

Untersuchungen zur spätglazialen und frühpostglazialen Vegetationsgeschichte Ostfrieslands ¹⁾

(Mit einem Beitrag zur Gliederung des Präboreals)

VON KARL-ERNST BEHRE, Wilhelmshaven

Mit 1 Tafel, 6 Abbildungen und 2 Tabellen

Zusammenfassung. An Hand eines eng analysierten Standard-Pollendiagramms von Westrhauderfehn (Ostfriesland) werden der Vegetationsablauf und die Klimaentwicklung vom Bölling-Interstadial bis zum Ende des Boreals dargelegt. Neben dem floristischen Bild wird besonderer Wert auf das Verhalten der *Pinus*-Kurve im Alleröd gelegt. Als Ergänzung hierfür wurde ein 2. Pollendiagramm bearbeitet und eine ¹⁴C-Datierung beigefügt. Das Alleröd ist in Ostfriesland klar zweigegliedert in eine kühlere Birkenphase und eine wärmere Birken-Kiefernphase mit nur einem Kiefernvorstoß. Die Kiefer hat die jüngere Tundrenzeit in der Nähe überdauert.

Zur ersten Wiederbewaldung im Präboreal ergaben sich neue Aspekte. Am Beginn des Präboreals wurde eine kurzfristige Erwärmung mit Kiefernvorstoß erfaßt und nach Vergleich mit anderen Pollendiagrammen mit der Arbeitsbezeichnung „Friesland-Schwankung“ versehen. Der darauffolgende leichte Kälterückschlag wird mit der alpinen Piottino-Schwankung (nach ZOLLER 1960) parallelisiert. Dadurch ergibt sich eine Gliederung des Präboreals wie folgt:

- c endgültige Erwärmung
- IV b Piottino-Schwankung (Stadial)
- a Friesland-Schwankung (Interstadial)

Die hydrographische und trophische Entwicklung eines spät- und frühpostglazialen Sees wird aufgezeigt, und durch die Verknüpfung seiner Sedimente mit den ausgedehnten Flugsanddecken dieses Gebietes werden letztere in die ältere und jüngere Tundrenzeit datiert.

Summary. The vegetational succession and the development of climate from the Bölling interstadial to the end of the Boreal period in Ostfriesland (N. W. Germany) are shown by means of a closely analysed standard pollen diagram from Westrhauderfehn. Besides the floristic picture great stress was laid on the evolution of the *Pinus* curve in the Alleröd period. As supplement another pollen diagram of that time was worked out and a ¹⁴C-dating added.

The Alleröd period in Ostfriesland is clearly divided into two: a colder birch phase and a temperate birch-pine-phase with only one advance of *Pinus*. This tree has survived the Younger *Dryas* period near by.

New aspects were won about the first reappearance of the forest in the Preboreal period. A short-lived improvement of the climate at the beginning of that time together with an advance of *Pinus* was discovered and, after comparison with other pollen diagrams, it was given the name "Friesland-oscillation".

The following slight deterioration of the climate corresponds to the alpine Piottino oscillation (after ZOLLER 1960). Thus the Preboreal period can be divided into three sections:

- c final improvement
- IV b Piottino oscillation (stadial)
- a Friesland oscillation (interstadial)

The hydrographic and trophic evolution of a Late- and early Post-glacial lake is described, and by linking its sediments with the coversands of the surrounding these sands can be dated back into the Older and Younger *Dryas* period.

¹⁾ Vortrag, gehalten vor der Arbeitsgemeinschaft nordwestdeutscher Geologen im Juni 1965 in Flensburg.

I n h a l t

	Seite
A. Einleitung	70
B. Zur Landschaft des Untersuchungsgebietes	70
C. Untersuchungsmethodik und Darstellung	71
D. Die spät- und frühpostglaziale Vegetations- und Klimaentwicklung	72
Abschnitt I Bölling und ältere Tundrenzeit	72
„ II Alleröd	73
„ III Jüngere Tundrenzeit	75
„ IV Präboreal mit Friesland-Schwankung	75
„ V Boreal	77
E. Zum Vorkommen einiger seltener Arten	78
F. Die Entwicklung des spätglazialen Sees und das Alter der Flugsanddecken	80
G. Literaturverzeichnis	83

A. Einleitung

In den Jahren seit dem letzten Weltkrieg ist in den benachbarten Niederlanden von verschiedenen Autoren, besonders durch VAN DER HAMMEN (1951), ein recht detailliertes Bild über den Verlauf der Vegetationsentwicklung während des Spätglazials entworfen worden. Demgegenüber stehen uns aus dem nordwestdeutschen Flachland nur wenige und zumeist ältere Untersuchungen für diese Zeit zur Verfügung. Besonders in Ostfriesland waren die spätglaziale und der ältere Teil der postglazialen Vegetationsgeschichte noch so gut wie unbekannt. Als deshalb im Zuge von Kultivierungsarbeiten bei Westrhau der fehn, Kreis Leer (Abb. 1), eine entsprechende Schichtenfolge angeschnitten wurde, gab sie dem Verfasser die Möglichkeit, auch für Niedersachsen ein modernes Pollendiagramm für diese Zeit anzufertigen und dabei besonders der Klima- und Vegetationsentwicklung zu Beginn des Postglazials genauer nachzugehen. Durch diesen Aufschluß inmitten der ausgedehnten Flugsanddecken bei Westrhau der fehn ergab sich auch für deren Bildung eine einfache Datierungsmöglichkeit.

Ein weiterer Anlaß für diese Untersuchung war der dringende Bedarf, zur Datierung von prähistorischen Fundhorizonten und von Basistorfen im Küstengebiet ein eng analysiertes Pollendiagramm als Standarddiagramm für die voratlantischen Zeitabschnitte zu besitzen, nachdem ein solches für die jüngeren Abschnitte aus Tannenhausen (GROHNE 1957) vorlag.

Die Entdeckung des Fundplatzes erfolgte durch die Aufmerksamkeit von Hauptlehrer LÖNING, Westrhau der fehn. Ihm sowie Bohrmeister H. ANDREWS danke ich für die Hilfe bei den Arbeiten im Gelände. Direktor Dr. W. HAARNAGEL danke ich für die freundliche Unterstützung mit den Mitteln des Institutes. Ebenfalls bin ich Dr. H.-J. BEUG, Göttingen, für die Erlaubnis zur Einsichtnahme in die dortige Pollen- und Literatursammlung zu Dank verpflichtet.

Durch freundliche Vermittlung von Reg.-Geol. Dr. G. LÜTTIG führte Dipl.-Phys. M. A. GEYH im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung zwei ¹⁴C-Bestimmungen aus, wofür ich auch an dieser Stelle danken möchte.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für die Unterstützung der Untersuchungen.

B. Zur Landschaft des Untersuchungsgebietes

Ostfriesland und das nördliche Oldenburg werden beherrscht vom oldenburgisch-ostfriesischen Höhenrücken, der etwa von Oldenburg über Wiesmoor bis zur Stadt Norden verläuft. Er besteht im Kern aus oft stark verwittertem Grundmoränenmaterial der Saale-Vereisung sowie am Südrand aus stellenweise zutage tretenden Talsanden. Während im O und NO die Grundmoräne im allgemeinen ansteht, ist sie auf dem Kamm zu-

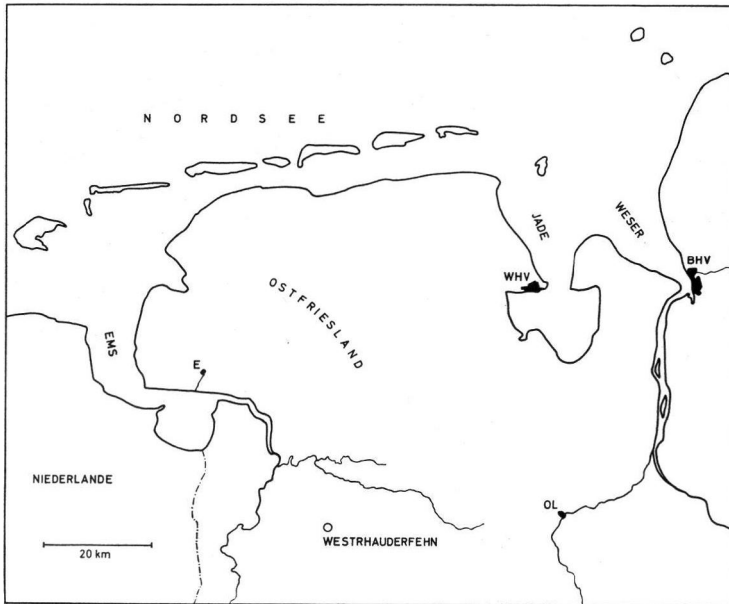


Abb. 1. Die Lage des Untersuchungsgebietes. E Emden, BHV Bremerhaven, OL Oldenburg, WHV Wilhelmshaven.

meist von ehemals sehr ausgedehnten Hochmooren verdeckt und am SW-Abfall dazu von weiten Flugsanddecken überlagert.

Nach S hin begrenzt das Tal der Leda-Jümme diesen Höhenzug und trennt dabei die Geest des Oberledingerlandes ab. Diese umfaßt den Ostteil der reiderländisch-oberledinger Stauchmoräne nach WILDVANG (1938). An sie schließt sich nach SO hin das Gebiet von Westrauderfehnen an. Zuunterst liegen hier ausgedehnte Talsandflächen, die aber nur selten anstehen und fast lückenlos von Flugsanddecken unterschiedlicher Mächtigkeit überlagert sind. Zum größten Teil sind die Flugsande von heute weitgehend abgetorfem Hochmoor überwachsen, zum Teil bilden sie jedoch noch ausgedehnte unvermoorte Flächen, wie zum Beispiel an der Probenentnahmestelle in Hahnentange im Südteil der Gemarkung Westrauderfehnen.

Die Oberfläche dieser Flugsanddecken ist nicht eben, sondern verläuft zumeist in langen Wellen, zwischen denen stellenweise flache Hohlformen liegen, die ebenfalls vermoort waren. Aus einer solchen stammt das untersuchte Hauptprofil, dessen jüngerer Teil (einige Meter) dem Abtorfen zum Opfer gefallen ist. Dünen sind in der näheren Umgebung nicht ausgebildet.

C. Untersuchungsmethodik und Darstellung

Die Profile für die Pollenanalyse wurden im Herbst 1963 an gesäuberten Stichwänden in Zinkkästen entnommen. Die Proben wurden in KOH gekocht und dann dem üblichen Azetolyseverfahren unterworfen. Alle Proben mit Sand und Schluff wurden mit kalter 45%iger HF behandelt.

Die Pollenuntersuchungen wurden mit einem Zeiß-Standard-Mikroskop (Neofluar 40/0,75 und Apochromat 100/1,32), die Phasenkontrastuntersuchungen mit Ph 100/1,32 durchgeführt. Jede Probe des Haupt-Pollendiagrammes (Abb. 2) wurde auf mindestens 1000 Pollenkörner (Pk) ausgezählt, um auch seltene Pollentypen zu erfassen. Darüber-

hinaus wurden jeweils einige weitere Präparate mit schwächerer Vergrößerung nach selteneren Typen abgesucht. Wichtige Pollenkörner wurden zum Beleg als Einzelkornpräparate (nach der Methode von BEUG 1957) zurückbehalten.

Die Darstellung der Pollendiagramme (Abb. 2—4) erfolgte in Form von Gesamtdiagrammen. Die Prozentwerte aller Pollen- und Sporentypen einer Probe beziehen sich auf die Gesamtpollensumme ($\Sigma P1$) unter Ausschluß der Sumpf- und Wasserpflanzen sowie der Sporen. Die $\Sigma P2$ umfaßt diese Gesamtsumme $\Sigma P1 +$ Sumpf- und Wasserpflanzen (ohne Sporen). In beiden Pollendiagrammen sind zur Verdeutlichung verschiedene Maßstäbe verwandt worden.

Soweit Pollenkörner nicht im Zählgang, sondern erst bei weiterer Nachsuche ermittelt wurden, sind keine Prozentwerte, sondern ein | für einmaliges und ein + für mehrfaches Vorkommen außerhalb der Zählung angegeben. Alle nicht im Haupt-Pollendiagramm verzeichneten Pollentypen finden sich in Tabelle 2. Die Tiefenangaben im Haupt-Pollendiagramm (Abb. 2) sind cm unter Oberfläche, die römischen Ziffern geben die Pollenzonen nach FIRBAS (1949) an. Großreste wurden aus allen Horizonten gesammelt und werden noch bearbeitet.

Die Glühverlustbestimmungen (Abb. 5) wurden wie folgt durchgeführt: Bei 110° C wurden die Proben über Nacht getrocknet und anschließend im Porzellantiegel 2 Stunden in der heißen Bunsenflamme geglüht. Die Werte des mineralischen Anteils sind, wie üblich, auf die Trockensubstanz bezogen und schließen auch die Torfasche mit ein.

Alle Bohrungen zur Erfassung des Seebeckens (Abb. 6) sind Handbohrungen mit dem SCHÜTTE-Bohrer. Die senkrechten Striche in Abb. 6 geben die Bohrungen an, deren Abstand bis auf die beiden westlichen je 10 m beträgt. Die dicke Querlinie über dem Seggentorf in Abb. 6 gibt die Untergrenze der Abtorfung an. Der daraufliegende *Sphagnum*-Torf ist viel jünger und wurde, wie üblich, beim Abtorfen dort abgelegt.

D. Die spät- und frühpostglaziale Vegetations- und Klimaentwicklung

Abschnitt I (nach FIRBAS 1949): Bölling und ältere Tundrenzeit

Zur Beurteilung, ob und in welchem Grade eine Landschaft bewaldet war, dient weitgehend das Verhältnis der Nichtbaumpollen (NBP) zu den Baumpollen (BP) und die Zusammensetzung beider. Im untersten Abschnitt des Haupt-Pollendiagramms von Westrhauderfehn (Abb. 2) dominieren die NBP deutlich über die BP. Zwar können die Cyperaceen zum großen Teil aus der Lokalfloora stammen, doch ist ihr Kurvenverlauf bezeichnenderweise dem der Gramineen auffallend ähnlich. Die BP setzen sich nur aus wenigen Typen zusammen: *Betula*, *Salix*, *Juniperus* und *Pinus*. Bei den ersteren beiden dürfte es sich dabei vorherrschend um die Zwergbirke (*Betula nana*) und verschiedene Kriechweiden handeln. *Pinus* ist sicher fernverweht. Das Pollendiagramm zeigt also für den Abschnitt I eine Tundrenvegetation, in die vermutlich die ersten Baumbirken einwanderten.

Die NBP lassen deren Zusammensetzung deutlich erkennen. Neben den damals allgemein stark vertretenen Gattungen *Artemisia*, *Thalictrum*, *Rumex*, *Helianthemum*, *Potentilla*, *Selaginella* u. a. konnten in Westrhauderfehn auch einige seltener Spätglazialtypen nachgewiesen werden wie z. B. *Ephedra*, *Gypsophila*, *Polemonium*, *Sanguisorba minor* und *officinalis* sowie *Armeria*.

Bei der Betrachtung der Kurven der NBP und von *Betula* erscheint es wahrscheinlich, daß in den untersten Proben (1—3) noch die Bölling-Schwankung erfaßt ist. Dafür spricht auch der *Salix*-Gipfel in Verbindung mit dem *Juniperus*-Höhepunkt zu Beginn von Ic (vgl. v. D. HAMMEN 1951). Doch läßt sich die Trennung in Ib und Ic im vorgelegten Diagramm nicht völlig eindeutig belegen.

Deutlich ausgeprägt erscheint die *Juniperus*-reiche Phase gegen Ende von I. Sie geht der Ausbreitung des Waldes voraus (s. IVERSEN 1954, S. 103). In erster Linie durch Beschattung geht der stark lichtbedürftige *Juniperus* dann rasch zurück. Das *Juniperus*-Maximum zu Ende von I entspricht ganz den Ergebnissen aus den Niederlanden (v. D. HAMMEN 1951, POLAK 1959, CASPARIE & v. ZEIST 1960), während in Dänemark das *Juniperus*-Maximum an der Wende III/IV liegt (IVERSEN 1954).

Die Grenze I/II ist sehr klar durch den steilen Anstieg der BP gekennzeichnet.

Abschnitt II: Alleröd

Das Alleröd ist im Hauptdiagramm (Abb. 2) als Gytja ausgeprägt. Während dieses Abschnittes griff die Vermoorung auf die den See umgebenden Flugsande über und bildete ein kräftiges Torfband aus (s. S. 82). Aus diesem etwa 30 cm starken Torfprofil stammt das Neben-Pollendiagramm Westrhauderfehn II (Abb. 3), das nur das Alleröd enthält.

Der steile Anstieg der *Betula*-Kurve zu Anfang des Alleröds zeigt den Beginn der Bewaldung durch Baumbirken an. Ihre rasche Ausbreitung drückt in den Pollendiagrammen fast alle übrigen Kurven nach unten. Der Reichtum an Kräutern in der älteren Tundrenzeit geht durch die Beschattung stark zurück, wie aus den Diagrammen ersichtlich ist. Lediglich die etwas stärker thermophile *Filipendula* breitet sich jetzt stärker aus. Die Vegetationsdecke schließt sich, was sich im Aufhören der Sandeinschwemmung zeigt (vgl. Abb. 5). Im See herrschen *Myriophyllum*, *Nuphar* und *Potamogeton*, um ihn herum Braunmoose, *Menyanthes* und *Carex*.

Kurz nach dem Beginn der geschlossenen Ericaceen-Kurve erfolgt die Ausbreitung von *Pinus* auf Kosten von *Betula*. Durch enge Probenfolgen wurde der Frage nach dem Verlauf der *Pinus*-Kurve im Alleröd genauer nachgegangen. Im weiteren Umkreis des Untersuchungsgebietes wurde bisher lediglich von CASPARIE & v. ZEIST 1960 ein doppelter Kiefernvorstoß beschrieben und mit der dänischen Allerödgliederung (KROG 1954 und IVERSEN) verglichen. Normalerweise zeigen die Pollendiagramme aus Norddeutschland und den Niederlanden eine eingipflige *Pinus*-Kurve, gelegentlich mit einem Absatz nach dem ersten *Pinus*-Anstieg, bevor es zum eigentlichen Gipfel kommt. Die meisten vorliegenden Pollendiagramme sind aber zu grob, um feinere Aussagen zu ermöglichen. Die dichten Probenfolgen in Verbindung mit der hohen Pollenzählung in Westrhauderfehn zeigen, daß es in unserem Gebiet nur einen *Pinus*-Vorstoß gegeben hat. Dann dürfte der zweifache *Pinus*-Gipfel von Waskemeer (CASPARIE & v. ZEIST 1960) wohl auf lokale Ursachen zurückzuführen sein. Zudem liegt in Waskemeer der erste *Pinus*-Vorstoß m. E. zu spät, um ihn mit dem ersten Allerödabschnitt in Dänemark parallelisieren zu können. In Westrhauderfehn haben wir also eine Zweigliederung des Alleröds in eine kühlere Birkenphase IIa und eine wärmere Birken-Kiefernphase IIb (wie bei STEINBERG 1944, OVERBECK 1949). Diese Trennung zeigt sich nicht nur im Verhältnis *Betula/Pinus*, sondern ebenfalls deutlich in der *Filipendula*-Kurve (Abb. 2).

Zur ^{14}C -Datierung des Beginns des *Pinus*-Anstieges habe ich eine Torfprobe zwischen den Proben 61 und 62 des Profils in Abb. 3 entnommen und dem Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung in Hannover zugeschickt. Dipl.-Phys. M. A. GEYH möchte ich für die Durchführung der Bestimmung auch an dieser Stelle verbindlichst danken.

Die ^{14}C -Datierung ergab:

Hv 736 ML = 10890 ± 210 Jahre vor 1950 (das entspricht 8940 ± 210 v. Chr.).

Es ist zu hoffen, daß durch weitere ^{14}C -Datierungen bald ein exakter Vergleich zwischen der dänischen und der mitteleuropäischen Allerödgliederung möglich wird.

In der Birken-Kiefernphase des Alleröds macht sich schon bald die erneute Auflockerung der Wälder bemerkbar. Der mineralische Anteil am Sediment nimmt zu (Abb. 5), die NBP steigen an, und mit dem endgültigen Kiefernabfall endet der Abschnitt II.

WESTRHAUDERFEHN II

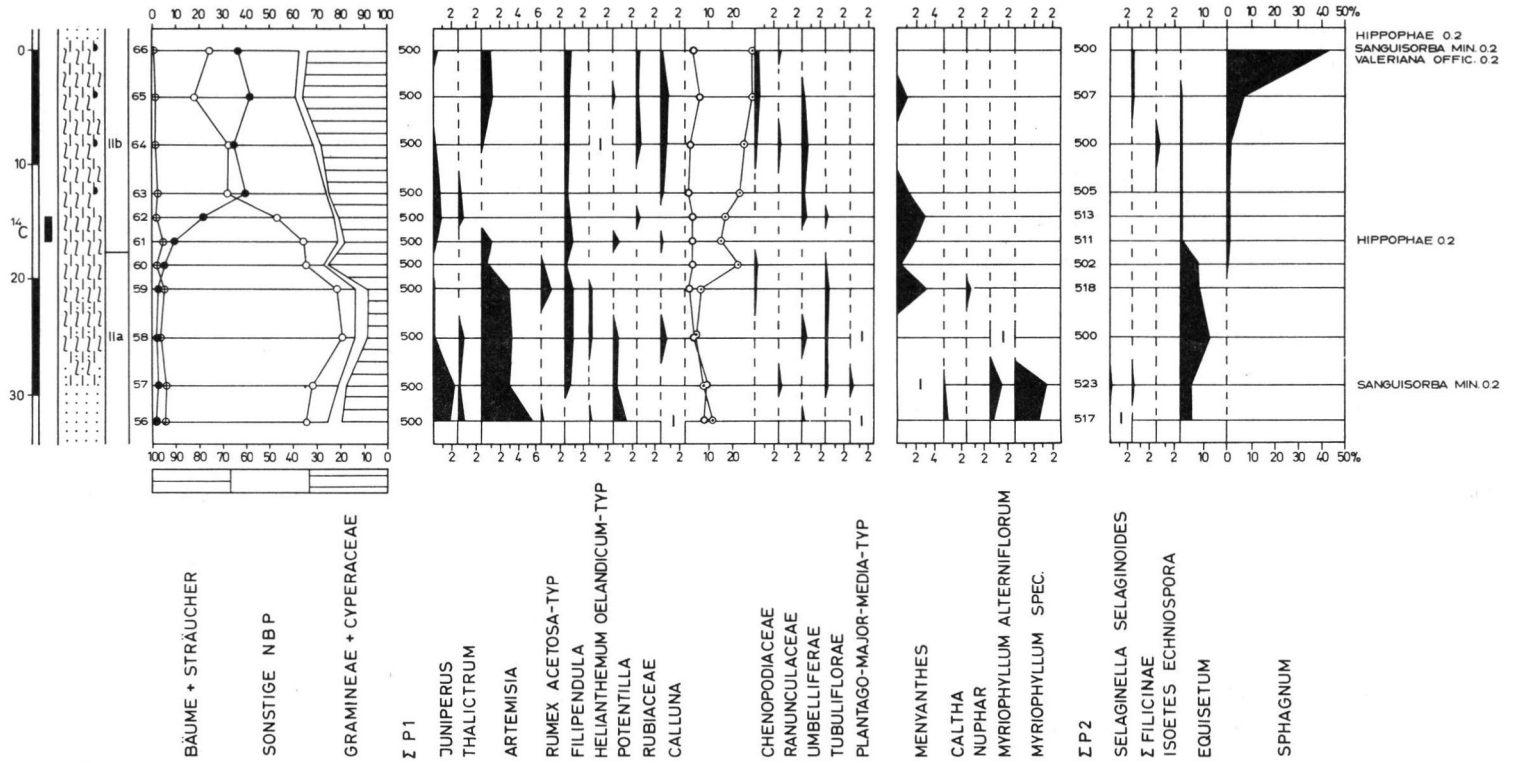


Abb. 3, Pollendiagramm des Allerödtores in Westrhauderfehn (*Carex*- und *Menyanthes*-reicher Braunmoostorf, in Flugsand eingeschlossen). Zeichenerklärung siehe Abb. 4!

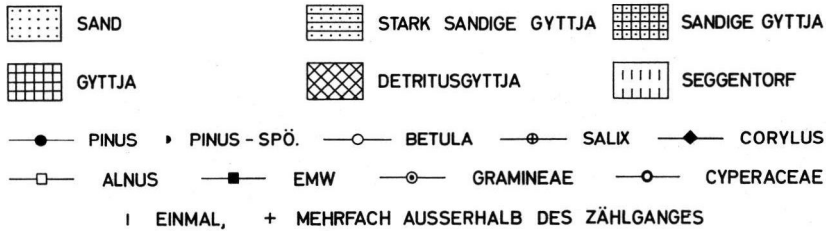


Abb. 4. Legende zu Abb. 2 und 3.

Abschnitt III: Jüngere Tundrenzeit

Die kräftige Ausbreitung der Kräuter und Zwergsträucher, verbunden mit der starken Einwehung von Sand in den untersuchten See, bezeugt die erneute weitgehende Entwaldung unseres Gebietes. Dabei treten wiederum besonders lichtliebende Pflanzen, wie *Juniperus*, *Artemisia* und jetzt auch in starkem Maße *Empetrum* und *Calluna* auf. Die letzteren zeigen, daß die Böden gegenüber Abschnitt I ausgelagert und stark versauert sind (vgl. S. 82). Aus dem gleichen Grunde erscheint *Helianthemum* im Gegensatz zur älteren Tundrenzeit in Abschnitt III nur noch sporadisch und *Hippophaë* gar nicht mehr. *Selaginella* verläuft wie im Abschnitt I in geschlossener Kurve. Die relativ termophile *Filipendula* verschwindet wieder fast ganz (vgl. dazu IVERSEN 1954, S. 98). Das floristische Bild ist ähnlich, aber nicht ganz so reich wie in der älteren Tundrenzeit. Die gegenüber anderen norddeutschen Pollendiagrammen sehr starke Ausbreitung von *Empetrum* beruht auf zwei Faktoren: einmal wird sie begünstigt durch die ausgedehnten Dünen- und Flugsande dieses Gebietes, die während dieses Abschnittes noch weiter umgelagert werden, zum anderen dürfte der relativ stärkere ozeanische Einfluß fördernd gewesen sein (vgl. v. D. HAMMEN 1951). Wir haben uns zu dieser Zeit eine zwergstrauchreiche Tundrenvegetation vorzustellen, in der aber einige Baumbirken sowie vereinzelt auch Kiefern noch gediehen (s. u.). Für beides sprechen die Pollenwerte, für *Pinus* auch der mehrfache Fund von Spaltöffnungen, die allerdings auch umgelagert sein können. Mit der erneuten Abnahme der NBP erreicht die *Juniperus*-Kurve ein zweites Maximum, das jedoch ähnlich wie in Holland längst nicht so ausgeprägt ist wie in Abschnitt I (vgl. S. 83).

Der Abfall der NBP zusammen mit dem korrespondierenden Anstieg der BP, besonders von *Pinus*, ergibt die Grenze gegen IV.

Abschnitt IV: Präboreal mit Friesland-Schwankung

Im Präboreal findet die endgültige Erwärmung und Wiederbewaldung unseres Gebietes statt. Diese konnte zunächst nur durch die Arten erfolgen, welche die jüngere Tundrenzeit am Ort oder in der Nähe überdauert haben, das sind *Betula* und *Pinus*. Lediglich die ökologisch ähnliche *Populus* tritt gleich zu Beginn von IV hinzu. Sehr bemerkenswert ist nun der Vorstoß von *Pinus* gleich zu Beginn des Abschnittes. Unter anderem stützt er die Annahme, daß dieser Baum in Ostfriesland auch während der jüngeren Tundrenzeit stellenweise vorhanden war. Mit dem Anstieg der *Pinus*-Kurve sinken die NBP-Werte sowie *Juniperus* rapide ab. Doch kurz darauf gehen die *Pinus*-Werte erneut auf ihren alten Stand zurück, während gleichzeitig die NBP einschl. *Empetrum* sowie *Juniperus* für eine Übergangsperiode wieder ansteigen und erneut eine teilweise offene Vegetation bezeugen. Auch *Viburnum* ließ sich hier in einer Probe nachweisen. Erst danach beginnt die endgültige Ausbreitung von *Pinus* und der letztmalige Abfall der NBP.

Bei einem solchen Diagrammverlauf wäre es zwar theoretisch möglich, daß er auf Pollenlagerung beruht. Das ist jedoch mit Sicherheit nicht der Fall. Denn einmal liegt der Sedimentwechsel vom vorherrschend minerogenen zum vorwiegend organogenen Anteil bereits an der Zonengrenze III/IV, und vor allem fehlen Sekundärpollen in diesem

Abschnitt fast ganz. In den in Frage kommenden sieben Proben 26—32 fanden sich insgesamt nur 3 sicher umgelagerte Pollenkörner unter 8683 gezählten.

Somit scheint mir dieser Kiefernvorstoß nur klimatisch erklärbar zu sein. Da er sehr kurzfristig war, wurde er in den bisher vorliegenden, meist mit recht großem Probenabstand analysierten Präborealdiagrammen kaum richtig erfaßt. Eine ähnliche Schwankung vor dem eigentlichen Kiefernanstieg findet sich in Waskemeer (CASPARIE & v. ZEIST 1960) und ist, obwohl der darauf folgende Rückschlag nicht so deutlich ausgeprägt ist, höchstwahrscheinlich synchron. Da diese kurze Wärmeschwankung mit dem *Pinus*-Vorstoß sich sowohl in Ostfriesland (Westrhauderfehn) wie auch in Westfriesland (Waskemeer) bemerkbar macht, möchte ich ihr die Arbeitsbezeichnung „Friesland-Schwankung“ geben. Damit käme man zu einer Dreiteilung des Präboreals in

IVa (Probe 26—28) Friesland-Schwankung (Erwärmung)

IVb (Probe 29—32) erneute Abkühlung („jüngste Parktundrenzeit“)

IVc (Probe 33—36) endgültige Erwärmung.

Ob diese leichte Klimaschwankung ein größeres Gebiet betroffen hat, müssen zukünftige Feinuntersuchungen des Präboreals zeigen. Wahrscheinlich wurde sie in unserem Gebiet in den Pollendiagrammen Stellmoor (SCHÜTRUMPF 1943; recht typisch) und Belle Croix (v. D. HAMMEN 1951) bereits erfaßt.

Wenngleich man mit der Konnektierung solcher kleinerer Klimaschwankungen über größere Entfernungen überaus vorsichtig sein muß, möchte ich doch auf ähnliche Verhältnisse im Alpengebiet hinweisen. Hier hat ZOLLER (1960) für das Tessin, fußend auf WELTEN (1958) im Wallis und Berner Oberland und bestätigt von BEUG (1964) für das Gardasee-Gebiet, eine vergleichbare Gliederung des Präboreals aufgezeigt. Er konnte einen deutlichen Kälterückschlag im Präboreal, die sogenannte Piottino-Schwankung, nachweisen und mit Hilfe von ^{14}C -Bestimmungen auf die Zeit von 8100 bis 7700 v. Chr. datieren. Da für den Beginn des Präboreals nach zahlreichen ^{14}C -Bestimmungen 8300 v. Chr. allgemein anerkannt ist, entspricht die Piottino-Schwankung zeitlich recht gut dem Abschnitt IVb von Westrhauderfehn (Tabelle 1).

Tabelle 1

Abschnitte nach FIRBAS		Jahre v. Chr.	
	Atlantikum	5500	
V	Boreal	6800	
		7700	c endgültige Erwärmung
IV	Präboreal	8100	b „Piottino-Schwankung“ (Stadial)
		8300	a „Friesland-Schwankung“ (Interstadial)
III	jüngere Tundrenzeit	8700	
II	Alleröd		b
			a
		10000	
			c
I	ältere Tundrenzeit		b Bölling-Interstadial
			a

Die Ursache dafür, daß die Friesland-Schwankung nicht früher bekannt geworden ist, liegt in zwei Gründen: einmal ist bei uns das Präboreal von den Pollenanalytikern bisher recht schlecht behandelt worden, denn die meisten Pollendiagramme haben nur sehr wenige Spektren aus dem Präboreal, die zudem häufig nicht sehr weit ausgezählt sind und nicht immer den ganzen Abschnitt umfassen. So lassen sich feinere Schwankungen aus ihnen nicht ablesen. Leider hat auch die umfassende Arbeit von JÖRGENSEN (1963) das Präboreal wohl nie ganz erfaßt.

Zum anderen zeigt sich eine Klimaschwankung immer am deutlichsten in den Grenzgebieten verschiedener Vegetationseinheiten oder Pflanzenareale, da sich deren Grenzen dort verschieben, während besonders eine geringe Klimaschwankung sich innerhalb eines breiten Vegetationsgürtels kaum bemerkbar macht.

Entsprechendes zeigt auch die ZOLLER'sche Piottino-Schwankung. Sie ließ sich am sichersten in einer Höhenlage fassen, die während dieser Zeit von der Waldgrenze passiert wurde: das war der Piottino-Riegel. In dem Pollendiagramm vom Origliose war diese Schwankung nur sehr schwach ausgeprägt, und in den Diagrammen aus dem nördlichen Alpenvorland ist sie überhaupt nicht erkennbar (G. LANG 1962, A. BERTSCH 1961).

So kann die deutliche Ausprägung der Friesland-Schwankung in Westrhauderfehn durch eine solche Grenzlage bedingt sein. Und zwar wird der Grenzbereich geprägt von der zu Beginn des Präboreals ähnlich wie im Alleröd vordringenden Kiefer, deren Wälder wahrscheinlich inselartig zunächst die ihnen günstigsten Böden einnahmen. Im Verlauf des Kälterückschlages zog sich die Kiefer wieder zurück, und es breiteten sich vor allem *Juniperus*, *Empetrum* und Kräuter neben der Birke wieder aus. Auch *Hippophaë*, *Helianthemum* und sogar *Gypsophila* erscheinen noch einmal. Das zeigt, daß nicht nur die ehemaligen Kiefernflächen von der Birke besetzt wurden, sondern daß es stellenweise erneut zur Bildung offener Vegetation mit Zwergsträuchern und Kräutern kam. Dieser Typ dürfte besonders auf den die Profilstelle umgebenden spätglazialen Flugsandflächen mit ihren armen Böden verbreitet gewesen sein.

Die Vegetationsdecke als solche muß im Untersuchungsgebiet aber zu dieser Zeit geschlossen geblieben sein, sonst hätten sich in der Gytta deutliche Sandeinwehungen zeigen müssen. Der aus den Glühverlustbestimmungen (Abb. 5) ersichtliche mineralische Anteil beruht jedoch im Abschnitt IV fast ausschließlich auf Ton und Schluff.

Abschnitt V: Boreal

Während die obere Grenze des Boreals pollenanalytisch durch den Anstieg von Eichenmischwald (EMW) und *Alnus* meist gut zu ziehen ist, muß man bei der Grenze IV/V vorsichtiger vorgehen. OVERBECK (1950) nimmt als Kriterium für die Zonengrenze Präboreal/Boreal den Anstieg der *Corylus*-Kurve, SCHMITZ (1953) fügt die empirische EMW-Grenze hinzu. Zum gleichen Zeitpunkt setzt die Hauptausbreitung von *Pinus* ein, die zu ihrem postglazialen Maximum in unserem Gebiet führt. Von diesen Kriterien ist die Haselkurve das unsicherste. ALETSEE (1959, S. 31) hat zusammengestellt, wie stark der Anstieg von *Corylus* selbst innerhalb kleiner Räume verzögert sein kann. In Ostfriesland müssen wir nach den bisher vorliegenden Untersuchungen (GROHNE 1957) ebenfalls damit rechnen (Diagramm Hilgenrieder Bucht B. 68). Schon das Pollendiagramm Huxfeld (OVERBECK 1949) weist darauf hin. In Westrhauderfehn ist der *Corylus*-Anstieg sehr deutlich verzögert und entfällt damit für die Großgliederung des Pollendiagrammes. Der Beginn des Boreals wird deshalb dort angesetzt, wo die *Pinus*-Dominanz beginnt und gleichzeitig die empirische Grenze des EMW (vorwiegend *Ulmus*) liegt. Die geschlossene Haselkurve nimmt hier ebenfalls ihren Anfang.

Das Boreal wird in seinem ganzen Verlauf von *Pinus* beherrscht, der sich etwas verzögert, wie erwähnt, *Corylus* hinzugesellt. *Betula* geht bald auf etwa 10% des Gesamtpollens zurück. Das Waldkleid ist völlig geschlossen, und allmählich erscheinen die wär-

meliebenden Bäume. *Ulmus* und *Quercus* haben zwar an der Wende IV/V ihre empirische Grenze, bleiben aber bis zur Mitte des Boreals unter 50/00, und zwar ist *Ulmus* meist häufiger als *Quercus*. In der zweiten Hälfte des Boreals erreicht der EMW dann höhere Werte und beginnt seine Hauptausbreitung gemeinsam mit dem plötzlichen Steilanstieg von *Alnus* am Übergang zum Atlantikum. In den oberen Proben (Nr. 52—55) des Boreals erscheint regelmäßig auch *Tilia*.

Die Aufgliederung des Boreals in einen kiefernreicheren (Va nach FIRBAS, 6 nach OVERBECK) und einen hasel- und EMW-reichen Abschnitt (Vb nach FIRBAS, 7 nach OVERBECK) wird bei den verschiedenen Autoren nach etwas unterschiedlichen Gesichtspunkten vorgenommen. Ich habe für Westrhaderfehn die erstmalige Überkreuzung von *Pinus* durch *Corylus* gewählt, mit der die eigentliche Kiefernphase abgeschlossen wird. Gleichzeitig findet eine deutliche Vermehrung des EMW statt.

Wichtig für die Beurteilung der Temperaturverhältnisse ist seit IVERSEN (1944) besonders das Auftreten von *Hedera* und *Viscum*. In Westrhaderfehn erscheinen beide bereits im jüngeren Boreal, *Hedera* mit 6 und *Viscum* mit 4 Pollenkörnern. Während *Hedera* um diese Zeit auch anderswo in Niedersachsen usw. erstmals auftritt (vgl. die Zusammenstellung bei KUBITZKI 1961), ist *Viscum* bisher im Boreal im westlichen Norddeutschland, Holland etc. noch nicht nachgewiesen. Offenbar war aber auch hier die Sommerwärme bereits um diese Zeit so hoch, daß *Viscum* schon gedeihen konnte.

E. Zum Vorkommen einiger seltener Arten

Alle nicht im Haupt-Pollendiagramm (Abb. 2) verzeichneten Arten sind in Tab. 2 vermerkt. Im Neben-Pollendiagramm (Abb. 3) sind folgende Pollenfunde nicht eingetragen: *Alnus* (Probe 58: 0,20%), *Batrachium* (65: 0,2), *Caryophyllaceae* (59: 0,2; 64: 0,2), *Corylus* (66: 0,2), *Empetrum* (60: 0,6; 61: 0,4; 63: 0,2; 64: 0,6), *Papilionaceae* (66: 0,2), *Potamogeton* (56: 0,2), *Quercus* (61: 0,2; 66: 0,4), *Urtica* (66: 0,2).

Pilularia (globulifera) (Taf. I, Fig. 1-3): Sporenfunde von *Pilularia* sind mir aus der pollenanalytischen Literatur mit Ausnahme des Nachweises einer Makrospore aus dem irischen Kilbeg-Interglazial (MITCHELL 1953, zit. n. GODWIN 1956) nicht bekannt geworden, obwohl sie leicht kenntlich sind. Trotzdem gehört *Pilularia* zu den ältesten Vertretern unserer Flora, wie die Funde von Westrhaderfehn zeigen. Hier wurden 16 Mikrosporen dieser oligotraphenten Art nachgewiesen und zwar ausschließlich im Präboreal (vgl. S. 82).

Ephedra (Taf. I, Fig. 5): Von diesem spätglazialen Strauch wurden 7 Pk in den Abschnitten I, II (aus nicht veröffentlichten Proben) und III gefunden. Sie verteilen sich auf die Typen wie folgt:

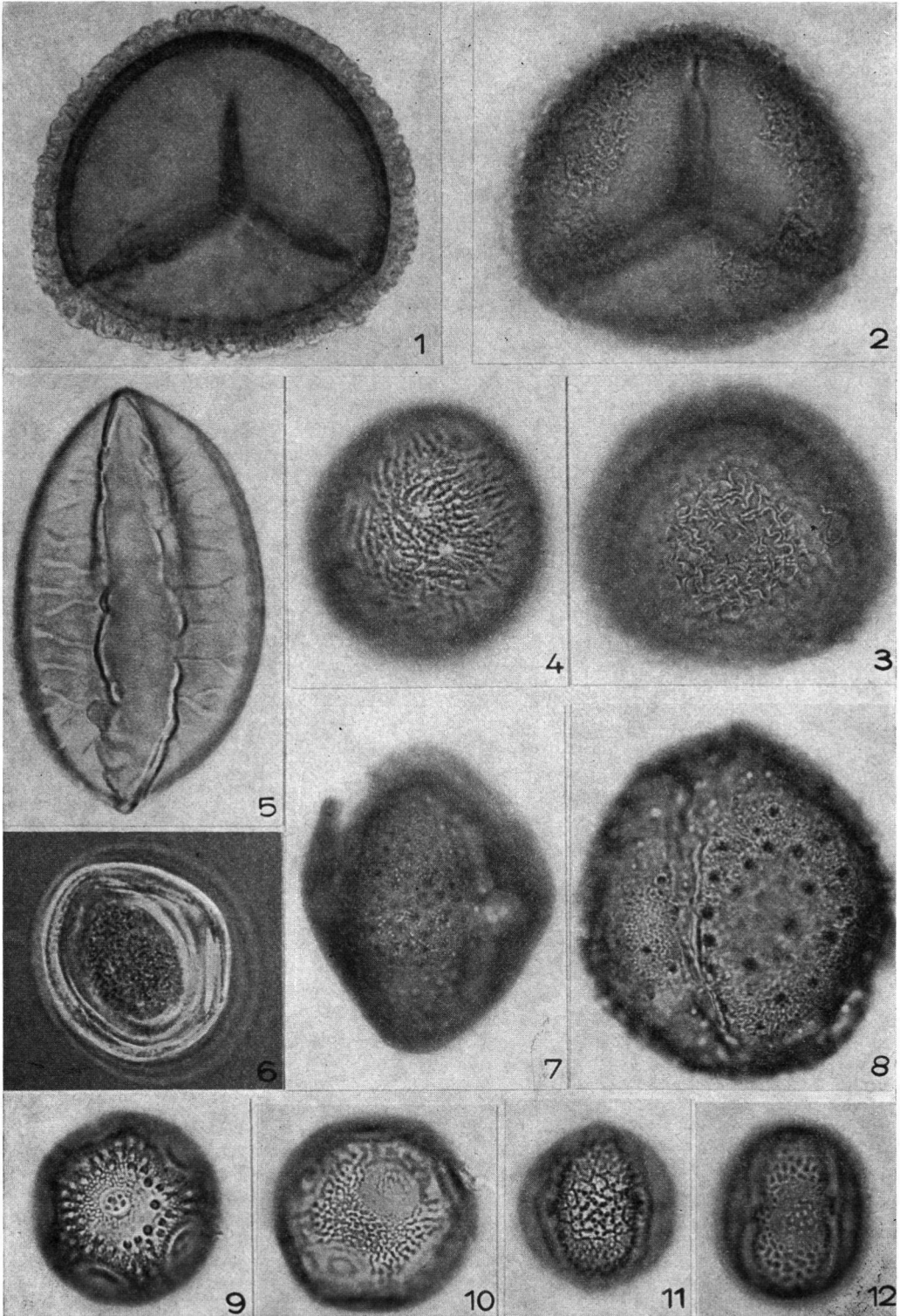
E. distachya-Typ 4 Pk (I: 1, II: 1; III: 2) und *E. fragilis*-Typ (mit 10-14 Rippen) 3 Pk (II: 1; III: 2). Zur Bestimmung vgl. BEUG 1961.

Parnassia: Gefunden wurden 2 Pk im Abschnitt I. Charakteristisch sind besonders die unterschiedlich großen Maschen auf Interkolpien und Polen.

Gypsophila (Taf. I, Fig. 10): 8 Pk in Abschnitt I, 1 in Abschnitt IVb. Sämtlich mit 12 Poren, Anulus 1,5-2 μ breit. Nach ANDERSEN (1961) kommen damit nur *G. repens* und *G. fastigiata* in Frage.

Scleranthus perennis L. (Taf. I, Fig. 9): 2 Pk in IVc und Vb, jeweils mit 12 Poren. Die äußerst typischen Pk dieser Pionierpflanze sind fossil bisher nur aus drei Fundorten bekannt (vgl. ANDERSEN 1961).

Armeria: Im Abschnitt I wurde das Bruchstück eines *Armeria*-Pk gefunden, das aber einwandfrei bestimmbar war. Bisher im Spätglazial nur in Dänemark regelmäßig nachgewiesen (IVERSEN 1954).



Tafel 1

Fig. 1-3: *Pilularia*, Mikrosporen; Fig. 4: *Polemonium coeruleum*; Fig. 5: *Ephedra distachya*-Typ; Fig. 6: *Populus* (Phasenkontrast); Fig. 7: *Centaurea scabiosa*; Fig. 8: *Valeriana sambucifolia*; Fig. 9: *Scleranthus perennis*; Fig. 10: *Gypsophila repens/fastigiata*; Fig. 11: *Viburnum*; Fig. 12: *Lysimachia*. Fig. 1-3 Vergr. 800 x; Fig. 4-12 Vergr. 1000 x.

Polemonium coeruleum L. (Taf. I, Fig. 4): Von dieser Art wurden 3 Pk in den Abschnitten I und III gefunden. Seit v. ZEIST (1955), IVERSEN (1954), GODWIN (1956) und BEUG (1957) gehört sie zu den seltenen, aber typischen Spätglazialpflanzen.

Littorella uniflora (L.) ASCHERS.: Tritt als Charakterart für das oligotraphente Littorellion nur in der jüngeren Phase des Sees (Präboreal) auf, dort aber sehr regelmäßig.

Valeriana sambucifolia MİK. (Taf. I, Fig. 8): Wurde in den Abschnitten II-IV mehrfach gefunden. Diese Art geht heute in Skandinavien erheblich weiter nach Norden als *V. officinalis*. Die Pk wurden nach der Größe von der *officinalis*-Gruppe abgetrennt (vgl. WAGENITZ 1956).

Valeriana officinalis L.: Trat nur einmal in Abschnitt III auf. Pk kleiner als von *V. sambucifolia*.

Centaurea scabiosa L. (Taf. I, Fig. 7): Je 1 Pk wurde in I und IVc nachgewiesen. Diese Art ist seit IVERSEN (1954) als Spätglazialpflanze bekannt. *C. cyanus* wurde nicht gefunden.

F. Die Entwicklung des spätglazialen Sees und das Alter der Flugsanddecken

Bereits in der älteren Tundrenzeit (Abschnitt I) war die heutige Senke von einem See erfüllt. Das zeigen besonders die hohen *Potamogeton*- und *Myriophyllum*-Werte sowie zahlreiche Sumpfpflanzen im Pollendiagramm. Die entstehende Gytta ist vor allem im älteren Teil noch sehr stark sandig, ein Zeichen für die offene Vegetation und die Flugsandverwehung. Im älteren Teil des Alleröds (IIa) bildete sich dann eine sandfreie Grobdetritusgyttja, die im jüngeren Alleröd von einer Lebergyttja abgelöst wird, welche nach oben hin zunehmend sandhaltiger wird (s. Glühverlustdiagramm und Stratigraphiespalte im Pollendiagramm). Im Alleröd gediehen zahlreiche Wasser- und Sumpfpflanzen, besonders *Nuphar* erreicht im Pollendiagramm eine geschlossene Kurve, *Polygonum amphibium* ist in jeder Probe vorhanden.

Der Rückgang der Wasser- und Sumpfpflanzen gegenüber Abschnitt I im Pollendiagramm ist nur scheinbar so stark, und zwar bedingt durch das Auftreten von Bäumen, die mit ihrer starken Pollenstreu den Anteil der auf die nichtlimnischen Pollen bezogenen Werte relativ zurückdrängen.

Während der jüngeren Tundrenzeit setzte eine starke erneute Sandeinwehung ein. Dadurch erblindet der See zeitweise, doch es bleibt ein Sumpf zurück, wie *Menyanthes* und *Caltha* zeigen. Zu Ende des Abschnittes III und durch das ganze Präboreal hindurch führt der See wieder Wasser und beherbergt zahlreiche Wasser- und Sumpfpflanzen, darunter *Pilularia*, *Sagittaria* und in großen Mengen *Isoëtes echinospora*. Zu Beginn des Boreals verlandet das Becken endgültig, und bis zum Ende des Boreals wächst ein armer und besonders oben stark zersetzter Seggentorf mit etwas *Eriophorum* auf. Später geht die Serie in Hochmoortorf über, doch ist dieser bereits vollständig dem Torfabbau zum Opfer gefallen.

Zu den Trophieverhältnissen dieses ehemaligen Sees lassen sich an Hand der Pollenfunde ebenfalls einige Aussagen machen: Die Gattung *Myriophyllum* umfaßt drei Arten: *M. spicatum*, *M. verticillatum* und *M. alterniflorum*. Die beiden ersten lassen sich pollenanalytisch nicht trennen und sind im Pollendiagramm deshalb zusammen als *M. spec.* angegeben. Beide Arten sind typisch für nährstoffreiche, eutrophe Gewässer. Die dritte Art, *M. alterniflorum*, zeigt dagegen nährstoffarmes, oligotrophes Wasser an. Das Pollendiagramm zeigt nun im Abschnitt I und in der ersten Hälfte von IIa kräftige Werte von *Myriophyllum spicatum* + *verticillatum*. Dann werden diese Arten durch *M. alterniflorum* abgelöst, und etwas später gesellt sich mit hohen Werten die stark oligotraphente

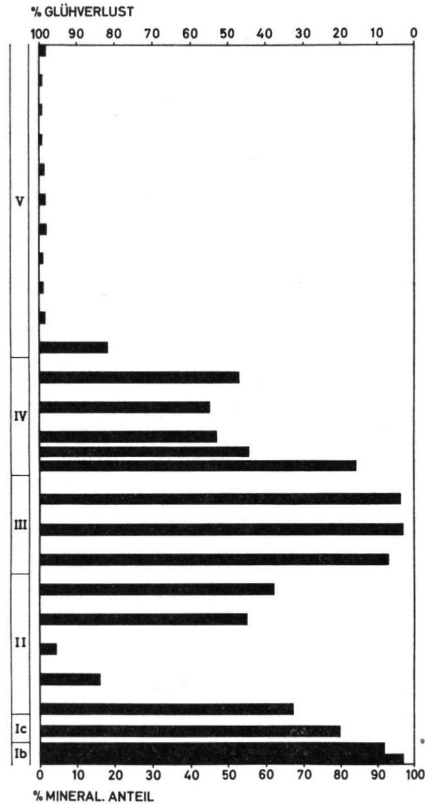


Abb. 5. Glühverlust-Diagramm des Hauptprofils Westrhauderfehn.

Isoëtes echinospora hinzu. In der ersten Allerödhälfte wechselt der See also vom eutrophen zum oligotrophen Typ. Die umgebenden Böden sind während des Weichselglazials offensichtlich durch Kryoturbation, Solifluktion usw. tiefgründig umgearbeitet und auch durch Zuwehung erneuert worden, so daß ein gewisser Nährstoffgehalt (bes. Kalk) erreicht wurde. Doch bereits in der Mitte des Abschnittes IIa waren diese Nährstoffe wieder ausgewaschen und die Trophie schlug um. Ein ähnlicher Wechsel ist auch im Hohen Moor (SCHNEEKLOTH 1963) an der Wende II/III zu erkennen. Auch im Interglazial gibt es entsprechende Erscheinungen (BEHRE 1962).

Nach dem vorübergehenden Erblinden des Sees von Westrhauderfehn in der jüngeren Tundrenzzeit bleibt die neue Phase des Sees (vom Ausgang von III ab) rein oligotroph mit *Isoëtes*, *Myriophyllum alterniflorum* und regelmäßig sogar *Pilularia* und *Littorella*. Der oligotrophe See verlandet im Boreal mit einem armen Seggenried, in dem auch 2 *Drosera*-Arten nachgewiesen wurden.

Die übrigen gefundenen Pollentypen von Wasserpflanzen haben entweder eine breite ökologische Amplitude oder umfassen, wie die Gattung *Potamogeton*, sowohl eutraphente als auch oligotraphente Arten.

An Hand zweier Schnitte mit 29 Handbohrungen im Bereich des Sees sowie von Aufschlüssen, die bei der Sandabfuhr im benachbarten Flugsandgebiet entstanden, ließ sich die Ausdehnung des spätglazialen Sees feststellen (s. Abb. 6). Im Alleröd betrug seine Länge gut 120 m, die Breite gut 105 m. In diesem Abschnitt hat sich dazu eine Vermoorung auf die benachbarten älteren Flugsande gezogen. Es ist ein armer Braunmoostorf mit

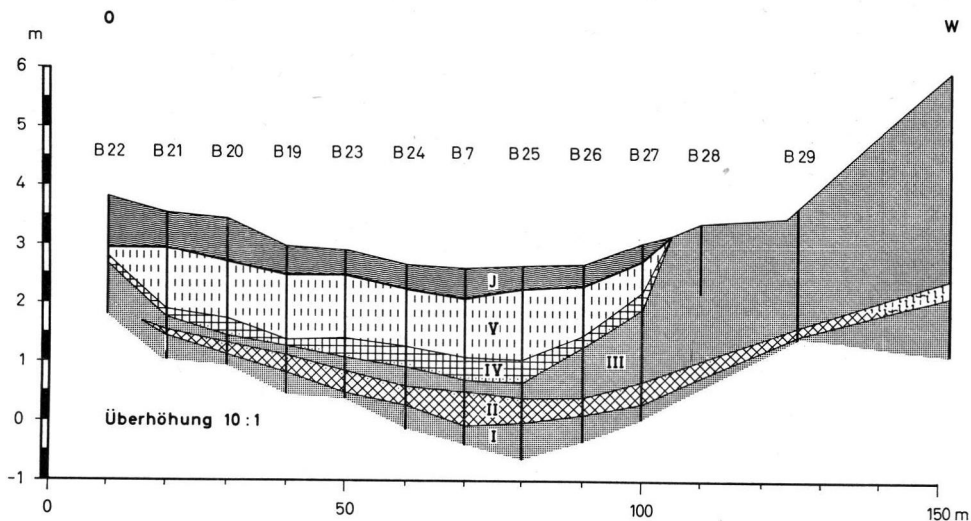


Abb. 6. Querschnitt durch den spätglazialen See in Westrhuderfehde. Die römischen Zahlen geben die walddgeschichtlichen Abschnitte an, die B-Nummern die Bohrungen (feines Punktraster = Flugsand, J = junger, sekundär aufgebracht *Sphagnum*-Torf; für die übrigen Zeichen vgl. Abb. 4).

viel *Menyanthes*-Samen und *Carex*-Früchten; der Torf hat eine Mächtigkeit bis 31 cm. Unter diesem Allerödortf liegt mindestens 1 m älterer Flugsand, über ihm 3,50 m jüngerer Flugsand. Dieser ist in seiner ganzen Mächtigkeit während der jüngeren Tundrenzeit aufgeweht, denn auf seiner Oberfläche wurden zahlreiche Feuersteinabschläge und einige Mikrolithen gefunden, die sicher mesolithisch sind (nach freundlicher Mitteilung von Dr. P. SCHMID, Wilhelmshaven). WILDEVANG (1935) zeigte, daß es neben den älteren Flugsanddecken in Ostfriesland auch im Subboreal stellenweise noch zu stärkeren Flugsandverwehungen kam. Die Datierung der Oberfläche in Westrhuderfehde erweist, daß wir es hier nur mit spätglazialen Verwehungen zu tun haben.

Als im Präboreal der See wieder Wasser führte, besaß er etwa die gleiche Größe wie im Alleröd, hatte sich jedoch durch Zuwehung im Westen und Ausdehnung nach Osten um mindestens 25 m parallel zu seiner Längsachse nach Osten hin verlagert. Die vorherrschende Windrichtung während der jüngeren Tundrenzeit war in diesem Gebiet demnach West.

G. Literaturverzeichnis

- ALETSEE, L.: Zur Geschichte der Moore und Wälder des nördlichen Holsteins. Nova Acta Leopold. **21**, Nr. 139, 51 S., Leipzig 1959.
- ANDERSEN, S. Th.: Vegetation and its Environment in Denmark in the Early Weichselian Glacial (Last Glacial). Danmarks Geol. Unders. (II) **75**, 1-175, Kopenhagen 1961.
- BEHRE, K.-E.: Pollen- und diatomeenanalytische Untersuchungen an letztinterglazialen Kieselgurlagern der Lüneburger Heide. Flora **152**, 325-370, Jena 1962.
- BERTSCH, A.: Untersuchungen zur spätglazialen Vegetationsgeschichte Südwestdeutschlands. Flora **151**, 243-280, Jena 1961.
- BEUG, H.-J.: Untersuchungen zur spätglazialen und frühpostglazialen Floren- und Vegetationsgeschichte einiger Mittelgebirge (Fichtelgebirge, Harz und Rhön). Flora **145**, 167-211, Jena 1957. - - Leitfaden der Pollenbestimmung. Lieferung 1, Stuttgart 1961. - - Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im Gardaseegebiet unter besonderer Berücksichtigung der mediterranen Arten. Flora **154**, 401-444, Jena 1964.

- CASPARIE, W. A., & ZEIST, W. VAN: A late-glacial Lake Deposit near Waskemeer (Prov. of Friesland). *Acta Botanica Neerl.* **9**, 191-196, 1960.
- FAEGRI, K., & IVERSEN, J.: *Textbook of Pollen Analysis*. Kopenhagen 1964.
- FIRBAS, Fr.: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. **1**, Jena 1949.
- GODWIN, H.: *The History of the British Flora*. Cambridge 1956.
- GROHNE, U.: Zur Entwicklungsgeschichte des ostfriesischen Küstengebietes auf Grund botanischer Untersuchungen. *Probl. d. Küstenforschg.* **6**, 1-48, Hildesheim 1957.
- HAMMEN, Th. VAN DER: Late-Glacial Flora and Periglacial Phenomena in the Netherlands. *Leidse Geol. Meded.* **17**, 71-184, Leiden 1951.
- IVERSEN, J.: *Viscum, Hedera and Ilex as Climate Indicators*. *Geol. Fören. Förh.* **66**, 463-483, Stockholm 1944. - - *The Late-Glacial Flora of Denmark and its Relation to Climate and Soil*. *Danmarks Geol. Unders. (II)* **80**, 87-119, Kopenhagen 1954.
- JÖRGENSEN, S.: Early Postglacial in Aamosen. I + II. *Danmarks Geol. Unders. (II)* **87**, 79 + 36 S., Kopenhagen 1963.
- KROG, H.: Pollen Analytical Investigation of a C¹⁴-dated Alleröd Section from Ruds Vedby. *Danmarks Geol. Unders. (II)* **80**, 120-139, Kopenhagen 1954.
- KUBITZKI, K.: Zur Synchronisierung der nordwesteuropäischen Pollendiagramme. *Flora* **150**, 43-72, Jena 1961.
- LANG, G.: Die spät- und frühpostglaziale Vegetationsentwicklung im Umkreis der Alpen. *Eiszeitalter u. Gegenwart* **12**, 9-17, Öhringen 1962.
- NILSSON, T.: Versuch einer Anknüpfung der postglazialen Entwicklung des nordwestdeutschen und niederländischen Flachlandes an die pollenfloristische Zonengliederung Südkandinavien. *Medd. Lunds Geol.-Miner. Inst. Nr.* **112**, 1-79, Lund 1948.
- OVERBECK, Fr.: Ein spätglaziales Profil von Huxfeld bei Bremen. *Planta* **37**, 376-398, 1949. - - *Die Moore Niedersachsens. Geologie und Lagerstätten Niedersachsens*, **3**. *Nieders. Amt f. Landesplanung u. Statistik, Veröff. Reihe A 1, 3, 4. Abt.*, Bremen 1950.
- POLAK, B.: Palynology of the "Uddeler Meer". *Acta Botanica Neerl.* **9**, 547-571, 1959.
- SCHMITZ, H.: Die Waldgeschichte Ostholsteins und der zeitliche Verlauf der postglazialen Transgression an der holsteinischen Ostseeküste. *Ber. dt. Bot. Ges.* **64**, 151-166, 1953.
- SCHNEEKLOTH, H.: *Das Hohe Moor bei Scheeßel (Kr. Rotenburg/Hann.)*. *Beih. geol. Jb.* **55**, 1-104, Hannover 1963.
- SCHÜTRUMPF, R.: Die pollenanalytische Untersuchung der Rentierjägerfundstätte Stellmoor in Holstein. In: A. RUST, *Die alt- und mittelsteinzeitlichen Funde von Stellmoor*, 6-45, Neumünster 1943.
- STEINBERG, K.: Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte des Untereichsfelds. *Hercynia* **3**, 529-587, 1944.
- WAGENITZ, G.: *Pollenmorphologie der mitteleuropäischen Valerianaceen*. *Flora* **143**, 473-485, Jena 1956.
- WELTEN, M.: Die spätglaziale und postglaziale Vegetationsentwicklung der Berner-Alpen und -Voralpen und des Walliser Haupttales. *Veröff. geobot. Inst. Rübel Zürich* **34**, 150-158, Bern 1958.
- WILDVANG, D.: Über Flugsande der ostfriesischen Geest. *Abh. Naturw. Ver. Bremen* **29**, 292-307, Bremen 1935. - - *Die Geologie Ostfrieslands*. *Abh. preuß. geol. L. A., N. F. H.* **181**, 211 S., Berlin 1938.
- WOLDSTEDT, P.: *Das Eiszeitalter, Grundlinien einer Geologie des Quartärs*. **1**. 3. Aufl., Stuttgart 1961.
- ZEIST, W. VAN: Pollen analytical Investigations in the Northern Netherlands. *Acta Botanica Neerl.* **4**, 1-81, 1955.
- ZOLLER, H.: *Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz*. *Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges.* **83**, Abh. 2, 45-156, Zürich 1960.

Manusk. eingeg. 23. 12. 1965.

Anschrift des Verf.: Dr. Karl-Ernst Behre, Niedersächsisches Landesinstitut für Marschen- und Wurtenforschung, 294 Wilhelmshaven, Viktoriastraße 26/28.