

Niedersächsisches Landesinstitut für Marschen- und Wurtenforschung, Wilhelmshaven

## Die Flora des Helgoländer Süßwasser-„Töcks“, eines Eem-Interglazials unter der Nordsee

VON KARL-ERNST BEHRE

Mit 2 Abbildungen und Tafeln I und II

(Eingegangen am 4. Juli 1969)

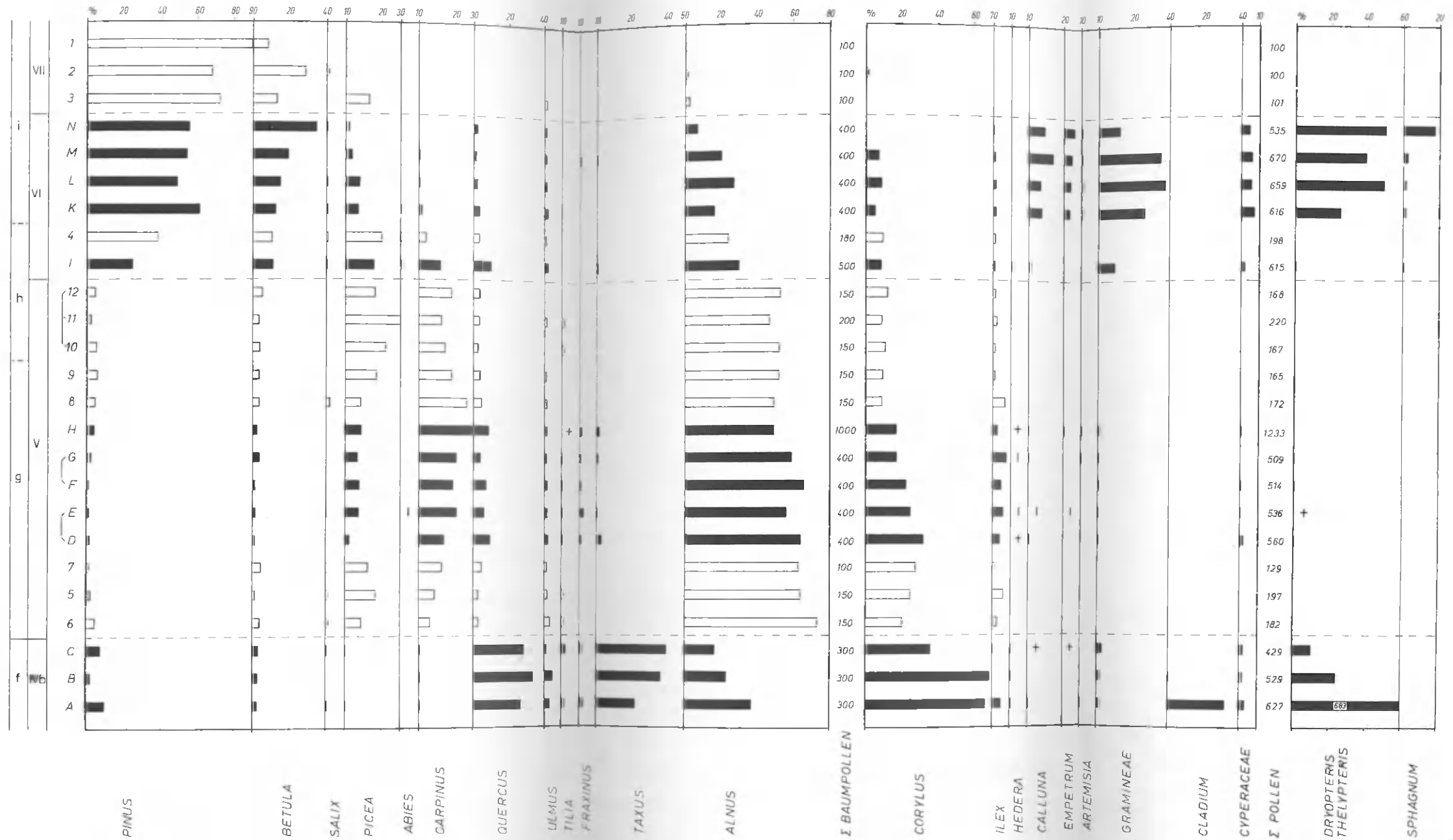
### A. Einleitung

Im Gebiet der Helgoländer Nordree, etwa auf halber Strecke zwischen der Düne und der Nordspitze der Hauptinsel (vgl. Abb. 1) findet sich ein festes Sediment, das von den Helgoländern mit dem Namen „Töck“ belegt wurde. Nach Sturmtagen werden abgerollte Teile dieses Töcks gelegentlich am Strand der Düne oder auf dem davor liegenden Riff gefunden. Sie erregten schon im vorigen Jahrhundert mehrfach die Aufmerksamkeit naturkundiger Inselbesucher, besonders nachdem LASARD (1869) eine ganze Anzahl verschiedener Süßwassermollusken in den Töckproben festgestellt hatte. Auch von Fischen und einigen Pflanzenresten wurde in der Folgezeit berichtet (HALLIER 1892, PRATJE 1923, WOLFF 1928).

Als Süßwasserablagerung einige Meter unter dem heutigen Meeresspiegel war der Töck besonders interessant, und so befaßten sich mehrere Autoren mit seiner altersmäßigen Einstufung. Sie reicht vom Pliozän (HALLIER 1892) über das Pleistozän (WOLFF 1919) bis zum Postglazial (PRATJE 1923). Nicht zu verwechseln ist der Süßwassertöck mit einem ähnlichen, ebenfalls als Töck bezeichneten Kreideton. Dieser steht in der Nähe der Düne an und wurde von WIEBEL (1848) beschrieben. Er ist durchweg erheblich weicher als der Süßwassertöck und zeichnet sich makroskopisch bereits durch seinen Ammonitengehalt aus. Von diesem ist im folgenden nicht die Rede.

Erst seit FIRBAS (1928) eine Anzahl gedrehter Stücke des Süßwassertöcks pollenanalytisch untersucht hat, besteht an dessen interglazialen Alter kein Zweifel mehr. Die ihm zur Verfügung stehenden Proben erlaubten es FIRBAS jedoch nicht zu entscheiden, in welches Interglazial sie einzuordnen seien; er schreibt von „Andeutungen eines höheren Alters“.

Die exponierte Lage dieses Interglazials mitten in der Deutschen Bucht machte es wünschenswert, erneut eine Datierung und weitere floristische Bearbeitung zu versuchen, da daraus allgemeine Folgerungen zur Vegetationsgeschichte und Paläo-



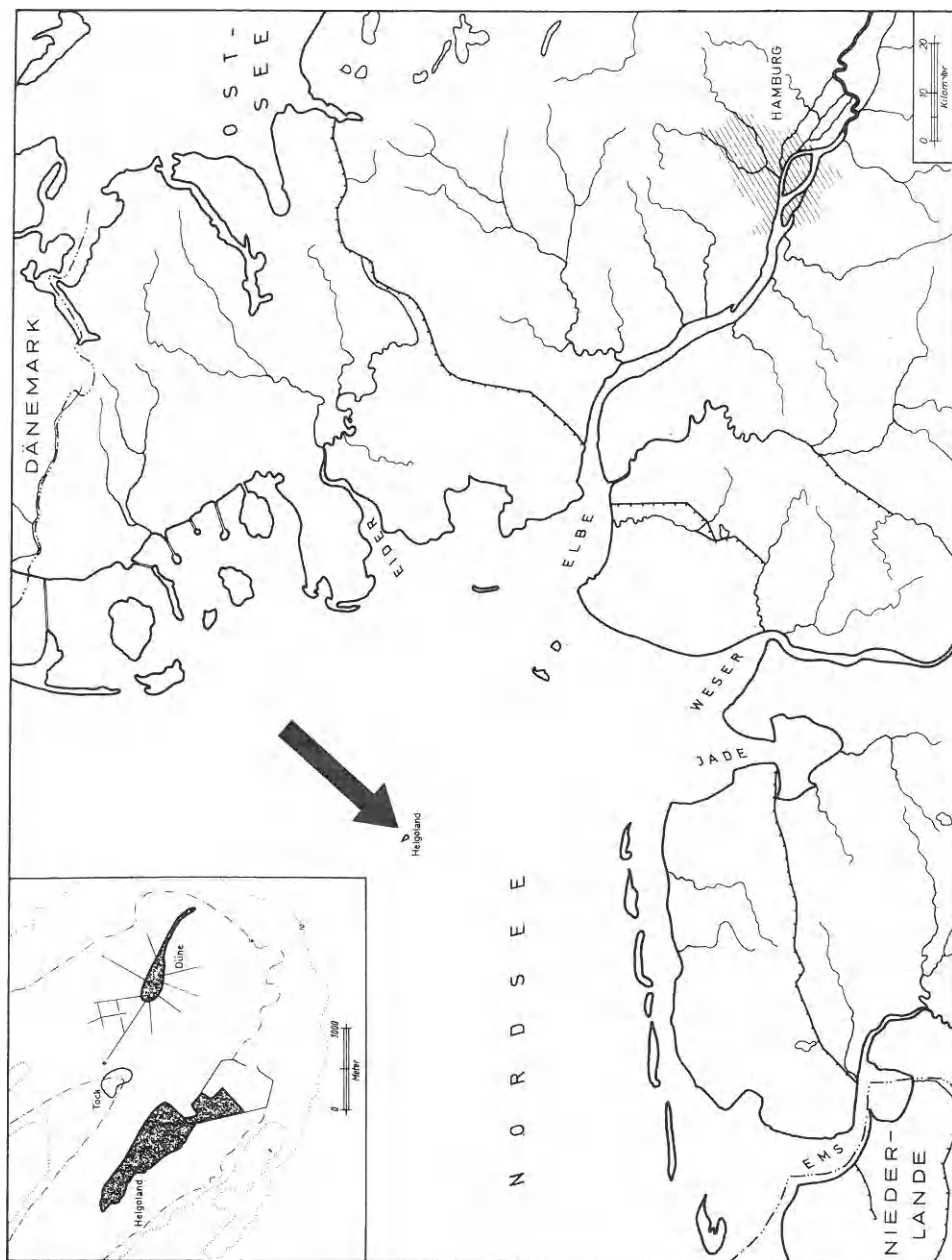


Abb. 1. Die Lage des Helgoländer Südwassertöcks (z. T. nach PRATJE 1948)

geographie der südlichen Nordsee möglich sein mußten. Mit freundlicher Unterstützung des Institutes „Senckenberg am Meer“ in Wilhelmshaven konnte ich bei einer Ausreise von dessen Forschungskutter einige Stücke des Töcks selber dredschen, mehrere weitere wurden mir von einer anderen Ausfahrt mitgebracht<sup>1)</sup>. Der Süßwassertöck steht in 6—8 m Wassertiefe (um 6 m unter Seekartennull) an (vgl. Karte, Abb. 1) und ist daher mit dem Bodengreifer erreichbar.

## B. Datierung und Waldgeschichte

Insgesamt liegen 12 Pollenanalysen von FIRBAS (1928) und 13 aus unserer Untersuchung vor, die sämtlich im Pollendiagramm (Abb. 2) zusammengestellt sind. Die Proben von FIRBAS sind als weiße Balken dargestellt und mit ihrer Original-Probennummer bezeichnet; die neuen Proben erscheinen dagegen als schwarze Balken mit Buchstaben. Wo aus einem dickeren Stück mehrere Proben entnommen werden konnten, ist deren Zusammengehörigkeit durch ein Häkchen gekennzeichnet. Bei einem Vergleich beider Serien muß der erhebliche Fortschritt in der pollenanalytischen Methodik in der Zwischenzeit berücksichtigt werden. So sind in den älteren Proben vor allem die Kräuterpollen als auch *Taxus* nicht mitgezählt worden. Deren Fehlen in den betreffenden Spektren bedeutet also kein Fehlen in der Natur.

Glücklicherweise sind unter den neuen Proben drei (A, B und C), die den Schlüssel zur Datierung in das letzte Interglazial (Eem) liefern. Entscheidend dafür sind der *Corylus*gipfel mit maximal 69,0 % und die hohen *Taxus*werte (bis 40,0 %). Dazu kommen der Verlauf und die geringen Sätze der *Abies*kurve. Das Cromer-Interglazial, dessen Vegetationsablauf manchmal eine gewisse Ähnlichkeit mit dem des Eem hat, kommt schon wegen des hohen *Corylus*gipfels hier nicht in Frage. — Nachdem hierdurch die Datierung gesichert war, konnten die Einzelproben nach der aus Nordwestdeutschland gut bekannten Vegetationsentwicklung im Eem-Interglazial (vgl. u. a. SELLE 1962, BEHRE 1962, AVERDIECK 1967a, MENKE 1967) geordnet werden. Dabei zeigte sich, daß der mittlere und jüngere Teil dieses Interglazials (Zone f-i nach JESSEN und MILTHERS 1928 = Abschnitt IV—VII nach BEHRE 1962<sup>2)</sup>) in den Proben voll erfaßt worden ist.

Die Aufbereitung der Pollenproben erfolgte nach dem üblichen Azetolyseverfahren, teilweise unter Zuhilfenahme von Flußsäure. Die Großrestproben wurden vor dem Schlämmen teils in 10%iger KOH, teils in 15%iger HNO<sub>3</sub> eingeweicht. Alle Prozentangaben in Abb. 2 und im Text sind auf die Baumpollensumme bezogen. Soweit Pollenkörner erst nach dem Zählgang in zusätzlichen Präparaten gefunden wurden, bezeichnet ein | deren einmaliges und ein + das mehrfache Vorkommen. Alle selteneren Pollentypen sind in der Florenliste (S. 141 ff.) vermerkt.

1) Den Herren Prof. Dr. H.-E. REINECK, Dr. G. RICHTER und Dr. J. DÖRJES bin ich dafür zu Dank verpflichtet.

2) Diese beiden Gliederungen sind links neben dem Pollendiagramm eingezeichnet.

## Eichenmischwald-Hasel-Eiben-Zeit (Abschnitt IVb)

Die Proben dieses Abschnittes bestehen aus Erlenbruchwaldtorf. Trotzdem liegen die Erlenwerte nicht so hoch, wie man erwarten sollte, sondern *Taxus* und *Quercus* bestimmen die Baumpollen. Bei den Sträuchern erreicht *Corylus* hohe Prozentzahlen. Bemerkenswert sind die ausgesprochen geringen *Tilia*-werte, die maximal nur 2,0 % erreichen, während gleichzeitig in den nächstgelegenen Festlandsdiagrammen die Linde mit 30–40 % kulminiert (Ostrohe: MENKE 1967, Odderade: AVERDIECK 1967b). Offensichtlich liegen diese holsteinischen Lokalitäten bereits dicht an der eemzeitlichen Verbreitungsgrenze nach Norden und Westen, denn bereits im Tüml auf Sylt übersteigt *Tilia* nur einmal (mit 9 %) ihre kontinuierliche Kurve von 2–3 % (AVERDIECK 1967a), und in den jütischen Eemdiagrammen Herning und Hollerup (ANDERSEN 1965, 1966) ist *Tilia* nicht mehr verzeichnet.

Über die begrenzenden Faktoren der Lindenausbreitung sind wir nur ungefähr unterrichtet. Während *Tilia* heute in Finnland und Nordwestrußland recht weit nach Norden reicht, bleibt sie bei ihrer postglazialen Einwanderung im ozeanischen Nordwesteuropa (Norwegen, Großbritannien) deutlich hinter den übrigen Eichenmischwaldkomponenten zurück (FIRBAS 1949, GODWIN 1956). Primär dürfte die Sommerwärme der begrenzende Faktor sein. Damit weist der scharfe *Tilia*-abfall von Westholstein nach Helgoland während des klimatischen Optimums in der Eemzeit auf den in dieser Richtung stark ansteigenden ozeanischen Einfluß hin. Das wird noch weiter unterstrichen durch das völlige Fehlen von *Viscum*-pollen auf Helgoland, der in den Eem-Diagrammen des nordwestdeutschen Küstengebietes noch regelmäßig auftritt.

Herausragend sind in diesem Abschnitt die Werte von *Taxus*. Soweit in nordwestdeutschen eemzeitlichen Festlandsdiagrammen Pollenkurven der Eibe angegeben sind (BEHRE 1962, MENKE 1967, MENKE u. ROSS 1967, AVERDIECK 1967b), laufen sie den *Tilia*-kurven weitgehend parallel und kulminieren mit 20–25 % der Baumpollen-summe. Die hohen *Taxus*-werte bei Helgoland (36,7 bzw. 40,0 %) beruhen sicher zum Teil darauf, daß die Eibe das Fehlen der Linde nutzt. Daneben dürfte *Taxus* auch auf andere Weise durch ein feuchtes Klima gefördert werden, wofür z. B. das reiche Vorkommen im Holstein-Interglazial von Gort in Irland spricht (JESSEN, ANDERSEN u. FARRINGTON 1959), ebenso das heutige Vorkommen der Eibe (vgl. MEUSEL 1939).

In den oben genannten nordwestdeutschen Eemdiagrammen sinkt die *Taxus*-kurve mit dem Einsetzen der Ausbreitung von *Carpinus* (und z. T. *Picea*) rasch ab. Ganz entsprechend verläuft sie auf Helgoland.

Eingehende Beobachtungen rezenter Eibenstandorte in Mitteldeutschland führte WILLERDING (1968) durch und verglich sie mit archivalischen und vegetationsgeschichtlichen Quellen. Er zeigte, daß *Taxus* an lichten oder nur teilweise beschatteten Stellen (z. B. in Eichenmischwäldern) erheblich besser gedeiht als im dunklen Buchen-

wald und daß das heutige beschränkte Vorkommen der Eibe an extremen Standorten Mitteleuropas im wesentlichen ein Ausweichen vor der Konkurrenz der Buche ist, die die besseren Böden beherrscht. Die nacheiszeitliche Ausbreitung der Buche führte demnach zu einer starken Verringerung der Eibenbestände. Ähnliche Verhältnisse nimmt er auch für das Eem an, wo an die Stelle der Buche die Hainbuche und stellenweise die Fichte treten und diese vor allem durch starke Beschattung den Eibenrückgang bedingen.

Obwohl diese Schlußfolgerung sicher im wesentlichen zutrifft, müssen für den meist recht plötzlichen Rückgang der Eibenkurve in den Interglazialen auch noch andere Gründe verantwortlich sein. So geht die *Taxus*-kurve in den wahrscheinlich eozänzeitlichen Pollendiagrammen von Harreskov und Ølgod in Jütland (ANDERSEN 1965) nach einem kurzzeitigen Gipfel von jeweils etwa 40 % der Gesamtpollensumme wieder auf geringe Werte zurück, ohne daß *Carpinus* oder *Fagus* überhaupt auftreten. Die Konkurrenz der Eibe bilden dort fast ausschließlich die Eichenmischwaldarten (nur *Alnus* hat daneben höhere Werte).

Beim Vergleich der Pollenkurven untereinander muß beachtet werden, daß die Pollenproduktion und -verbreitung von *Taxus* augenscheinlich sehr hoch ist (zumindest im Freiland), wie man an blühenden Bäumen mühelos beobachten kann (vgl. dazu auch REMPE 1937).

#### Hainbuchen-Zeit (Abschnitt V)

Während der ganzen Hainbuchenzeit werden die Pollenkurven durch die lokale Dominanz von *Alnus* (meist 50—70 % der Baumpollen) gedrückt. Der typische, aus Nordwestdeutschland bekannte Verlauf dieses Abschnittes kommt in Helgoland trotzdem gut heraus. Hainbuche, Fichte und in geringerem Maße die Eiche bestimmen die Waldvegetation. Ähnlich wie in der Lüneburger Heide (vgl. BEHRE 1962 sowie die Pollendiagramme in SELLE 1962) sollte die Abgrenzung einer Fichtenzeit (h nach JESSEN und MILTHERS 1928) unterbleiben, da die *Picea*-werte häufig auf lokale Bruchwaldbildungen zurückzuführen sind. Auf das noch weitgehend ungeklärte Problem der gegenüber dem Postglazial erheblich weiter in den ozeanischen Nordwesten vordringenden Fichte soll hier nicht eingegangen werden. Pollen und Samen im Töck zeigen uns, daß sie selbst in der heutigen Deutschen Bucht noch reichlich vorgekommen ist.

Als guter Beleg für das wintermilde Klima im Gebiet von Helgoland während des Eems sind die außergewöhnlich hohen Pollenanteile von *Ilex* (bis 7,8 %) zu werten, dessen Vorkommen am Ort auch durch Funde von Blättern und eines Steinkerns bestätigt wird.

Wie im vorangegangenen Zeitabschnitt spielen die Kräuter keine Rolle in der Landvegetation. Das zeigen auch die Großreste (Tabelle 1): neben den Resten der Bäume *Alnus*, *Betula*, *Carpinus* und *Picea* wurden fast ausschließlich weitere Wald-

arten, wie *Rubus fruticosus*, *Rubus idaeus* und *Sambucus* cf. *racemosa* nachgewiesen. Unter den Moosen kommen neben den Sumpfsarten fast ausschließlich Formen vor, die auf Bäumen oder auf dem Waldboden wachsen. Sie bestätigen also den Waldcharakter der Landschaft.

#### Kiefern-Fichten-Tannen-Zeit (Abschnitt VI)

In dieser Phase zeigt sich die Abkühlung des Klimas sehr deutlich. Die wärmebedürftigen Bäume gehen zurück, und *Pinus* sowie *Betula* breiten sich stark aus. Offensichtlich handelt es sich dabei in erster Linie um einen Rückgang der Sommertemperatur, denn wie die noch geschlossene *Ilex*-kurve anzeigt, bleiben die Winter weiterhin mild (nach IVERSEN 1944 bezeugt *Ilex* eine mittlere Januartemperatur von nicht unter  $-0,5^{\circ}\text{C}$ ). Auf dem nordwestdeutschen Festland und in Dänemark tritt *Ilex*-pollen dagegen in diesem Abschnitt nur noch vereinzelt auf. Für die Abgrenzung dieser Phase ist der Pollen von *Abies* wichtig, auch wenn die niedrigen Werte (bis 1,4 %) darauf hinweisen, daß deren Areal damals nicht mehr bis Helgoland gereicht hat. Aus dem kräftigen Anstieg der Kurven von *Gramineen*, *Calluna* und *Empetrum* ersieht man die deutliche Auflockerung der Wälder.

#### Kiefern-Zeit (Abschnitt VII)

Im letzten erfaßten Abschnitt besteht die Gehölzflora fast ausschließlich aus Kiefern und Birken. Es ist anzunehmen, daß der — in diesen älteren Proben nicht mitgezählte — Kräuterpollen weiter zunimmt und sich dessen Artenzahl vermehrt.

### C. Sedimente und Lokalfloora

Die Anordnung der vorliegenden Proben nach dem bekannten eemzeitlichen Vegetationsablauf ergab einen so gleichmäßig abgestuften Wechsel in der Sedimentzusammensetzung, daß man die Proben ebenso nach der Sedimentart ordnen kann, ohne daß sich deren Reihenfolge wesentlich ändern würde. Damit wird die Probenfolge von dieser Seite her bestätigt.

In der nachfolgenden Aufstellung sind die bezifferten Proben von FIRBAS mit seiner Originalansprache versehen, die von der übrigen etwas abweicht.

#### Sedimentarten des Süßwassertöcks (von unten lesen)

2, 1	Tonige Kalkmudde mit zahlreichen Konchylien
3	Kalkige Tonmudde mit spärlichen Konchylien
K, L, M, N	tonige und feinsandige Gyttja, wenig Konchylien, kalkarm, stark gepreßt
4	humose Tonmudde, kalkarm
I	tonige und feinsandige Gyttja mit vereinzelt Konchylien, kalkarm, stark gepreßt
10, 11, 12	Torf- oder Torfmudde mit spärlichen Konchylien, stark gepreßt

S, 9	tonige Torfmudde mit spärlichen Konchylien
H	schwach tonige Mudde mit zahlreichen Konchylien, kalkhaltig
D, E, F, G	schwach tonige Mudde mit Konchylien, kalkhaltig
6, 5, 7	Torfmudde mit zahlreichen Konchylien
B, C	Torf mit kleinen Konchylien
A	Erlenbruchwaldtorf mit Holz

Wie man sieht, folgt die Entwicklung des interglazialen Sees nicht dem üblichen Verlandungsschema, sondern läuft ihm entgegen. Ausgehend von Bruchwaldtorf steigt der mineralische Anteil nach oben stetig an bis zu einer relativ ton- und kalkreichen Gyttdja. PRATJE (1923) beschreibt bereits zwei Ausbildungsarten des Töcks, die den beiden Enden unserer Serie genau entsprechen.

Die Erklärung für die stetige Vertiefung des interglazialen Sees dürfte durch seine Lage in der Ausräumzone des oberen Buntsandsteins (Röt) gegeben sein, dessen Tone Gips enthalten (vgl. BOIGK 1961). Somit kann sich der Töck in einem durch Gipsauslaugung während des Eem entstandenen Erdfallsee gebildet haben. Nacheiszeitliche derartige Erdfallseen findet man sehr ausgeprägt z. B. im Buntsandstein des Eichsfeldes östlich Göttingen.

Während der Torf reich an Makroresten ist, kommen diese in den Seesedimenten nicht so häufig vor. Trotzdem stammen fast alle älteren Angaben botanischer Makroreste aus Mudde und Gyttdja, da deren Stücke beim Trocknen aufblättern und die Pflanzenreste dann leicht erkennbar sind.

Obwohl im Buntsandstein gelegen, war der eemzeitliche See in allen erfaßten Zeitabschnitten eutroph. Das prägt sich nicht nur in dem nach oben zunehmenden Kalkgehalt, sondern vor allem in der durch die Makroreste nachgewiesenen Wasservegetation aus (vgl. Tabelle 1). Die Nährstoffe lieferte der bereits 200 m weiter östlich anstehende Muschelkalk (vgl. die geologische Karte in PRATJE 1923). In keiner der von uns untersuchten Proben fehlten die Oogonien von *Chara*; meist waren es mehrere hundert, einmal sogar über tausend in einer Probe (vgl. Tabelle 1), obwohl die feinsten Fraktionen der Makroreste nur zum Teil durchgemustert werden konnten. Die Coenobien von *Pediastrum boryanum* traten ebenfalls häufig auf (bis maximal 12,8 %, bezogen auf die Baumpollen im gleichen Präparat), jedoch nur im Abschnitt VI.

In dem untersten Abschnitt, der Eichenmischwald-Hasel-Eiben-Zeit (IVb), fanden sich neben den Resten der Bruchwaldarten *Alnus glutinosa* und *Dryopteris thelypteris* zahlreiche Früchte (und Pollen) der thermophilen und kalkliebenden Art *Cladium mariscus* (Taf. 2, Figur 1—3). In Probe C traten zahlreiche Samen des ebenfalls eutraphenten *Samolus valerandi* hinzu.

Nachdem in der Hainbuchenzeit (V) ein richtiger See entstanden war, erschienen die eigentlichen Wasserpflanzen. Es dominiert in allen Proben *Najas marina* mit sehr zahlreichen Früchtchen (vgl. Tabelle 1 sowie Taf. II, Figur 5—6), hinzu kommt



Tabelle 1 Die Verteilung der wichtigsten botanischen Makroreste (alle übrigen siehe Florenliste)

Abschnitt Probe	IVb			V			VI				
	A	B	C	D+E	F+G	H	I	K	L	M	N
<b>Waldpflanzen</b>											
<i>Alnus glutinosa</i>	12		12	24	19	7					
<i>Betula</i> sp.	1			19	8						4
<i>Carpinus betulus</i>					5	9					
<i>Ilex aquifolium</i>					2						
<i>Picea excelsa</i>				16							
<i>Pinus</i> sp.									10		1
<i>Quercus</i> sp.	1										
<i>Rubus fruticosus</i>	1	1		7	5						
<i>Rubus idaeus</i>					7						
<i>Sambucus</i> cf. <i>racemosa</i>					1						
<i>Taxus baccata</i>					1						
<b>Wasser- u. Sumpfpflanzen</b>											
<i>Carex pseudocyperus</i>	9										
<i>Chara</i> sp.	111	251	162	174	517	284	40	730	1285	32	39
<i>Cladium mariscus</i>	254			5	2						
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>				12							
<i>Juncus articulatus</i>	3		6	2		1	1	5			
<i>Lycopus europaeus</i>	4		2	2							
<i>Mentha</i> sp.	1		50	1							
<i>Najas marina</i>				116	302	68					
<i>Samolus valerandi</i>			44				1				
<i>Zannichellia palustris</i>								6	13		
<b>Übrige</b>											
<i>Empetrum nigrum</i>								4	1		
<i>Juncus bufonius</i>					1		14	10	10		

*Potamogeton*, darunter ein Früchtchen von *Potamogeton coloratus* (Taf. II, Figur 4). Hinweise auf das Einzugsgebiet der Seezuflüsse im Bereich von Muschelkalk und Kreide liefert auch die Moosflora: im Abschnitt V wurden mehrere charakteristische Kalkmoose, wie *Ctenidium molluscum* und *Camptothecium sericeum*, eingeschwemmt.

Mit dem Wechsel von Abschnitt V nach VI (Kiefern-Fichten-Tannen-Zeit) endet das *Najas*vorkommen, sicher wegen der Klimaverschlechterung. An die Stelle von *Najas marina* tritt im Abschnitt VI *Zannichellia palustris* (Taf. II, Figur 8—9), die erheblich geringere Wärmeansprüche hat.

Neben den Trophieverhältnissen und der Klimaentwicklung zeigt die Wasservegetation während der ganzen Sedimentationszeit reine Süßwasserverhältnisse an.

Zwar sind die wichtigen Arten *Samolus valerandi*, *Najas marina* und *Zannichellia palustris* bis zu einem gewissen Grade salzverträglich und gehen auch ins Brackwasser, doch sind fast alle anderen nachgewiesenen Arten auf Süßwasser beschränkt. Das bestätigt die bereits von LASARD (1869) nach der Untersuchung zahlreicher Mollusken getroffene Feststellung.

#### D. Folgerungen

Wegen der heute äußerst exponierten Lage Helgolands läßt sich, unabhängig von dem vegetationsgeschichtlichen Interesse, nach der erfolgten Datierung ins Eem einiges zur Paläogeographie der Deutschen Bucht zu dieser Zeit erschließen.

Die Pollen- und Großrestuntersuchungen zeigen, daß während der Eemzeit das Gebiet um Helgoland ein dichtes Waldkleid trug. Auch für einen größeren Radius geben die Nichtbaumpollen während der wärmezeitlichen Abschnitte IV und V keinerlei Hinweise für offene Vegetationseinheiten, die auf die Nähe des Meeres deuten könnten. Von den Chenopodiaceen, deren gehäuftes Vorkommen gern als Indiz für die Nähe der Küste genommen wird, wurde insgesamt nur ein einziges Pollenkorn gefunden. Eine klimatisch bedingte Auflockerung des Waldes fand erst im Abschnitt VI (Kiefern-Fichten-Tannen-Zeit) statt, zu einer Zeit also, in der bereits wieder mit einem Absinken des Meeresspiegels gerechnet werden muß.

Es ist demnach sicher anzunehmen, daß Helgoland während des letzten Inter-glazials zumindest eine große Insel gewesen sein muß, deren Umfang ganz erheblich über die heutige 10 m — Tiefenlinie (unter Seekartennull) hinausging, die vielleicht auch als Halbinsel dem schleswig-holsteinischen Festland angegliedert war, wie es VON DER BRELIE (1954, S. 112) vermutet.

FIRBAS (1928, S. 193) nahm schon wegen des Vorkommens der Fichte an, daß Helgoland während der Bildungszeit des Töcks inmitten eines größeren Festlandes lag.

Ein ähnlich „festländisches“ Pollendiagramm aus dem Eem gibt AVERDIECK (1967a) von dem sogenannten Tuul am Strande von Sylt. Auch darin läßt sich die Nähe einer Küste nicht erkennen.

Das im Pollendiagramm von Helgoland zum Ausdruck kommende Klima zeigt andererseits, daß das Meer nicht allzu weit entfernt sein konnte. Besonders die hohen und lang dauernden Werte von *Ilex* weisen deutlich auf den maritimen Klimaeinfluß hin (vgl. S. 138), der im Sylter Tuul erheblich schwächer ausgeprägt ist.

#### E. Florenliste

Aufgeführt sind nur die Moose und Gefäßpflanzen. Die Anordnung erfolgte in systematischer Reihenfolge, im wesentlichen nach FIRBAS (1962). Die Nomenklatur der höheren Pflanzen richtet sich nach OBERDORFER (1962). Ohne Hinweis: eigene Nachweise; dahinter folgen als Ergänzungen die Angaben älterer Autoren: F. = FIRBAS, H. = HALLIER, R. = RICHTER (in

PRATJE), W. = WOLFF. Für die FIRBAS'schen Funde ist, soweit erkennbar, der Vegetationsabschnitt angegeben; bei den übrigen Autoren fehlt die Altersangabe.

P = Pollen(korn), Sp = Spore, PD = Pollendiagramm, Sa = Samen, Fr = Früchte, Fl = Samenflügel, Stk = Steinkerne, Bl = Blätter, Ä = Ästchen (bei Moosen), Hz = Hölzer

Die Bestimmung der Makroreste und Pollen erfolgte an Hand der Vergleichssammlung des Institutes.

Die zum Teil winzigen Moosreste bestimmte Dr. F. KOPPE, wofür ihm auch an dieser Stelle gedankt sei.

*Antitrichia curtipendula* (HEDW.) BRID.<sup>1)</sup>: 1 Bl in V; F.: Bl spärlich in V u. VII. — *Neckera complanata* (L.) HÜBN.<sup>1)</sup>: 1 Stgl in V. — *Homalia trichomanoides* (SCHR.) BR. EUR.<sup>1)</sup>: 1 Stgl in V. — *Isoetecium myosuroides* (L.) BRID.<sup>1)</sup>: mehrere Ä in V. — *Thuidium tamariscinum* (NECK.) LIND.<sup>1)</sup>: Bl in V. — *Campylium stellatum* SCHREBER ap. HEDW.) BRYHN.<sup>1)</sup>: Bl in V. — *Hygroamblystegium irriguum* (WILS.) LOESKE.<sup>1)</sup>: 1 Ä in VI. — *Calliergon cordifolium* KINDB.<sup>1)</sup>: 1 Bl in VI. — *Calliergon cuspidatum* KINDB.<sup>1)</sup>: mehrere Stgl. in V. — *Scorpidium scorpidioides* (L.) LIMPR.: F.: Bl spärlich in VII. — *Drepanocladus* cf. *aduncus* (HEDW.) MOENK.<sup>1)</sup>: Bl in IVb u. VI. — *Drepanocladus fluitans* (L.) WARNST.<sup>1)</sup>: 1 Ä in VI. — *Drepanocladus exannulatus* (GÜMB.) WARNST.<sup>1)</sup>: Bl in VI. — *Camptothecium sericeum* (L.) KINDB.<sup>1)</sup>: mehrere Ä in V. — *Brachythecium velutinum* (L.) BR. EUR.<sup>1)</sup>: mehrere Ä in V. — *Oxyrrhynchium speciosum*<sup>1)</sup>: Bl in IVb. — *Oxyrrhynchium swartzii*<sup>1)</sup>: Bl in V. — *Pylaisia polyantha* (SCHR.) BR. EUR.<sup>1)</sup>: mehrere Ä in V cf. *Hypnum* sp.: H.: Stgl. — *Ctenidium molluscum* (HEDW.) MITT.<sup>1)</sup>: 1 Ä in V. — *Sphagnum* sp.: Sp VI (Max. 17,8%) vgl. PD. — *Sphagnum cymbifolium*-Gruppe<sup>1)</sup>: Bl in V. — *Equisetum* sp.: Sp IVb-VI (Max. 3,3%); F.: Gewebe; R.: vorhanden. — *Isoetes echinospora* DUR.: 1 Mi Sp IVb. — *Filicinae* ohne Perispor: Sp IVb-VI (Max. 300% in Probe A) Nach ihrem Vorkommen wohl durchweg perisporlose Sp von *Dyopteris thelypteris*. — *Ophioglossum* sp.: 1 Sp in V. — *Osmunda* sp.: Sp in V u. VI (Max. 0,3%); F.: 1 Sp. — *Polypodium vulgare*: Sp V u. VI (Max. 0,5%); F.: Sp in V. — *Pteridium aquilinum* (L.) KUHN: 2 Sp in IVb u. V; F.: Sp in V. — *Dryopteris thelypteris* (L.) A. GRAY: Sp IVb-VI (Max. 683,0%) vgl. PD, 69 Sporangien in IVb u. V. — *Pinus silvestris* L.: P IVb-VII (Max. 90,0%), vgl. PD; 11 Sa in VI; H.: Sa, nach der von HALLIER beigegebenen Abb. handelt es sich aber wohl sicher um *Picea*. — *Picea excelsa* LK.: P IVb-VII (Max. 30,0%), vgl. PD; 3 Sa u. 13 Fl in V. — *Abies* sp.: P V-VI (Max. 1,4%), vgl. PD. — *Taxus baccata* L.: P IVb-VI (Max. 40,0%), vgl. PD; 1 Bl in V. Unter der oft schlechten Pollenerhaltung litt *Taxus* besonders, so daß aus diesem Grunde die an sich schon sehr hohen Werte wahrscheinlich noch unterrepräsentiert sind. — *Ranunculus sceleratus* L.: 5 Fr in IVb (2) u. V (3). — *Batrachium* sp.: 8 Fr in V (1) u. VI (7). — *Thalictrum* sp.: 1 P in VI. — *Ceratophyllum* sp. F.: Bl in V. — *Rubus fruticosus* L.: 14 Stk in IVb (2) u. V (12); Taf. I, 8. — *Rubus idaeus* L.: 7 Stk in V. — *Potentilla*-Typ: 2 P in VI. — *Filipendula* sp.: P in VI (Max. 0,8%). — *Rosaceae* pp.: 1 P in V. — *Papilionaceae*: 2 P in VI. — *Myriophyllum alterniflorum* DC. F.: 2 P u. 4 Bl in VII. — *Rorippa amphibia* (L.) BESS.: 1 Sa in VI. — *Filix* sp.: P IVb-V (Max. 2,0%), vgl. PD. — *Acer campestre* L. H.: Bl. — *Ilex aquifolium* L.: P IVb-VI (Max. 7,8%), vgl. PD; 1 Bl u. 1 Stk in V; W.: Bl. — *Frangula alnus* MILL.: 1 P in IVb. — *Hedera helix* L.: P IVb-VI (Max. 0,7%), vgl. PD. — *Hydrocotyle vulgaris* L.: 12 Fr in V. — *Sium erectum* HUNDS.: 2 Fr in IVb (1) u. V (1). — *Pleurospermum* sp.: 1 P in IVb. — *Umbelliferae* pp.: 1 P in IVb; H.: Fr. — *Alnus glutinosa* (L.) GAERTN.: 57 Fr in IVb (7) u. V (50); Taf. I, 2. — *Alnus* sp.: P IVb-VII (Max. 72,7%), vgl. PD; 17 Hz in IVb; F.: Tracheen in V; H.: Kätzchen u. Bl. — *Betula* sp.: P IVb-VII (Max. 33,0%), vgl. PD; 32 Fr in IVb (1), V (27), VI (4). — *Carpinus betulus* L.: P IVb-VI (Max.

1) det. KOPPE

28,5%) vgl. PD; 14 Fr in V; H.: Fr, zahlr. Bl; Taf. I, 1. — *Corylus* sp.: P IVb-VII (Max. 69,0%), vgl. PD; 1 Nuß in IVb. — *Quercus* sp.: P IVb-VI (Max. 32,0%), vgl. PD; 1 Hz in IVb; F.: Bl; H.: Bl zahlr., Hz, Fr; W.: Bl. — *Quercus robur* L.: H.: Bl. — *Juglans* sp.: H.: mehrfach Schalenbruchstücke. Diese Angabe von HALLIER (1892) ist sehr unwahrscheinlich, zumal er nur von kleinen Bruchstücken schreibt und keine Abbildung gibt. Ein Vorkommen am Ort hätte sich zumindest in den Pollenanalysen bestätigen lassen müssen, doch fand sich weder in den alten FIRBAS'schen Proben noch in unseren neuen kein einziges Pollenkorn (ebenso wie im nordwestdeutschen festländischen Eem). — *Salix* sp.: P IVb-VII (Max. 2,0%), vgl. PD; F.: 1 Hz in VII. — *Ulmus* sp.: P IVb-VII (Max. 4,0%), vgl. PD. — *Urtica* sp.: 1 P in V. — *Rumex acetosa*-Typ: 1 P in V. — *Rumex* sp.: 1 Fr in V. — *Montia rivularis* WALTERS: 1 Sa in V; Taf. I, 6. Diese oligotraphente Art gedieh nicht in dem interglazialen See, sondern muß im felsigen Buntsandstein gewachsen sein. — *Stellaria palustris* RETZ.: 1 Sa in VI. — *Caryophyllaceae*: 2 P in V u. VI. — *Chenopodiaceae*: 1 P in V. — *Calluna vulgaris* (L.) HULL: P IVb-VI (Max. 13,0%), vgl. PD. — *Empetrum nigrum* L.: P IVb-VI (Max. 6,5%); 5 Stk in VI; Taf. I, 4. — *Samolus valerandi* L.: 45 Sa in IVb (44) u. VI (1); Taf. I, 7. — *Fraxinus excelsior* L.: P IVb-VI (Max. 2,3%), vgl. PD. — *Lycopus europaeus* L.: 8 Fr in IVb (6) u. V (2). — *Mentha*-Typ: 2 P in IVb. — *Mentha* sp.: 52 Sa in IVb (51) u. V (1). — *Scrophulariaceae*: 2 P in IVb u. VI. — *Plantago lanceolata* L.: 6 P in VI (Max. 0,8%). — *Plantago major/medica*: 4 P in V u. VI. — *Rubiaceae*: P IVb-VI (Max. 0,7%). — *Sambucus* cf. *racemosa* L.: 1 Stk in V; Taf. I, 3. — *Lonicera* sp.: 4 P in V. — *Valeriana officinalis* L.: 1 P in VI. — *Artemisia* sp.: P IVb-VI (Max. 0,8%), vgl. PD. — *Hieracium* sp.: 38 Fr in IVb (meist Bruch). — *Tubuliflorae*: P IVb-VI (Max. 1,0%). — *Liguliflorae*: P V-VI (Max. 0,8%). — *Potamogeton coloratus* VAHL: 1 Fr in V; Taf. II, 4. Die Bestimmung erfolgte nach JESSEN (1949), bei der geringen Größe und der typischen Form kommt keine andere Art in Frage. — *Potamogeton* sp.: 1 P in VI; 8 Fr in IVb (1) u. V (7). — *Najas marina* L.: 757 Fr in V; F.: zahlr. Fr in V; Taf. II, 4–5; R.: Fr. — *Zannichellia palustris* L.: 19 Fr in VI; Taf. II, 8–9. — *Juncus articulatus* L.: 18 Sa in IVb (9), V (3), VI (6). Die Bestimmung der *Juncus*-arten erfolgte nach KÖRBER-GROHNE (1964). — *Juncus bufonius* L.: 35 Sa in V (1) u. VI (34). — *Juncus effusus*-Typ L.: 8 Sa in V (7) u. VI (1). — *Eleocharis palustris* (L.) R. et SCH.: 1 Fr in V. — *Carex pseudocyperus* L.: 9 Fr in IVb; Taf. II, 7. — *Carex vulpina* L.: 1 Fr in V. — *Cladium mariscus* (L.) POHL: P IVb (Max. 32,0%) vgl. PD; 261 Fr in IVb (254) u. V (7); Taf. II, 1–3. Die Abtrennung dieses Pollentyps von den übrigen Cyperaceen erfolgte nach der Größe (50–70 µm), der feinen Exinenstruktur und der Form, die oben häufig zipfelmützenartig endet (vgl. MÜLLER 1953 und HARTSTEN 1956). Die Übereinstimmung zwischen Pollen- und Fruchtfinden ist sehr gut (vgl. Tab. 1 u. PD). — *Cyperaceae* pp.: P IVb-VI (Max. 6,5%), vgl. PD. — *Gramineae*: P IVb-VI (Max. 38,8%), vgl. PD. — *Sparganium*-Typ: 1 P in VI. — *Typha latifolia*-Typ: 2 P in IVb u. VI. —

### Zusammenfassung

Es wurden dreizehn Proben des heute unter Seewasser liegenden Helgoländer Süßwasser-Töcks pollenanalytisch und auf botanische Makroreste hin untersucht. Die Pollenanalysen wurden zusammen mit zwölf älteren von FIRBAS (1928) zu einem Diagramm vereinigt, das ins Eem datiert werden konnte, von dem ein großer Ausschnitt erfaßt wurde. Hohe *Taxus*- und sehr niedrige *Tilia*-werte kennzeichnen das Diagramm in der Eichenmischwald-Hasel-Eiben-Zeit. Während der Hainbuchenzeit erreicht *Illex*-pollen bis fast 8% und behält eine geschlossene Kurve durch die ganze Kiefern-Fichte-Tannen-Zeit. Es herrschte demnach noch über lange Zeit hinweg ein ausgesprochen winter mildes Klima.

Pollenflora und Großreste zeigen keine Hinweise auf die Nähe einer Küste, sondern bis zur klimatisch bedingten Auflockerung der Wälder gegen Ende des Interglazials ein dicht geschlossenes Waldkleid. Während der Eemzeit muß Helgoland deshalb eine ausgedehnte Insel oder eine Halbinsel mit Anschluß nach Osten gewesen sein.

Die Sedimente reichen von einem Bruchwaldtorf unten mit zunehmendem mineralischen Anteil bis zu einer tonigen Kalkmudde. Das Wasser war süß und eutroph. Als Ursache für die Seebildung im Interglazial wird Gipsauslaugung im oberen Buntsandstein (Röt) angenommen.

### Summary

Thirteen samples of the Helgoland freshwater "Töck", now at the bottom of the sea, were analysed as to their pollen and macrofossils. The pollen spectra were combined with twelve older ones of FIRBAS (1928) in one diagram, which could be dated into the Eem interglacial, a large section of which is reflected. During the *Quercetum mixtum* — hazel — yew — zone the diagram is characterized by high percentages of *Taxus* and very low ones of *Tilia*. *Ilex* pollen reaches almost 8% in the hornbeam — zone and keeps its continuous curve throughout the whole pine — spruce — fir — zone. Consequently a climate with temperate winters must have prevailed for quite a long time.

Pollen flora and macrofossil remains do not give any hints to a nearby coast, but they indicate a cover of dense forest until the end of the interglacial period when the change of climate caused a thinning out of the forest. During the Eem period therefore Helgoland must have been either an extensive island or a peninsula of the eastern mainland.

The sediments range from brushwood peat at the basis of the sequence and increasing mineral content to a clayey calcareous gyttja. The water was fresh and eutroph. Leaching of gypsum in the Röt formation is considered to be the reason for the lake development during the interglacial period.

### Literatur

- ANDERSEN, S. TH., 1965. Interglacialer og interstadialer i Danmarks kvartær. Medd. Dansk Geol. Foren. **15**, H. 4, 476—506.
- 1966. Interglacial Vegetational Succession and Lake Development in Denmark. The Palaeobotanist **15**, 117—127.
- AVERDIECK, F.-R., 1967a. Botanisch-moorgeologische Untersuchungen am „Tuul“ von Westerland (Sylt). Offa **24**, 84—100.
- 1967b. Die Vegetationsentwicklung des Eem-Interglazials und der Frühwürm-Interstadiale von Odderade/Schleswig-Holstein. Fundamenta B **2**, 101—125.
- BEHRE, K.-E., 1962. Pollen- und diatomeenanalytische Untersuchungen an letztinterglazialen Kieselgurlagern der Lüneburger Heide. Flora **152**, 325—370.
- BOIGK, H., 1961. Ergebnisse und Probleme stratigraphisch-paläogeographischer Untersuchungen im Buntsandstein Nordwestdeutschlands. Geol. Jahrb. **78**, 123—134.
- V. D. BRELIE, G., 1954. Transgression und Moorbildung im letzten Interglazial. Mittl. Geol. Staatsinst. Hamburg **23**, 111—118.
- FIRBAS, F., 1928. Über die Flora und das interglaziale Alter des Helgoländer Süßwassertöcks. Senckenbergiana **10**, 185—195.
- 1949. Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. 1, Jena.

- 1962. *Spermatophyta*, Samenpflanzen. In: Lehrbuch der Botanik, 28. Aufl., Stuttgart, S. 509—652.
- GODWIN, H., 1956. *The History of the British Flora*. Cambridge.
- HAFSTEN, U., 1956. Pollen-analytic investigations on the late Quaternary development in the inner Oslofjord area. *Univ. Bergen Arbok 1956 Naturv. R. Nr. 8*, 161 S.
- HALLIER, E., 1892. *Helgoland unter Deutscher Flagge*. Hamburg.
- IVERSEN, J., 1944. *Viscum, Hedera and Ilex* as Climate Indicators. *Geol. Fören. Förh. 66*, 463—483, Stockholm.
- JESSEN, K. u. MILTHERS, V., 1928. Stratigraphical and paleontological Studies of Interglacial fresh-water Deposits in Jutland and Northwest Germany. *Danm. Geol. Unders. II. R. Nr. 48*, 379 S.
- JESSEN, K., ANDERSEN, S. TH. u. FARRINGTON, A., 1959. The Interglacial Flora near Gort, Co., Ireland. *Proc. Royal Irish Acad. 60*, 77 S.
- KÖRBER-GROHNE, U., 1964. Bestimmungsschlüssel für subfossile *Juncus*-Samen und Gramineen-Früchte. *Probleme der Küstenforschung 7*, 1—47.
- LASARD, A., 1869. Neue Beiträge zur Geologie Helgolands. *Zschr. Deutsche Geol. Ges. 21*, p. 580—586.
- MENKE, B., 1967. Ein Beitrag zur eemzeitlichen Vegetations- und Klimageschichte nach dem Profil von Ostrohe/Schleswig-Holstein. *Fundamenta B 2*, 126—135.
- MENKE, B. u. ROSS, P.-H., 1967. Der erste Fund von Kieselgur in Schleswig-Holstein bei Brokenlande, südlich von Neumünster. (Mit einem Beitrag zur Biostratigraphie des Saale-Spätglazials). *Eiszeitalter u. Gegenwart 18*, 113—126.
- MEUSEL, H., 1939. Verbreitungskarten mitteldeutscher Leitpflanzen, 3. Reihe. *Hercynia 2*, 314—354.
- MÜLLER, H., 1953. Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte des mitteldeutschen Trockengebietes. *Nova Acta Leopold. NF 16*, Nr. 110, 67 S.
- OBERDORFER, E., 1962. *Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland*. 2. Aufl., Stuttgart.
- PRATJE, O., 1923. *Geologischer Führer für Helgoland und die umliegenden Meeresgründe*. Samml. Geol. Führer **23**.
- 1948. Die Stadien in der Entwicklung der Insel Helgoland. *Erdkunde 2*, 322—330.
- REMPE, H., 1937. Untersuchungen über die Verbreitung des Blütenstaubes durch die Luftströmungen. *Planta, 27*, 93—147.
- SELLE, W., 1962. Geologische und vegetationskundliche Untersuchungen an einigen wichtigen Vorkommen des letzten Interglazials in Nordwestdeutschland. *Geol. Jahrb. 79*, 295—352.
- WIEBEL, K. W. M., 1848. *Die Insel Helgoland*. Hamburg.
- WILLERDING, U., 1968. Beiträge zur Geschichte der Eibe (*Taxus baccata* L.). *Plesse-Archiv 3*, 96—155.
- WOLFF, W., 1919. *Die Erdgeschichte und Bodengestaltung Schleswig-Holsteins*. Hamburg.
- 1928. *Die Entstehung der Insel Sylt*. 3. Aufl.

Anschrift des Verfassers: Priv.-Doz. Dr. K.-E. BEHRE, Niedersächsisches Landesinstitut für Marschen- und Wurtenforschung, 294 Wilhelmshaven, Viktoriastraße 26/28.

## Tafel I (Früchte und Samen)

- Fig. 1. *Carpinus betulus*. 8×  
Fig. 2. *Alnus glutinosa*. 20×  
Fig. 3. *Sambucus* cf. *racemosa*. 20×  
Fig. 4. *Empetrum nigrum*. 20×  
Fig. 5. *Mentha* sp. 50×  
Fig. 6. *Montia rivularis*. 30×  
Fig. 7. *Samolus valerandi*. 70×  
Fig. 8. *Rubus fruticosus*. 15×  
Fig. 9. *Hydrocotyle vulgaris*. 30×

## Tafel II (Früchte und Samen)

- Fig. 1—3. *Cladium mariscus*. 30×  
Fig. 4. *Potamogeton coloratus*. 20×  
Fig. 5—6. *Najas marina*. 10×  
Fig. 7. *Carex pseudocyperus*. 20×  
Fig. 8—9. *Zannichellia palustris*. 20×

