel zur oberen Zonen-Begrenzung benutzen.

Zone X = Eichenzeit

Mit dem Hasel-Rückgang vollzieht sich ein merklicher Anstieg von *Fagus*, in geringerem Maße auch von *Carpinus*.

Die Krautpollen, insbesondere auch die der Kulturbegleiter und von *Calluna*, kennzeichnen mit einem höheren Kurvenstück die Zone. *Quercus* und *Alnus* dominieren weiterhin.

Zone XI = Eichen-Buchenzeit

Die untere Grenze ist trotz vieler Bemühungen die problematischste geblieben. Von den selbst für Holstein aufgeführten Kriterien passen die meisten nicht zusammen.

Da der rationelle Anstieg der *Fagus*-Kurve wohl das wichtigste Phänomen dieser Zeit ist, haben wir die Grenze hierher und damit auch etwa an den rationellen *Carpinus*-Anstieg gelegt. Die Zone steht im wesentlichen im Zeichen der Eichen-Buchen-Hainbuchen-Konkurrenz. Getreidepollen ist regelmäßig, *Secale* tritt ab jetzt auf.

Zone XII = Zeit der Umgestaltung der Wälder

Abweichend von den meisten Autoren haben wir diese ohnehin nicht einheitlich definierte und auch nicht synchron zu legende Grenze an den markanten *Carpinus*-Abfall gelegt, mit dem hier ein *Fagus*-Abfall und starke Krautpollenanstiege, insbesondere wiederum der Kulturbegleiter, konform gehen.

Alles spricht für erhebliche Waldlichtung. Der jüngere Teil der Zone, der die Nadelholzforsten und den starken Getreidebau dokumentiert, fehlt in diesem Diagramm aufgrund des Kernverlustes.

Lag ursprünglich der gemeinsamen Aktion der Hauptgedanke zugrunde, durch C^{14}-Messungen absolute Daten für die besonders interessierenden ältesten und für einige jüngere Epochen der See- bzw. der Vegetationsgeschichte zu erlangen, so ergaben sich aufgrund der Sedimentnatur hinderliche Probleme. Verglichen mit den Datierungen entsprechender Horizonte aus Mooren ergaben sich so große Abweichungen, daß zunächst umgekehrt mit Hilfe bekannter Moordatierungen die Eichung der Sedimentdaten versucht werden mußte. In beschränktem regionalen Rahmen kann den Pollenzonengrenzen der Wert zeitlicher Markierungen beigemessen werden. Mit wachsender Entfernung der Untersuchungsstellen voneinander sind jedoch zeitliche Verschiebungen unterschiedlichen Ausmaßes einzukalkulieren, da es sich bei den Zonen um biogene Begriffe handelt.

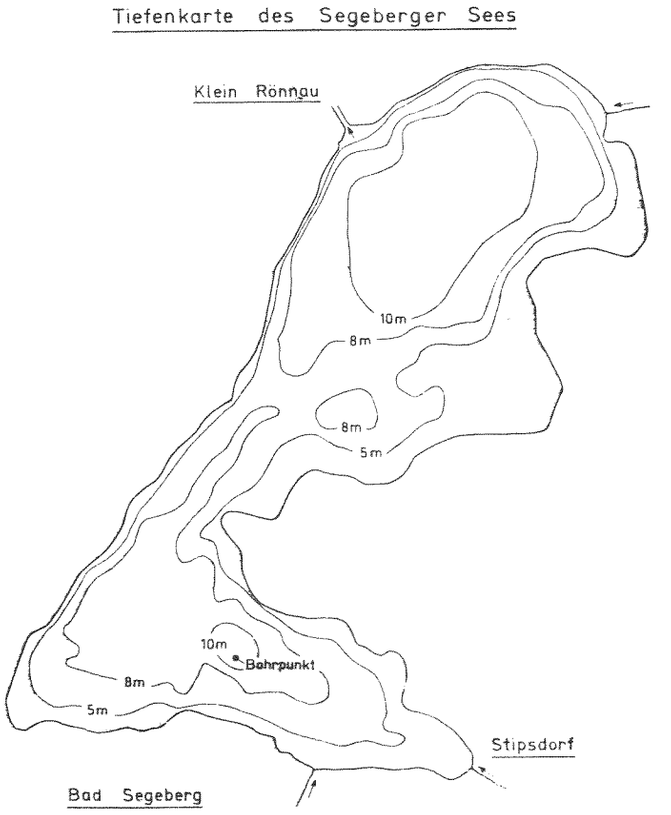

Abb. 1:

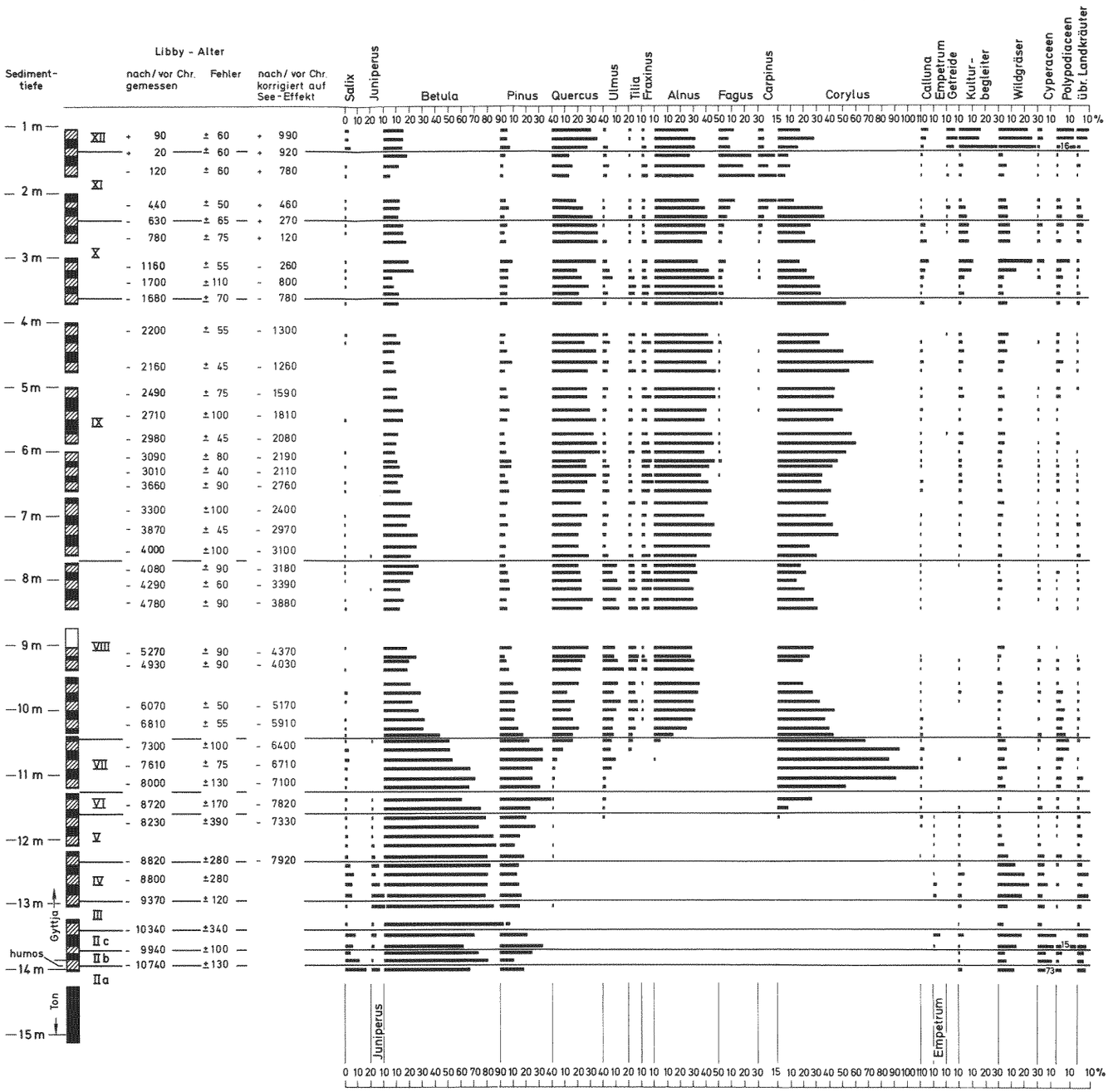

Abb. 2: Pollendiagramm des Gr. Segeberger Sees.
Die linke Säule gibt die Lage der Bohrkerne mit den C^{14}-Proben (schraffiert) an.
Daneben die Pollenzonen (Overbeck).

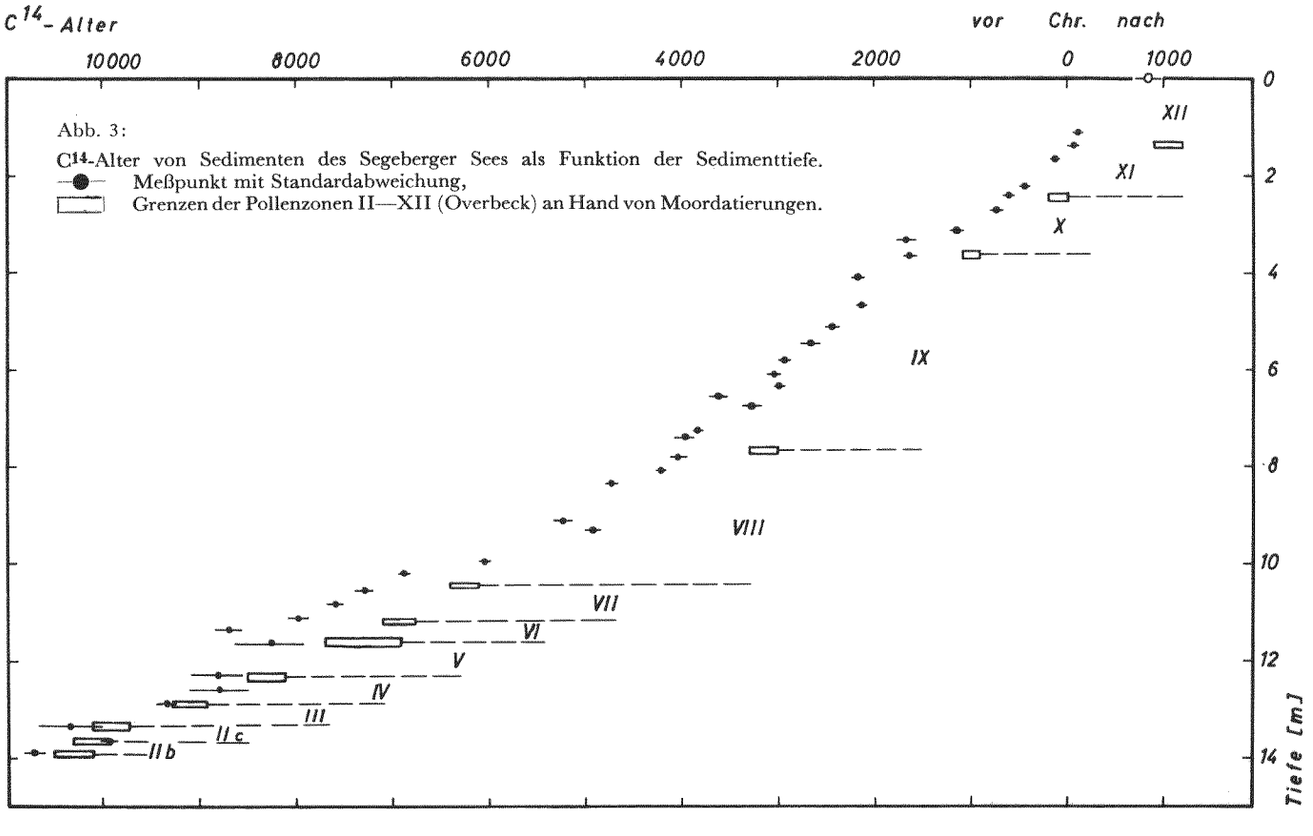

Abb. 3:

C^{14}-Alter von Sedimenten des Segeberger Sees als Funktion der Sedimenttiefe.
—●— Meßpunkt mit Standardabweichung,
▭ Grenzen der Pollenzonen II—XII (Overbeck) an Hand von Moordatierungen.

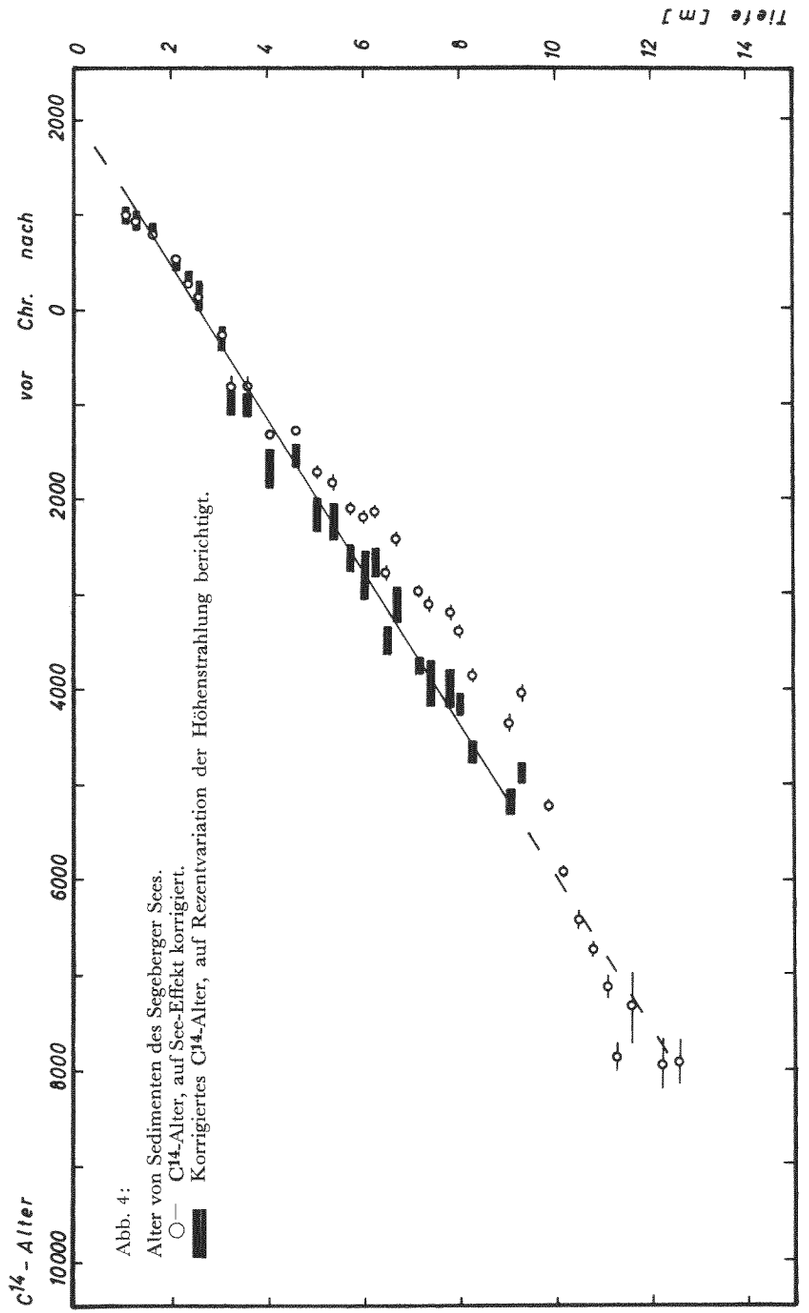

Abb. 4:
Alter von Sedimenten des Segeberger Sees.
○— C^{14}-Alter, auf See-Effekt korrigiert.
▬ Korrigiertes C^{14}-Alter, auf Rezentvariation der Höhenstrahlung berichtigt.

Aus diesem Grunde haben wir für den Vergleich C^{14}-datierter Horizonte auf möglichst nahegelegene Moore (i. a. Hochmoore) zurückgegriffen. Die Zahl an verfügbaren Daten ist jedoch noch zu begrenzt, so daß in einigen Fällen doch Durchschnittszahlen aus weitem Umkreis herangezogen werden mußten (Tab. 1). Als Unsicherheitsfaktor kommt hinzu, daß eine Fixierung der Zonengrenzen (wie auch anderer Charakteristika) auf einen eng definierten Horizont in sehr vielen Fällen nicht möglich ist. Als Folge sind mannigfache Abwandlungen und unterschiedliche Auslegungen der „gängigen" Kriterien bei verschiedenen Autoren zu finden.

Die Ursache liegt in der Ungleichheit der Diagramme, mitunter sogar innerhalb eines enger begrenzten Raumes, für die oft schwer Erklärungen zu finden sind. Daß daraus mehr oder weniger starke Abweichungen in der absoluten Datierung resultieren, liegt auf der Hand.

In besonderem Maße gilt dies für die Zonengrenzen X/XI, die im wesentlichen auf den noch niedrigen *Fagus*- und *Carpinus*-Werten basieren. Für diese Grenzen spielt auch der „Grenzhorizont" in den Hochmooren als großklimatisch bedingt immer noch eine bedeutende Rolle, „sofern er in den Zeitbereich um Chr. Geb. fällt" (L. Aletsee 1957, S. 15).

Unsichere Grenzziehungen werden von kritischen Autoren unter Vorbehalt oder besonderer Betonung vorgenommen, und es herrscht durchaus das Bestreben, absolute Datierungsmittel zur Stützung heranzuziehen oder gar zur Grundlage der Zonenabgrenzung zu machen (G. Lüttig 1967).

Bei der Aufbereitung der Pollenproben fiel meist ein starker Ca CO_3-Gehalt auf, so daß von vornherein mit einer Beeinflussung der Assimilation der einstigen sedimentbildenden Wasservegetation zu rechnen ist. Lediglich die torfige Gyttja um 14 m zeigte keinerlei Reaktion mit HCl. Auch die Gyttja der Zonen IIb und IIc reagierte mit einer Ausnahme im oberen Drittel von IIb nur sehr gering. Zur Kontrolle wurden aus allen charakteristischen Schichten und aus allen Zonen 43 Karbonatanalysen nach Scheibler ausgeführt. Das Ergebnis entsprach den eben genannten Beobachtungen durchaus.

Untersuchungen mit der Radiokarbon-Methode

In den Sedimentschichten liegt der Kohlenstoff teils in anorganischer Form als $CaCO_3$ und teils in Form organischer Verbindungen vor. Grundsätzlich läßt sich in beiden Fraktionen die Konzentration des schweren Kohlenstoff-Isotops C^{14} bestimmen. Die Ergebnisse brauchen jedoch keineswegs übereinzustimmen[1]). Nur für den C^{14}-Gehalt des organischen Materials kann man annehmen, daß er bei der Ablagerung einer Sedimentschicht im Gleichgewicht mit dem C^{14} der Lebewesen oder des Seewassers gestanden hat. Von da an hat sich die C^{14}-Konzentration nur durch den radioaktiven Zerfall verringert, so daß das Verhältnis vom heutigen C^{14}-Gehalt zur ursprünglichen Aktivität eine Altersbestimmung ermöglicht.

Bei der anorganischen Fraktion muß man jedoch damit rechnen, daß schon bei der Ablagerung unterschiedliche Anteile an altem, C^{14}-freien Kalk in das

[1]) Vergl. Erlenkeuser und Willkomm (1972).

Sediment gelangten. Ferner kann bei wechselnden pH-Werten bereits abgelagertes Karbonat als Bikarbonat (HCO_3^-) wieder in Lösung gehen oder durch später eingelagertes Karbonat in seinem C^{14}-Gehalt erneut verändert werden.

Aus diesen Gründen wurden bei den vorliegenden Sedimentproben nur die organischen Anteile datiert, während das Karbonat vorher durch Kochen mit verdünnter Salzsäure entfernt wurde.

Das Alter der Proben wurde aus dem C^{14}-Gehalt zunächst nach der für Landpflanzen gültigen Formel berechnet, d. h. es wurde angenommen,

1. daß rezente See-Sedimente die gleiche spezifische Radioaktivität besitzen wie rezente Landpflanzen[1]), und
2. daß dieser Rezentwert für den untersuchten Zeitraum, hier also für die letzten 12000 Jahre konstant geblieben ist.

Wenn man das so ermittelte C^{14}-Alter als Funktion der Sedimenttiefe aufträgt (Abb. 3), ergibt sich für die oberen 9 m eine ziemlich gleichmäßige Sedimentationsrate von 153 ± 3,5 mm/Jahrhundert. Extrapoliert man die Ausgleichsgerade der oberen 24 Meßpunkte bis zur Sedimentoberfläche, so erhält man für die Entstehung der rezenten Sedimentschicht den Zeitraum von 650 bis 1050 n. Chr. Das C^{11}-Alter der Oberfläche ist also gemessen am tatsächlichen Alter um 1100 ± 200 Jahre zu hoch. Entsprechend dem Gesetz des radioaktiven Zerfalls

$$N = N_0 \cdot e^{-t/\tau}$$

wobei $\tau = 8030$ Jahre die zur Halbwertszeit von 5570 Jahren gehörende mittlere Lebensdauer des C^{14} ist, bedeutet dies, daß das rezente Sediment nicht — wie unter 1. angenommen — die Rezentaktivität N_0 besitzt, sondern nur 87,3 ± 2,3% dieses Wertes.

Falls auch die älteren Sedimente bei ihrer Entstehung nur 87% der Standard-Rezentaktivität hatten, müßte ihr C^{14}-Alter ebenfalls 1100 Jahre größer sein als das gleichalter Landpflanzen. Zum Vergleich zogen wir die Radiokarbon-Daten von Mooren heran, bei denen sich der C^{14}-Gehalt der Torfschichten bei ihrer Entstehung im Gleichgewicht mit der Atmosphäre befunden hat. Als Zeitmarken, die sowohl im Sediment als auch in Hochmooren gut bestimmbar sind, wurden die Grenzen der Pollenzonen (nach Overbeck) verwendet.

Die benutzten Torfdaten ergeben sich aus Tab. 1. Das Ergebnis dieses Vergleichs sind die offenen Rechtecke in Abb. 3. Der y-Bereich gibt die Tiefe im Sediment an, in der die Zonengrenze gefunden wurde. Die Länge der Rechtecke gibt an, welcher C^{14}-Altersbereich an Hand von Hochmoordatierungen für diese Zonengrenze in Frage kommt. Für die gesamte Nacheiszeit einschließlich der Grenze IV/V (Jüngere Dryas/Präboreal) sind diese C^{14}-Daten jünger als die für den See selbst gemessenen Werte. Die Verschiebung ist ziemlich einheitlich und beträgt — einschließlich der Oberfläche, der das Entnahmejahr (1967) zuzuordnen ist — 900 ± 100 Jahre.

Ein derartiger Effekt, der die organischen Sedimente älter erscheinen läßt, als sie tatsächlich sind, wurde an zahlreichen Seen beobachtet. Die Werte für die

[1]) Dieser Rezentwert beträgt 13,56 $\frac{\text{Zerfälle}}{\text{min. g}}$ für Kohlenstoff bzw. 7,26 $\frac{\text{Zerfälle}}{\text{min. atm. l}}$ für CO_2-Gas.

Altersverschiebung bei der Sedimentoberfläche verteilen sich auf den Bereich von 0 Jahren (in 2 von 18 Fällen) bis zu 1200 Jahren[1]).

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit sind besonders die Untersuchungen interessant, die — ebenfalls gestützt auf die Pollenzonen — Angaben auch über die Zeitabhängigkeit dieses See-Effektes ermöglichen.

Für den Plöner See ergab sich eine mindestens von der Grenze VII/VIII (Boreal/Atlantikum) an konstante Differenz von 1030 Jahren[2]). Beim Schlein-See (S-Schwarzwald), bei dem allerdings nur die Sedimente aus dem Boreal und dem Atlantikum genauer untersucht wurden, liegt die Differenz bei 1350 bzw. 1200 Jahren[3]). Für den Pretty Lake (USA, westl. vom Erie-See) schließlich gibt Ogden (1969) eine für die ganze Nacheiszeit gültige Differenz von 920 Jahren an.

Weitere Vergleiche sind für 3 südschwedische Seen möglich, für die Håkansson (1968, 1969, 1970) das C^{14}-Alter von Sedimentschichten bestimmte, die sich mit dem von Nilsson (1964) angegebenen Standard-Pollendiagramm aus dem Hochmoor Ageröds-Mosse parallelisieren lassen. Wenn man die Daten ähnlich wie für den Segeberger-See auswertet, ergibt sich beim Trummen-See vom Anfang des Holozäns bis zur Gegenwart die Altersverschiebung 0. Der Immeln-See zeigt im Präboreal und an der Grenze zum Boreal noch keinen Unterschied, dann steigt die Differenz allmählich an und beträgt für die Sedimentoberfläche etwa 1000 bis 1300 Jahre. Der Striern-See verhält sich genau umgekehrt: Seine spätglazialen Schichten ergeben ein etwa um 1000 Jahre zu hohes Alter. Im Präboreal beträgt die Differenz noch 600 Jahre, und die Oberfläche erscheint nur noch um 300 Jahre zu alt.

Die Ursache dieser Altersverschiebung dürfte darin zu sehen sein, daß das im Wasser gelöste CO_2 aufgrund von aufgelöstem C^{14}-freien oder C^{14}-armen Karbonat nicht denselben C^{14}-Gehalt wie die Atmosphäre besitzt, so daß auch die limnische Biosphäre von vornherein eine zu geringe Rezentaktivität bekommt[4]). Die Größe dieser Verschiebung hängt selbstverständlich von den geologischen Gegebenheiten des jeweiligen Sees ab.

Das einheitlich um 900 Jahre korrigierte C^{14}-Alter der nacheiszeitlichen Sedimente des Segeberger Sees ist in Abb. 4 als Funktion der Tiefe aufgetragen.

Bei Datierungen von Landpflanzen ist zu berücksichtigen, daß auch die eingangs gemachte Annahme 2, der zeitlich konstante Rezentwert, nur eine Näherung ist. In den letzten zweieinhalb Jahrtausenden wich zwar der C^{14}-Gehalt der Atmosphäre kaum mehr als 1,5% von seinem heutigen Wert ab[5]), davor nahm er aber höhere Werte an, die etwa zwischen 4000 und 5000 v. Chr. mit 111 bis 113% ihr Maximum erreichten. Proben aus dieser Zeit besitzen auch heute eine zu hohe spezifische Aktivität, die sie gegenüber dem wirklichen astronomischen Alter um 800 bis 1000 Jahre jünger erscheinen läßt. Die Abweichung kann anhand

[1]) Vergl. hierzu Averdieck (1972), Erlenkeuser und Willkomm (1971 und 1972), Geyh, Merkt und Müller (1970), Håkansson (1968, 1969 und 1970), Ogden, Hay (1964, 1965 und 1969), Stuiver (1969 und 1970), Yamasaki und Hamada (1970).

[2]) Averdieck (1972), Erlenkeuser und Willkomm (1971)

[3]) Geyh, Merkt und Müller (1970)

[4]) Münnich (1968)

[5]) Industrie- und Atombombeneffekt sollen hier unbeachtet bleiben.

von Baumringen bestimmt werden und ist gegenwärtig bis 5300 v. Chr. (entsprechend einem C^{14}-Alter von 4300 v. Chr.) untersucht worden (vgl. WILLKOMM 1968, Suess 1970).

Wenn man die auf den See-Effekt korrigierten C^{14}-Daten auch noch entsprechend der Rezentvariation der Atmosphäre berichtigt, erhält man die ausgefüllten Rechtecke in Abb. 4. Sie umfassen durchweg einen größeren Altersbereich als die eigentlichen C^{14}-Meßfehler und spiegeln die Ungenauigkeit wieder, mit der man vom C^{14}-Alter auf das astronomische Alter zurückschließen kann.

Die korrigierten Daten liegen ebenfalls recht gut auf einer Geraden, entsprechen also einer konstanten Sedimentationsrate. Die Steigung der Ausgleichsgeraden ergibt eine berichtigte mittlere Sedimentationsgeschwindigkeit von 127 ± 4,2 mm/Jahrhundert, also einen deutlich niedrigeren Wert als aus den unkorrigierten C^{14}-Werten abgeleitet wurde.

Nimmt man an, daß die gleiche Sedimentationsrate auch schon im ersten Teil des Holozäns (vor 5000 v. Chr.) bestanden hat, wofür z. B. die relativ konstante Wasserfläche und der gleichbleibende Einzugsbereich sprechen, so folgt aus dem Vergleich der nicht berichtigten Werte (Kreise in Abb. 4) mit der Ausgleichsgeraden, daß der C^{14}-Gehalt der Atmosphäre um 6000 v. Chr. und davor etwa seinen heutigen Wert hatte. Dies würde die Ergebnisse bestätigen, zu denen TAUBER (1970) aufgrund von Warwenuntersuchungen des Spätglazials und frühen Postglazials kommt.

Eine Sonderstellung nehmen die Proben aus dem Spätglazial ein, bei denen der Vergleich mit Daten von Mooren und kalkfreien Mudden keine oder nur geringe Abweichungen ergibt, so daß eine Altersverschiebung wegen des See-Effektes nicht sinnvoll erscheint. Insbesondere ist die Korrektur für die unterste Probe, die aus völlig kalkfreiem, humosen Sediment stammt, nicht zu vertreten.

Nach dem gemessenen C^{14}-Alter stammt diese Schicht aus dem Bölling-Interstadial. Aufgrund der Pollenanalyse handelt es sich um ein präallerödzeitliches, spätglaziales Interstadial, jedoch ist eine Vortäuschung solcher geringfügigen Schwankungen durch lokale Anomalien bei nur zwei Bohrungen nicht völlig auszuschließen. Geologisch ist diese Feststellung von größtem Interesse, da die bei 14 m liegende landfeste oder landnahe Initialphase Auskunft über den Beginn der Seebeckenbildung gibt. Eine sichere Antwort auf diese Frage vermag die vorliegende Studie noch nicht zu geben, zumal hier nur an einem Punkt des Südbeckens gearbeitet wurde. Weitere Untersuchungen sind deshalb geplant. Sie sollen sich sowohl auf andere Seepartien als auch auf den tieferen Untergrund erstrecken.

Zusammenfassung

Die Untersuchung eines Bohrprofils aus dem Südbecken des Großen Segeberger Sees mit Hilfe der Pollenanalyse und der C^{14}-Datierung brachte folgende Hauptergebnisse: Die Sedimentation umfaßt lückenlos nahezu das gesamte Spät- und

[1]) Die Sedimentablagerung ist keineswegs immer gleichmäßig. Z. B. finden GEYH, MERKT und MÜLLER (1970) beim Schleinsee für den von ihnen untersuchten Zeitraum starke Schwankungen, und die Sedimentbildung im Plöner See steigt von 22 mm/Jahrhundert während der frühen Nacheiszeit auf 930 mm/Jahrhundert in den letzten 1000 Jahren (ERLENKEUSER, WILLKOMM 1971).

Postglazial. Der See besteht somit mindestens seit 12000 Jahren. Die gemessenen C^{14}-Alter aus dem Spätglazial entsprechen den derzeitigen Vorstellungen. Dagegen erfordern die Daten für das Postglazial auf Grund des „See-Effektes" durchgehend eine Korrektur um + 900 ± 100 Jahre. Die Sedimentationsrate im Postglazial betrug einheitlich etwa 130 mm/Jahrhundert.

Tabelle 1

C^{14}-Alter der Grenzen von Pollenzonen (Overbeck) für NW-Deutschland und S-Skandinavien

Zonengrenze	Klimazone[16])	Zeitraum	Literatur
IIa/IIb	Dryas 1/Bölling	10 500—10 300 v. Chr.	15)
IIb/IIc	Bölling/Dryas 2	10 100— 9 900 v. Chr.	15)
IIc/III	Dryas 2/Alleröd	9 900— 9 700 v. Chr.	15)
III/IV	Alleröd/Dryas 3	9 100— 8 900 v. Chr.	15)
IV/V	Dryas 3/Präboreal	8 400— 8 000 v. Chr.	15)
V/VI	Präboreal/Boreal	7 700— 6 900 v. Chr.	8), 9), 10), 14)
VI/VII	Altboreal/Jungboreal	7 100— 6 750 v. Chr.	5), 8) (Niveau BO 1c), 10), 12)
VII/VIII	Boreal/Atlantikum	6 400— 6 100 v. Chr.	5), 8) (BO 1/2 oder BO 2c), 14)
VIII/IX	Atlantikum/Subboreal	3 300— 3 000 v. Chr.	5), 6), 8), 10), 11)
IX/X	(jüngeres Subboreal)	1 100— 900 v. Chr.	1), 3), 6), 11)
X/XI	(älteres Subatlantikum)	200— 0 v. Chr.	2), 3), 5), 6), 8)
XI/XII	Alt-/Jung-Subatlantikum	900— 1 200 n. Chr.	3), 4), 5), 7), 8), 13)

1) ALETSEE (1957)
2) ALETSEE (1967)
3) AVERDIECK u. MÜNNICH (1957)
4) GEYH, SCHNEEKLOTH u. WENDT (1962)
5) KUBITZKI u. MÜNNICH (1960)
6) MENKE (1969)
7) MÜLLER u. KOHL (1966)
8) NILSSON (1964)
9) SCHNEEKLOTH (1963)
10) STRAKA (1964)
11) WILLKOMM u. ERLENKEUSER (1966)
12) WILLKOMM u. ERLENKEUSER (1968)
13) WILLUTZKI (1962)
14) VAN ZEIST (1955)
15) Mittelwerte nach TAUBER (1970), S. 180. Die Bereiche ergeben sich aus Datierungen von TAUBER (1960a, 1960b, 1962, 1966) und von VOGEL und ZAGWIJN (1967).
16) Die Definition der Klimazone deckt sich nicht in jedem Fall mit der von NILSSON (1964).

ALETSEE, L.: Über einige Korrekturen an der Zeitstellung der jüngeren Pollenzonen Nordwestdeutschlands (Ov. u. Sch. IX—XII). — Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich, 34, S. 13—18, 1957.

ALETSEE, L.: Datierungsversuch der Moorleichenbefunde von Dätgen. — Offa, Neumünster, 24, S. 79—83, 1967.

AVERDIECK, F. R. und MÜNNICH, K. O.: Palynologische Betrachtungen zur Siedlungsgeschichte im Norden Hamburgs unter Zuhilfenahme neuerer Datierungsmethoden. — Hammaburg 5, S. 9—22, 1957.

AVERDIECK, F. R.: Archiv für Hydrobiologie, in Vorb. 1972.

ERLENKEUSER, H. und WILLKOMM, H.: University of Kiel, Radiocarbon Measurements VI. — Radiocarbon 13, S. 325—339, 1971.

ERLENKEUSER, H. und WILLKOMM, H.: C^{14}-Untersuchungen an Sedimenten des Großen Plöner Sees. — Archiv für Hydrobiologie, in Vorb., 1972.

GEYH, M. A., SCHNEEKLOTH, H. und WENDT, J.: Hannover Radiocarbon Measurements II. — Radiocarbon 4, S. 137—143, 1962.

GEYH, M. A., MERKT, J. und MÜLLER, H.: ^{14}C-Datierungen limnischer Sedimente und die Eichung der ^{14}C-Skala. — Naturwissenschaften 57, S. 564—567, 1970.

GRIPP, K.: Neues über den Gipsberg und die Höhle zu Segeberg. — Heimatl. Jahrb. Kr. Segeberg 1963, S. 97—103, 1963.
HAGEL, J.: Der Segeberger Kalkberg in der Literatur. — Heimatkundl. Jahrb. für den Kr. Segeberg 1958, S. 128—145, 1958.
HÅKANSSON, S.: University of Lund, Radiocarbon Dates I. — Radiocarbon 10, S. 36—54, 1968.
HÅKANSSON, S.: University of Lund Radiocarbon Dates II. — Radiocarbon 11, S. 430—450, 1969.
HÅKANSSON, S.: University of Lund Radiocarbon Dates III. — Radiocarbon 12, S. 534-552, 1970.
KUBITZKI, K. und MÜNNICH, K. O.: Neue C^{14}-Datierungen zur nacheiszeitlichen Waldgeschichte Nordwestdeutschlands. — Ber. Deutsche Bot. Ges. 73, S. 137—146, 1960.
LÜTTIG, G.: Schleswig als Standardregion für die internationale Holozän-Stratigraphie. — Fundamenta, Reihe B, 2, S. 252—260, Köln-Graz, 1967.
MENKE, B.: Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen und Radiocarbon-Datierungen zur holozänen Entwicklung der schleswig-holsteinischen Westküste. — Eiszeitalter und Gegenwart 20, S. 35—45, Öhringen, 1969.
MÜLLER, H. M. und KOHL, G.: Radiocarbon-Datierungen zur jüngeren Vegetationsentwicklung Südostmecklenburgs. — Flora Abt. B., 156, S. 408—418, 1966.
MÜNNICH, K.-O.: Isotopen-Datierung von Grundwasser. — Naturwissensch. 55, S. 158—163, 1968.
NILSSON, T.: Standardpollendiagramme und C^{14}-Datierungen aus dem Ageröds Mosse im mittleren Schonen. — Lunds Universitets Arsskrift. N.F. Avd. 2. Bd. 59. Nr. 7., Lund, 1964.
OGDEN, J. G. und HAY, R. J.: Ohio Wesleyan University natural Radiocarbon Measurements IV. — Radiocarbon 11, S. 137—149, 1969.
OVERBECK, F. und SCHNEIDER, S.: Mooruntersuchungen bei Lüneburg und bei Bremen und die Reliktnatur von *Betula nana* in Nordwestdeutschland. — Zeitschr. f. Botanik 33, S. 1—54, 1938.
OVERBECK, F.: Die Moore Niedersachsens. — Geologie u. Lagerstätten Niedersachsens, 3, S. 112, Bremen-Horn, 1950.
SCHMITZ, H.: Die pollenanalytische Gliederung des Postglazials im Nordwestdeutschen Flachland. — Eiszeitalter und Gegenwart, 6, S. 52—94, Öhringen — Württ., 1955.
SCHMITZ, H.: Pollenanalytische Untersuchungen in Hohen Viecheln am Schweriner See. — Dtsch. Akad. d. Wiss., Berlin, Schr. d. Sekt. f. Vor- und Frühgeschichte 10, S. 14—38, 1961.
SCHNEEKLOTH, H.: 1. Das Hohe Moor bei Scheeßel (Kreis Rotenburg/Hannover). — Bertr. geol. Jb. 55, S. 1—104, 1963.
STEIN, K.: Morphologie einer Salzstocklandschaft. — Heimatkundl. Jb. f. d. Kr. Segeberg, S. 126—135, 1955.
STRAKA, H.: Relative und absolute Datierungen quartärer Ablagerungen. — Die Naturwissenschaften 48, S. 324—332, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1961.
STUIVER, M.: Yale natural Radiocarbon Measurements IX. — Radiocarbon 11, S. 545—658, 1969.
STUIVER, M.: Long-term C^{14} variations. — Radiocarbon Variations and Absolute Chronology (12. Nobel Symp.), S. 197—213, Uppsala 1970.
SUESS, H. E.: Bristlecone-pine calibration of the radiocarbon time-scale 5200 B.C. to the present. — Radiocarbon Variations and Absolute Chronology (12. Nobel Symp.), S. 303 to 313, Uppsala, 1970.
TAUBER, H.: Copenhagen Radiocarbon Dates III. — American Journal of Science Radiocarbon Suppl. 2, S. 5—11, 1960a.
TAUBER, H.: Copenhagen Radiocarbon Dates IV. — American Journal of Science Radiocarbon Suppl. 2, S. 12—25, 1960b.
TAUBER, H.: Copenhagen Radiocarbon Dates V. — Radiocarbon 4, S. 27—34, 1962.
TAUBER, H.: Copenhagen Radiocarbon Dates VII. — Radiocarbon 8, S. 213—234, 1966.
TAUBER, H.: The Scandinavian varve chronology and C^{14} dating — Nobel Symposium 12, Stockholm 1970, S. 173—196.
TEICHMÜLLER, R.: Das Oberflächenbild des Salzdoms von Segeberg in Holstein. — Zeitschr. Dtsch. Geol. Ges. 98, S. 7—29, 1948.
VOGEL, J. C., ZAGWIJN, W. H.: Groningen Radiocarbon Dates VI. — Radiocarbon 9, S. 63—106, 1967.

WILLKOMM, H.: Absolute Altersbestimmungen mit der C^{14}-Methode. — Naturwissensch. 55, S. 415—418, 1968.
WILLKOMM, H. und ERLENKEUSER, H.: University of Kiel Radiocarbon Measurements I. — Radiocarbon 8, S. 235—388, 1966.
WILLKOMM, H. und ERLENKEUSER, H.: University of Kiel Radiocarbon Measurements III. — Radiocarbon 10, S. 328—332, 1968.
WILLUTZKI, H.: Zur Waldgeschichte und Vermoorung sowie über Rekurrenzflächen im Oberharz. — Nova Acta Leopoldina N. F. 25/160, 52 S., Leipzig 1962.
YAMASAKI, F., HAMADA, T. und HAMADA, CH.: Riken natural Radiocarbon Measurements VI. — Radiocarbon 12, S. 559—576, 1970.
VAN ZEIST, W.: Some Radiocarbon Dates from the Raised Bog Near Emmen (Netherlands). — — Palaeohistoria 4, S. 113—118, Groningen — Djakarta 1955.