

# Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen und Radiocarbon-Datierungen zur holozänen Entwicklung der schleswig-holsteinischen Westküste

Von BURCHARD MENKE, Kiel

Mit 2 Tafeln und 3 Abbildungen

**Zusammenfassung.** An Hand einer Zusammenstellung von Pollenspektren aus verschiedenen Profilen wird der Verlauf der allgemeinen Vegetationsgeschichte aufgezeigt. Zur Datierung der pollenfloristischen Zonengrenzen liegen Radiocarbon-Datierungen vor. Ferner werden Fragen der genetischen Deutung der Schichtfolgen behandelt. Im Vordergrund steht die Frage, wie weit sich die frühere Vegetation als Ausdruck maßgeblicher Standortbedingungen und deren Änderungen rekonstruieren läßt und welche Schlußfolgerungen sich daraus im Hinblick auf die Küstenentwicklung, insbesondere das Ingressionsgeschehen, ergeben.

**Summary.** In order to give a survey over the main features of the development of the forest in the area of the Western Shore of Schleswig-Holstein during the last 7000 Years, the author has drawn a composed pollen diagram, using pollen spektra from various diagrams. Radiocarbon-datings have been carried out for dating the borderlines of the pollen floristic zones. Further, the paper deals with local successions of plant communities, giving information about fluctuations of ecological factors, caused by the changing power of ingress of the North Sea.

## 1. Einleitung

Seit mehr als einem Jahrzehnt wird das Holozän an der schleswig-holsteinischen Westküste im Rahmen wirtschaftlicher Maßnahmen von seiten des Geologischen Landesamtes Schleswig-Holstein erneut geologisch bearbeitet. Es ergab sich, daß der petrographische Aufbau in großen Gebieten anscheinend Regelmäßigkeiten zeigte, die zur Annahme einer Reihe von „Überflutungsfolgen“ führten (BRAND, HAGEMAN, JELGERSMA & SINDOWSKI 1965). Diese Auffassung stand im Widerspruch zu den Ansichten DITTMERS (1952) und ist auch in jüngster Zeit in dieser Form nicht unwidersprochen geblieben. Der Beweis, daß die lithologischen „Ingressionsfolgen“ („Überflutungsfolgen“, „Sedimentdecken“) überall auch die gleichen genetischen und zeitlichen Einheiten sind, läßt sich freilich nicht immer einfach führen: Einerseits steht und fällt dieser Beweis mit der Sicherheit der Datierungen, andererseits mit der Richtigkeit der geologischen Deutung der Schichtfolgen. Besonders umstritten ist nicht zuletzt die geologische Bewertung eingeschalteter Torfhorizonte (z. B. OVERBECK 1934, SCHÜTTE 1939, DEWERS 1941, HAARNAGEL 1950, DITTMER 1952, JELGERSMA 1961, WIERMANN 1962, PRANGE 1963, 1967a, 1967b, BANTELMANN 1966, LANGE & MENKE 1967, MENKE 1968). Ein wesentliches Moment im Hinblick auf die regionale Verallgemeinerungsfähigkeit der Aussagen ist ferner die Dichte des Beobachtungsnetzes bzw. der davon abhängige Erfahrungsschatz. So konnte DITTMER (zit. HAARNAGEL 1950) die Existenz des „mittelatlantischen“ Torfhorizontes für Schleswig-Holstein bestreiten und aus dem angeblichen Fehlen von Anzeichen für eine Verlandung den Schluß ziehen, die Transgression sei zu jener Zeit nicht unterbrochen gewesen. Neuerdings wurde dieser Torfhorizont aber auch an der schleswig-holsteinischen Westküste in anscheinend weiter Verbreitung nachgewiesen (LANGE & MENKE 1967, MENKE 1968).

Die Lösung der Probleme wird dadurch noch schwieriger, daß einerseits eine strenge Gleichzeitigkeit im Einsetzen und Ausklingen der Ingressionen an verschiedenen Orten theoretisch nicht gefordert werden kann und auch nicht zu erwarten ist, daß sich selbst alle jüngeren Ingressionen an allen Orten nachweisen lassen werden, da jeweils auch die geologische Vorgeschichte der Landschaft mitbestimmen mußte, in welcher Weise und in wel-

chem Ausmaß sich eine Ingression auswirkte. Es kann daher nicht bestritten werden: „Die Schichtfolge in den einzelnen Gebieten wurde also nicht nur vom Meeresspiegelanstieg, sondern in starkem Maße auch von lokalen Faktoren bestimmt“ (PRANGE 1967a). Das hat wiederum zur Folge, daß die speziellen Ergebnisse von der Auswahl der Lokalitäten mitbestimmt werden. Auch in den günstigsten Faziesbereichen, nämlich in den brackischen Randgebieten, kommt es sehr auf die Auswahl an, denn die optimalen Bereiche sind oft nur sehr klein. Das setzt sowohl genügende Erfahrungen voraus, als auch gründliche Kenntnis des petrographischen Aufbaues der Landschaft.

Zu herzlichem Dank bin ich allen Kollegen aus dem Geologischen Landesamt Schleswig-Holstein, die im Küstenholozän gearbeitet haben, ganz besonders aber Herrn Dr. M. A. GEYH, Hannover, verpflichtet, der die Radiocarbon-Datierungen durchführte und das Manuskript kritisch durchsah.

## 2. Ältere Radiocarbon-Datierungen

In den ersten Jahren der neuen Küstenbearbeitung mußte versucht werden, die strittigen Fragen im wesentlichen allein mit Hilfe von relativ wenigen Radiocarbon-Datierungen zu lösen. Dabei konnten die Proben zunächst nur nach dem makroskopischen Befund ausgewählt werden.

Das Gesamtergebnis war wegen zu großer Streuung der Daten wenig befriedigend. Seit 1962 konnte dann intensiv die Pollenanalyse herangezogen werden, nachdem in Nordfriesland bereits WIERMANN (1962) pollenanalytisch gearbeitet hatte. Durch die mikroskopischen Untersuchungen wurden nunmehr auch Fehlerquellen erkannt, die sich vorher einem makroskopischen Nachweis entzogen und vielfach zu offensichtlichen Verfälschungen der wirklichen Altersstellung der Horizonte geführt hatten. Sie ließen sich in der Folgezeit dann weitgehend ausschalten.

Zur Veranschaulichung dient die Abbildung 1. Es handelt sich um 8 Radiocarbon-Datierungen aus dem Miele-Gebiet und zwar aus einem geologisch und zeitlich einstufigen Horizont (HUMMEL, mdl.). Das erwartete Alter beträgt etwa Chr. Geb. Ein schwacher, aber deutlicher Gipfel liegt zwar im erwarteten Bereich, die Daten streuen aber weit. Dabei ist die Wahrscheinlichkeit, daß eine Datierung zu alt ausfällt, besonders groß. Diese Erfahrung wurde an den älteren Datierungen immer wieder gemacht. Die mikroskopischen Befunde zeigten bei eindeutig zu alten Daten, daß diese Proben häufig einen erheblichen Gehalt an Ton, haloben Diatomeen, Hystrichosphaeren, Foraminiferen, sowie auch Pollen und Sporen von soziologisch sich gegensätzlich verhaltenden Taxa (etwa *Chenopodiaceae*, *Symphytum* u. a. einerseits, Ericaceen, *Sphagnum* u. a. andererseits) führten, so daß die Fehler vor allem auf eingeschwemmtes, älteres Material zurückgeführt werden

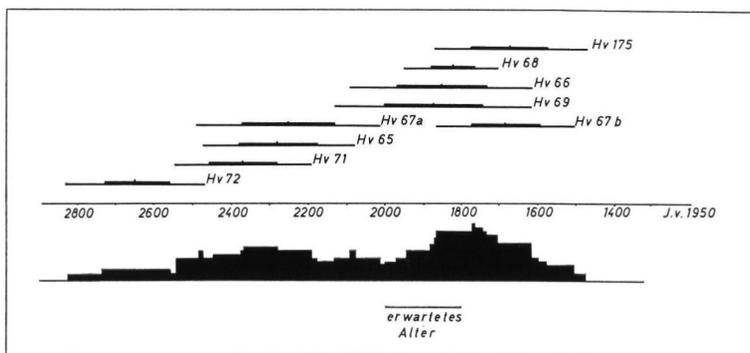


Abb. 1. Ältere Radiocarbon-Datierungen aus organogenen Ablagerungen aus der Zeit um Chr. Geb.

dürfen. Nach diesen Erfahrungen wurden später die Proben erst aufgrund des makro- und mikroskopischen Befundes ausgewählt. Die Ergebnisse zeigten, daß die schwerwiegendsten Fehlerquellen offenbar in der Probenauswahl für die Radiocarbon-Datierungen liegen. Sie muß daher mit größter Sorgfalt erfolgen.

### 3. Datierungen auf pollenanalytischer Basis

Seit den Anfängen der pollenanalytischen Arbeitsweise hat man sich um Datierungen auf pollenanalytischer Basis bemüht (FIRBAS 1949, 1952). Die Möglichkeit dazu beruht darauf, daß sich die Pollendiagramme in eine Anzahl von waldgeschichtlichen Abschnitten bzw. pollenfloristischen Zonen gliedern lassen. Die Gliederung der Pollendiagramme beruht in Nordwestdeutschland vor allem auf dem Verhalten der Komponenten des EMW, sowie *Fagus* und *Carpinus*. Zusätzlich werden *Corylus*, *Myrica* und Siedlungsanzeiger herangezogen. Als wesentliches Ergebnis kann vorweggenommen werden, daß die allgemeine Vegetations- (insbesondere Wald-)entwicklung im Küstenbereich Dithmarschens, ebenso in Eiderstedt, nicht aus dem geläufigen nordwestdeutschen Rahmen herausfällt. Statt der Einzeldiagramme, die den Rahmen des Berichtes gesprengt hätten, sind in Tafel 1 Probenreihen aus verschiedenen Diagrammen zusammengestellt worden, vor allem, um die Originalspektren der Radiocarbon-Proben zu verwenden. Dieses zusammengesetzte Diagramm zeigt aber den normalen Verlauf der allgemeinen Vegetationsgeschichte.

Um örtliche Einflüsse durch Bruchwaldbildner auszuschalten, sind die Pollenanteile von EMW, *Fagus* und *Carpinus* im „EMW s. l.“ zusammengefaßt worden. Diese Summe bildet die Grundsumme für die Berechnung der Anteile dieser Taxa und einiger Siedlungsanzeiger. Das Verfahren hat sich in den Marschenrandgebieten gut bewährt.

Auf die pollenfloristische Gliederung der frühholozänen Ablagerungen soll hier nicht eingegangen werden, dazu kann auf LANGE & MENKE (1967) verwiesen werden. Die Grenze vom Boreal zum Atlantikum (Zonenwende 7/8) wird an die rationale *Alnus*-Grenze gelegt. Sie ist älter als Hv 626 mit  $5675 \pm 100$  a. v. Chr.

Das Radiocarbon-Alter wird an sich stets auf 1950 bezogen. Da der Bezug auf Chr. Geb. im allgemeinen jedoch geläufiger ist, wurden vom Radiocarbon-Alter jeweils 1950 Jahre abgezogen und die so erhaltenen Daten als „a. v. Chr.“ bzw. „a. n. Chr.“ bezeichnet.

Das Atlantikum (Zone 8) läßt sich in Dithmarschen pollenfloristisch vorläufig nicht weiter untergliedern. Die Abgrenzung gegen die folgende Zone wird heute gewöhnlich an den Beginn des markanten *Ulmus*-Abfalles gelegt, der in Mitteleuropa allgemein auf etwa 3000 v. Chr. datiert wird. Dem fügt sich die Probe Hv 627 mit  $3080 \pm 175$  a. v. Chr. aus diesem Niveau ein. Die Pollenzone 9 läßt sich besser untergliedern. Die empirische *Fagus*-Grenze (*Fagus*-Anteile ca. 10% der EMW s. l.-Summe) kann nach den Proben Hv 624, 625, 631, 1445 einerseits, Hv 1444 und 1443 andererseits, auf rund 2100 bis 2000 a. v. Chr. veranschlagt werden (Tafel 1). Etwas unter diesem Niveau liegt das meist gut ausgeprägte *Corylus*-Maximum „C<sub>3</sub>“, das in die Zeit um 2400 bis 2200 a. v. Chr. datiert werden muß. Die rationale *Myrica*-Grenze läßt sich in Dithmarschen anscheinend ebenfalls zur Datierung verwenden, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß *Myrica* ein bevorzugter Lokalspender zu sein scheint. Diese Grenze kann auf etwa 1900 bis 1800 a. v. Chr. (Hv 1444) angesetzt werden. In diesem Niveau liegt auch die empirische *Carpinus*-Grenze. Ein weiterer *Corylus*-Gipfel fällt nicht selten in die Zeit um 1700 a. v. Chr. („C<sub>3a</sub>“).

Die Zonengrenze 9/10a wird an den Beginn des Abfalles vom *Corylus*-Maximum „C<sub>4</sub>“ gelegt. Die *Corylus*-Höchstwerte werden anscheinend häufig nur kurzfristig erreicht, so daß der Gipfel nicht immer gut ausgeprägt ist. Der folgende Abfall ist meist jedoch gut erkennbar. Die Zonengrenze 9/10a wurde durch die Probe Hv 765 auf  $1060 \pm 70$  a. v. Chr. datiert, was den Erwartungen voll entspricht.

Ein erster Anstieg der *Fagus*-Anteile dürfte nach Interpolation auf 800 bis 700 a v. Chr. zu datieren sein, ein weiterer Anstieg auf durchschnittlich über 5—7% der EMW s.l.-Summe wurde durch die Proben Hv 766, 237 und 1441 auf etwa 600 bis 400 a v. Chr. eingengt. Dieses Niveau entspricht etwa der Grenze zwischen dem Subboreal und dem Subatlantikum im Sinne von FIRBAS (1949, 1952); es markiert die Grenze 10a/b. Für die Abgrenzung der Zone 10b gegen die Zone 11 eignet sich vor allem ein Anstieg der *Fagus*-Anteile auf durchschnittlich 10% der EMW s.l.-Summe. Aus diesem Niveau stammt die Probe Hv 768 mit  $60 \pm 65$  a v. Chr. Häufig liegt hier auch die rationelle *Carpinus*-Grenze, jedoch spielt *Carpinus* zunächst auch weiterhin eine bescheidene Rolle. Der Beginn des „Steilanstiegs“ der *Fagus*-Kurve (durchschnittlich 15—20% der EMW s.l.-Summe) wurde durch die Probe Hv 676 auf rund 200 a n. Chr. datiert. Dem fügen sich aus Tholendorf/Eiderstedt (MENKE, im Druck) ein Siedlungshorizont der Röm. Kaiserzeit ein, der auf etwa 200 n. Chr. (BANTELMANN, mdl.) datiert wurde, ebenso einige  $^{14}\text{C}$ -Daten aus Nordfriesland (WIERMANN 1966a, wobei allerdings die Ursache einiger überraschend stark abweichender Daten unklar bleibt). In einem Profil aus Delve/Eider fallen in dieses Niveau die ersten Pollenfunde von *Secale*.

Die Ergebnisse zeigen, daß eine „Eichung“ pollenfloristischer Leithorizonte mit Hilfe von Radiocarbon-Datierungen durchaus möglich ist. Je mehr Daten aus vergleichbaren Niveaus verschiedener Profile vorliegen, desto begründeter werden natürlich die Aussagen. Sind genügende Erfahrungen vorhanden, so entsprechen sich Alterserwartung aufgrund der Pollenanalyse und Ergebnis der Radiocarbon-Datierung meist recht gut. In diesen Fällen ist dann eine doppelte Sicherung der Datierung gegeben, anderenfalls lassen sich oft Hinweise auf Fehlerquellen finden. Der besondere Vorteil der pollenanalytischen Datierung beruht darauf, daß sie sich auf übertragbare Leithorizonte gründet.

#### 4. Genetische Deutung der Schichtfolgen

Die Aussage im Hinblick auf die Frage der wechselnden Ingressivität der Nordsee hängt entscheidend von der Richtigkeit der geologischen Bewertung der Schichtfolgen ab. An dieser Stelle interessiert in erster Linie die Bewertung der Torfe, die sich in den brakischen Hinterländern und Ästuarien mit tonigen Ablagerungen verzahnen und häufig als Stillstands- oder Regressionsmarken im Verlauf des Meeresspiegelanstiegs angesehen werden. Für die geologische Bewertung der Torfe ist die Rekonstruktion ihrer Genese von entscheidender Bedeutung. Es muß daher versucht werden, die paläoökologischen Bedingungen zur Zeit der Ablagerung möglichst weitgehend zu rekonstruieren. Anderenfalls besteht die Gefahr, daß die Diskussion in rein gedanklichen Erwägungen steckenbleibt.

Die besten Zeiger der durchschnittlichen ökologischen Bedingungen zur Zeit der Ablagerung sind zweifellos die derzeitigen Lebensgemeinschaften, in diesem Fall die Pflanzengesellschaften. Es mußte also nach Wegen gesucht werden, die eine genügend weitgehende Rekonstruktion der früheren Pflanzengesellschaften an Hand möglichst kleiner Probenmengen gestatten. Das letzte ist wichtig, weil einerseits oft nur wenig Material zur Verfügung steht, es andererseits aber auch möglich sein muß, kurzfristige Änderungen durch enge Probenabstände zu erfassen. Die makroskopische Torfansprache genügt dafür keineswegs. Im Verlauf der pollenanalytischen Arbeiten wurde die Erfahrung gemacht, daß sich bestimmte Pollengruppen anscheinend immer wieder ganz ähnlich verhalten, so daß der Versuch unternommen werden konnte, die Pollenspektren nach ihrer Zusammensetzung zu „Spektrengruppen“ zusammenzufassen (MENKE 1968 u. im Druck). Dabei zeigten die charakteristischen Pollengruppen ein ganz ähnliches soziologisches Verhalten, wie ihre Mutterpflanzen es heute noch tun. Untersuchungen an Oberflächenproben aus rezenten Beständen untermauerten die vegetationskundliche Deutung der fossilen Spektren. Eine Zusammenfassung der paläosoziologischen Gliederung fossiler Spektren zeigt Tafel 2,

Spektrengruppe Form	vegetations- kundliche Deutung	ökologische Deutung			
		Hydrographie	mittl. Wasser- spiegel	Trophie	Ver- brackung
a 3 2 1	Erlen- Birken- (Gagel-) Bruch- wald	feucht	unter d. Oberfläche	eutroph meso- oligotroph "	süß
b 2 1	Hoch-u. Heidemoor	feucht		dystroph oligo-(dys-) troph	süß
c 4 3 2 1	Torfmoos- Natterzun- gen- Mädesüß- sonstig. Ried	feucht " " " bis naß		oligotroph ± " eutroph ± "	süß ± süß süß ± süß
c 5	Kleinseggen- Sumpf	naß	± in d. Oberfl.	oligotroph	süß
d	Farn-Sumpf	naß	± in d. Oberfl.	± mesotroph	süß
e 4 3 2 1	Schneiden- Rohrkolben- Reith- Simmsen- Röhricht	sehr naß	± über d. Oberfläche	± oligotroph meso- eutroph eutroph oligo- eutroph	fakult. brackig ± brackig
f	±vegetations- freies Watt				

Abb. 2. Vegetationskundliche und ökologische Deutung der fossilen Spektrengruppen aus Tafel II.

ihre vegetationskundliche und paläoökologische Deutung ist Abb. 2 zu entnehmen. Im einzelnen muß auf die Beschreibung verwiesen werden, die an anderer Stelle gegeben werden (MENKE 1968 u. im Druck).

Gliedert man die Pollendiagramme nach der Aufeinanderfolge der Spektrengruppen und ihrer Formen und legt man die paläoökologische Deutung zugrunde, so ergeben sich in der Regel „sinnvolle“ Abfolgen, die sich ihrer Entwicklungstendenz nach in zwei Gruppen zusammenfassen lassen:

- 1) Die „allogenen Serien“ zeichnen sich vor allem durch zunehmende Vernässung, Eutrophierung und gegebenenfalls durch Verbrackung aus. Sie werden klar durch äußere Einflüsse verursacht.
- 2) Die „± autogenen Serien“ sind vor allem durch abnehmende Vernässung, Aussüßung und häufig durch Oligo- bzw. Dystrophierung gekennzeichnet. Man kann natürlich darüber diskutieren, ob abnehmende Vernässung eine äußere oder „innere“ Ursache hat. Für die geologische Bewertung ist das jedoch von untergeordneter Bedeutung.

Die allogenen Serien verzeichnen sich klar mit den minerogenen Sedimenten, z. B. durch Einschaltung von ± vegetationsfreiem Brackton (f). Im einzelnen sind die Abläufe recht vielgestaltig. Die meisten Spektrengruppen bzw. Formen können sich sowohl in allogene wie in ± autogene Serien einschalten. Für die geologische Bewertung kommt es lediglich auf die Entwicklungsrichtung an. Anfang und Ende dieser Serien können im Gelände, überhaupt makroskopisch, nur mit wenigen Ausnahmen genügend sicher erkannt werden.

Es wurde zwar die Erfahrung gemacht, daß mit dem Einsetzen der Vermoorung meist auch eine deutlich autogene Serie einsetzt; die Datierung der Liegend- und Hangend-Torfe einer Tonschicht ist aber ohne nähere Analyse nicht immer ein geeignetes Mittel zur Datierung von Anfang und Ende einer Ingressionsfolge. Ein Beispiel mag dies erläutern:

Wenn eine dystrophente Hochmoorvegetation allmählich unter den Einfluß von Überflutungen gerät, so vermögen einzelne Überschwemmungen u. U. zunächst kaum eine durchgreifende Veränderung herbeizuführen. So findet man gelegentlich makroskopisch z. T. nicht sichtbare Anreicherungszone von haloben Diatomeen und Ton im Hochmoortorf, ohne daß eine Störung des Hochmoorwachstums erkennbar ist. In anderen Fällen nehmen in diesen Lagen etwa die *Ericales*-Anteile vorübergehend ab, die *Myrica*-Anteile vorübergehend zu. Mehr oder minder regelmäßige Überschwemmungen führen dann aber zu einer Eutrophierung, d. h. die dystrophente Hochmoorvegetation wird von einer mesobis eutraphenten Vegetation (z. B. *Myrica*-Gebüsche) abgelöst. Tritt gleichzeitig keine Vernässung ein, so kann das Torfwachstum offenbar zum Stillstand kommen. In anderen Fällen geht die Torfbildung im Flachmoor weiter (z. B.  $b_1$ — $a_3$ — $e_3$ ), dabei kann auch die Verbrackung zunehmen ( $e_3$ — $e_4$ — $f$ ), sie muß es freilich nicht. Würde man in diesem Beispiel (Braaken) die Probe für eine Radiocarbon-Datierung unmittelbar unter dem Torf-Ton-Kontakt (also in  $e_4$ ) entnehmen, so würde der Ingressionsbeginn zu jung datiert werden, da die allogene Serie schon mit dem Übergang von  $b_1$  zu  $a_3$  einsetzt. Hier muß richtig die Probe entnommen werden. Wie groß die zeitliche Differenz sein kann, läßt sich natürlich nicht allgemein sagen; die paläoökologisch vergleichbaren Niveaus können sich nämlich an verschiedenen Orten in recht unterschiedlicher Lage zum Torf-Ton-Kontakt befinden. So entstand in Braaken zu Beginn der „Dornum“-Ingression (Tafel 1) vor der Überdeckung durch Ton zunächst ein Flachmoortorf von ca. 100 cm Mächtigkeit, in einem Fall in Delve dagegen nur von ca. 20 cm. Im Falle einer Datierung des Torf-Ton-Kontaktes würde im ersten Fall ein Alter von etwa 2700 a. v. Chr., im zweiten von ca. 3000 a. v. Chr. zu erwarten sein. Die allogene Serie setzte in beiden Fällen aber kurz vor etwa 3000 a. v. Chr. ein. Im ersten Fall müßte die Probe gut 100 cm, im zweiten dagegen gut 20 cm unter dem Torf-Ton-Kontakt entnommen werden. Diese Niveaus lassen sich am besten vergleichen. Eine Probenentnahme für Radiocarbon-Datierungen allein auf petrographischer Basis ist daher mit Unsicherheiten in bezug auf das vergleichbare genetische Niveau behaftet.

Auf paläosoziologischer Basis ist anscheinend eine bessere, genetisch begründete Definition von Anfang und Ende einer „Ingressionsfolge“ als auf rein petrographischer Basis möglich: Als Anfang wird der Beginn einer allogenen Serie angesehen, als Ende der Beginn einer  $\pm$  autogenen Serie, wobei freilich nicht unbedingt alle allogenen Serien durch Ingressionen verursacht worden sein müssen. Die Anwendung dieser Forderung setzt aber eine Probenentnahme für Radiocarbon-Datierungen erst aufgrund der paläobotanischen Entwicklung und der sonstigen makro- und mikroskopischen Befunde voraus.

## 5. Datierung der genetischen Serien und Folgerungen

Ein Überblick über die bisherigen Ergebnisse wird an anderer Stelle (MENKE 1968 u. im Druck) gegeben; im einzelnen muß die Veröffentlichung des Materials den geplanten Gebietsbeschreibungen vorbehalten bleiben. Hier kann nur kurz auf wenige Beispiele eingegangen werden. Aus Tafel 1 ist die Verknüpfung dieser Serien mit der allgemeinen Vegetationsgeschichte und den Radiocarbon-Datierungen ersichtlich, die Symbole in den Spalten „Serien“ beziehen sich auf Tafel 2 und Abb. 2.

Als wesentliches Ergebnis kann festgehalten werden, daß in verschiedenartigen Landschaften zur gleichen Zeit im großen und ganzen gleichsinnige Entwicklungstendenzen auftraten, freilich mit lokalen Abwandlungen. An der Eider machte sich die bisher älteste Ingression (ca. —20 m NN) wahrscheinlich im frühen Atlantikum bemerkbar. Die Konsequenzen, die sich für die Genese erheblich höher liegender, aber älterer Basaltorfe ergeben, haben LANGE & MENKE (1967) erläutert. Auf der Eider-Terrasse (ca. —10 bis —11 m NN) erfolgte die erste brackische Beeinflussung wahrscheinlich um 5200 bis 5000 a. v. Chr. (Hv 628 mit  $5165 \pm 90$  a. v. Chr.). Anschließend wurde ein mächtiges Tonpaket

abgelagert. Eine großflächige Vermoorung (ca. —5 bis —6 m NN) setzte dann wohl um 4500 a v. Chr. (Schätzung nach Hv 629) ein, zunächst mit einer klaren autogenen Serie (f — e<sub>4</sub> — e<sub>3</sub> — a<sub>1</sub>, in Tafel 1, unten) um 4500 bis 4000 a v. Chr., die dann bald von einer allogenen Serie, die aber hauptsächlich in der Torffazies verlief und nur gelegentlich zur Einschaltung dünner Tonlagen führte, abgelöst wurde (a<sub>1</sub> — e<sub>2</sub>). Sie endete noch vor 3000 a v. Chr. (Zonenwende 8/9 und Hv 627). Es folgte wieder eine ± autogene Serie (e<sub>2</sub> — c<sub>4</sub>) kurz vor 3000 a v. Chr. Diese ± autogenen Serien kurz vor 3000 a v. Chr. sind an der Eider, an der Treene (Wildes Moor) und im Miele-Gebiet (Braaken) deutlich erkennbar.

MÜLLER (1962) datierte im Wesergebiet Unterbrechungen im Transgressionsverlauf auf etwa 4200 bis 4000 a v. Chr. und auf 3300 bis 3000 a v. Chr. In Holland (BRAND, HAGEMAN usw. 1965) wurden derartige Unterbrechungen auf etwa 4300 und auf etwa 3200 a v. Chr. datiert. Unter Berücksichtigung der bisherigen geringen statistischen Sicherheit der Daten lassen sich diese Unterbrechungen zwanglos als gleichzeitig ansehen.

Eine kräftige Ingression fand an der Eider und in Braaken in der Zeit von etwa 3000 a v. Chr. bis um 2400 a v. Chr. statt, mit einer möglichen kurzen Unterbrechung um 2800 a v. Chr. (Interpolation). Für das Ende dieser allogenen Serien liegen folgende Daten vor:

Hv 1445:2150 ± 85 a v. Chr., nach Beginn der Oligotrophierung (Braaken)

Hv 624:2400 ± 75 a v. Chr., nach Beginn der Dystrophierung (Delve-92)

Hv 625:2515 ± 75 a v. Chr., Zeit der Oligotrophierung (D-92)

Hv 631:2615 ± 100 a v. Chr., Beginn der Aussüßung (D-122).

Damit kann das Ende dieser Ingression auf etwa 2500 bis 2200 a v. Chr. eingengt werden. Die entsprechenden Daten lauten für das Ende dieser Ingression aus dem Wesergebiet (MÜLLER 1962): 2400 (2000) a v. Chr. und aus Holland (BRAND, HAGEMAN usw. 1965): etwa 2200 a v. Chr. Auch hier ergibt sich in Anfang (um 3000 a v. Chr.) und Ende (um 2500 bis 2200 a v. Chr.) dieser Ingression eine offensichtliche Übereinstimmung der Daten. Die mit dem Ende der Ingression einsetzenden ± autogenen Serien zeichnen sich vielenorts durch sehr rasche Dystrophierung aus, wobei zwischen echten Gezeiten-Sedimenten (f), die unter dem derzeitigen MTHW abgelagert sein dürften und echten Hochmoortorfen, die erheblich über dem MTHW gewachsen sein müssen, oft nur wenige Zentimeter Niedermoortorfe eingeschaltet sind, die überstürzte Entwicklungen von einer salzbeeinflussten Vegetation (e<sub>4</sub> mit Foraminiferen) zu einer oligotrophen Süßvegetation erkennen lassen und für deren Ablagerung nur eine kurze Zeitspanne zur Verfügung stand. Somit wird man vielfach an ein echtes Absinken des örtlichen MTHW denken müssen. In diesem Zusammenhang muß vielleicht auch die jungsteinzeitliche Marschensiedlung (v. REGTEREN ALTENA & BAKKER 1962 u. 1963, zit. BANTELMANN 1966) in Vlaardingen gesehen werden.

Hier interessieren auch Torfhorizonte aus der Zeit wahrscheinlich um 2000 a v. Chr. (beginnende *Fagus*-Kurve bei fehlenden *Myrica*- und nur sehr vereinzelt *Carpinus*-Pollen), die R. OVERBECK (1965) in Süderdithmarschen *seewärts* von der fossilen Ausgleichsküste bei Hemmingstedt fand. In zwei Fällen wurden diese Torfe von WIERMANN (zit. R. OVERBECK) pollenanalytisch untersucht. Der höher gelegene Torf (ca. —4,5 bis —5,0 m NN) entstand den Pollenspektren nach unter einer Süßvegetation vom Riedtyp (c), z. T. mit *Ophioglossum*, im tiefer gelegenen (ca. —5,5 bis —6,0 m NN) sind die Anteile der für die Riedspektrengruppe bezeichnenden Kräuterpollen nur sehr gering vertreten, dafür die Chenopidiaceen-Anteile höher. Beide Torfe, die in die gleiche Zeit zu datieren sind, führen Hystrichophaeren als Überschwemmungszeiger. Sie sind auf Ton gewachsen und von Sand überdeckt worden. Wesentlich ist, daß auch noch *seewärts* von der fossilen Küste der marine Einfluß um 2000 a v. Chr. demnach deutlich abgenommen haben dürfte. Über die ursprüngliche Tiefenlage der Torfe lassen sich keine sicheren An-

gaben machen. An der Eider und in Braaken liegen die zeitlich entsprechenden Horizonte meist um  $-2,5$  bis  $-3$  m NN, was den Angaben aus Holland und aus dem Weser-Gebiet (MÜLLER 1962) etwa entspricht. Ob die tiefe Lage der von R. OVERBECK gefundenen Torfe nur auf Setzung zurückzuführen ist oder ob die Torfe schon primär tiefer lagen, bleibt offen.

Der Meereseinfluß wurde an der Eider und in Braaken um 1900 bis 1800 a. v. Chr. wieder deutlich stärker. Im Profil Braaken markiert die Probe Hv 1444 mit  $1875 \pm 65$  a. v. Chr. den Beginn einer neuen allogenen Serie, die hier um 1800 bis 1700 a. v. Chr. kurzfristig unterbrochen wurde (Hv 1443) und die dann bis etwa 1400 oder 1300 a. v. Chr. (Interpolation) andauerte, auf jeden Fall aber spätestens um 1100 a. v. Chr. (Zonenwende 9/10a) endete. Die Hauptphase der allogenen Serie fiel wohl in die Zeit um 1600 bis 1500 a. v. Chr. Dieser Ingression gehören zweifellos die überdeckenden Sande der von R. OVERBECK beschriebenen Torfe an, jedenfalls deren ältere Teile. Das bedeutet, daß die Auffüllung mit Treibsand in diesem Küstenbereich erst im Laufe der älteren Hälfte des 2. vorchristlichen Jahrtausends einsetzte. Das deckt sich mit archäologischen Befunden (BANTELMANN 1966).

An der Eider liegen die Verhältnisse etwas anders (MENKE 1968), jedoch erfolgten auch hier in diesem Zeitbereich vielfach deutlich allogene Beeinflussungen.

Vergleichbare Daten lauten aus dem Wesergebiet (MÜLLER 1962) für eine entsprechende Ingression: 1900 bis etwa 1300 a. v. Chr., aus Holland (BRAND, HAGEMAN usw. 1965): etwa 1600 bis etwa 1000 a. v. Chr. Es handelt sich auch hier anscheinend um eine weit verbreitete Erscheinung.

Dann folgte in Braaken wieder eine autogene Serie. Wahrscheinlich um 800 bis 700 a. v. Chr. (Interpolation!) traten hier einzelne allogene Störungen auf, die aber nicht zu einer bleibenden Eutrophierung des Hochmoores führten. Eine ähnliche Erscheinung zeigt vielleicht ein Profil aus Husum. MÜLLER datierte eine Ingression auf etwa 1200 bis 900 (750) a. v. Chr. Möglicherweise handelt es sich um vergleichbare Erscheinungen, die aber in Schleswig-Holstein noch zu wenig belegt sind.

Kräftige allogene Serien setzen dann aber an der Eider und in Braaken wieder um 600 bis 500 a. v. Chr. ein und endeten wahrscheinlich um kurz vor Chr. Geb. Aus dem Wesergebiet gibt MÜLLER (1962) für diese Zeit keine Ingression an, wohl ist aber eine solche aus Holland beschrieben worden, wo sie ebenfalls auf die Zeitspanne von etwa 500 a. v. Chr. bis Chr. Geb. datiert wurde (BRAND, HAGEMAN usw. 1965).

Eine erneute Versalzung eines vorherigen oligotraphenten Süßrasens wurde in Tholendorf/Eiderstedt auf rund 100 a. n. Chr. (Interpolation!) datiert (MENKE, im Druck). Ihr entspricht zeitlich eine Störung (Hiatus, Mineralgehalt, halobe Diatomeen zwischen Hv 768 und Hv 676) in einem Hochmoor an der Eider. Nach MÜLLER (1962) setzte an der Weser ebenfalls um 100 a. n. Chr. eine Ingression ein, in Holland (BRAND, HAGEMAN usw. 1965) eine solche um 250 a. n. Chr. Die nachchristlichen Ablagerungen lassen sich wegen ihrer Oberflächennähe und häufig nur geringen Torfbildung mit Hilfe der Radiocarbon-Methode oft nur schwer datieren.

Im großen und ganzen scheinen sich von den Niederlanden bis nach Schleswig-Holstein zeitlich gut übereinstimmende „Ingressionen“ abzuzeichnen, denen die bisher untersuchten allogenen Serien zugeordnet werden müssen. In den einzelnen Profilen wird zwar immer die jeweils streng lokale Entwicklung mit Hilfe der Pollen-Analyse erfaßt, jedoch sind die „Ingressionen“ vegetationsgeschichtlich vielfach auch mit allgemeinen Verschiebungen in den Baumpollenspektren gekoppelt, dergestalt, daß die *Alnus*-Anteile relativ ab-, die EMW s. l.-Anteile relativ zunehmen und zwar auch dort, wo keine örtlichen Waldbestände nachweisbar sind. Anscheinend führten die Einbrüche in den sumpfigen Niederungen zu Waldvernichtungen (*Alnus*) wodurch der Pollenanflug von den Mineralböden der Geest her ein relativ stärkeres Gewicht erhielt (hauptsächlich EMW s. l.).

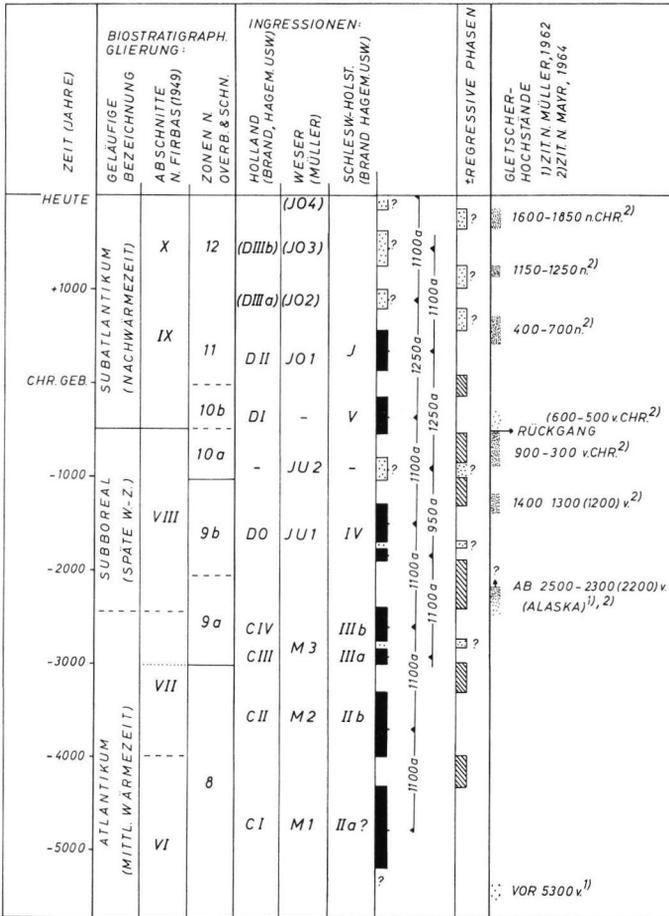


Abb. 3. Datierung „ingressiver“ und „regressiver“ Phasen im Bereich der südlichen Nordsee.

Vor allem in den Zeitspannen von etwa 2400 bis 1900 a. v. Chr., von ca. 1300 bis ca. 600 a. v. Chr. und um Chr. Geb., häuften sich besonders klare autogene Serien, oft mit Hochmoorbildung als Abschluß. Andererseits sind in den Niedermooren nicht selten auch Austrocknungsphasen (Vererdungszonen im Torf mit Pollenzersetzung) vorhanden, die in diese Zeiten datiert werden müssen. Im Gelände werden sie leicht übersehen, so daß über ihre Verbreitung noch wenig bekannt ist. In Zukunft verdienen sie eine stärkere Beachtung, da sie für Grundwasserabsenkungen oder für Stillstände im Anstieg sprechen können. Sollte in diesen Zeiten das Grundwasser tatsächlich vielfach abgesunken sein, so wäre damit eine zwanglose Erklärung für die Herausbildung der Sackungsmorphologie mit allen hydrologischen Folgeerscheinungen gegeben. Man könnte z. B. daran denken, daß die folgenden Ingressionen dann besonders die tiefliegenden Gebiete betroffen hätten, sofern das Meer Zugang hatte, daß sie aber auf hochliegenden, stabilen Flächen u. U. kaum nachweisbar wären. Solche Verhältnisse sind möglicherweise in Eiderstedt vorhanden (MENKE, im Druck), wo die erste nachchristliche Ingression in den tiefen Gebieten zwischen den Wällen zur Versalzung und Marschenbildung führte, während um die gleiche Zeit auf einer damals schon hoch liegenden Marsch (Tofting, BANTELMANN 1955) eine Süßvegetation nachgewiesen wurde. Die Verhältnisse liegen also keineswegs immer

so klar, wie in den oben geschilderten Fällen. Das gilt anscheinend auch für Nordfriesland (PRANGE 1963, 1967a, 1967b). WIERMANN (1962) gelangte jedoch auch für dieses Gebiet zur Annahme eines Meeresvorstoßes von etwa 500 bis 100 v. Chr., was sich vollkommen mit den allgemeinen Erfahrungen deckt. Über das ältere Ingressionsgeschehen ist aus Nordfriesland allerdings noch wenig bekannt, da die meisten Profile WIERMANN'S (1962) nur die minerogene Ü b e r d e c k u n g des subborealen Torfes zeigen.

Ein nachchristlicher Meeresvorstoß wurde von WIERMANN (1962) zunächst auf 500 bis 800 n. Chr. datiert, später wurden aufgrund neuer <sup>14</sup>C-Daten etwas ältere Daten (WIERMANN 1966b) angenommen. Wählt man nicht den Torf-Ton-Kontakt, sondern entsprechend der oben erläuterten Forderung den Beginn der Zunahme der Halophyten-Pollen als Kriterium für den Beginn der Ingression, so kommt man auch in diesem Fall (Bordelum, WIERMANN 1966b) auf ein Alter von rund 200 a. n. Chr., was wiederum den allgemeinen Erfahrungen entsprechen würde.

Die Grabung Tofting (BANTELMANN 1955) zeigte, daß es bereits um Chr. Geburt Marschen gab, deren Oberfläche noch heute zu den höchsten gehört. Man wird also damit rechnen können, daß das MTHW heute nicht höher ist als etwa im Maximum der letzten vorchristlichen Ingression.

Das schließt jedoch nicht aus, daß es seitdem Zeiten gab, in denen das MTHW niedriger lag.

Vergleicht man die bisher vorliegenden Daten und setzt ihre Richtigkeit voraus, so lassen die „ingressiven“ Phasen anscheinend eine deutliche Periodizität erkennen, ganz ähnlich wie sie BENNEMA (1954) und BAKKER (1954) gefordert haben (Abb. 3). Für sie wird hauptsächlich eine klimatische Periodizität verantwortlich gemacht werden dürfen.

Verschiedentlich ist auf Beziehungen zwischen dem Eishaushalt der Erde und Schwankungen im Verlauf des Meeresspiegelanstiegs hingewiesen worden. (IVERSEN 1937, BENNEMA 1954, BAKKER 1954, GRAUL 1960, MÜLLER 1962 u. a.). Tatsächlich scheinen zwischen den Gletscherhochständen und den  $\pm$  regressiven Phasen zeitliche Parallelen vorhanden zu sein (Abb. 3), wobei freilich die Ingressionen nicht ausschließlich eustatische Ursachen haben müssen und ferner auch zu berücksichtigen ist, daß die Daten noch viel zu wenig gesichert sind, um schon weitreichende Schlußfolgerungen zuzulassen.

#### Zitierte Literatur

- BAKKER, J. P.: Relative sea-level changes in Northwest Friesland (Netherlands) Since pre-historic times. — *Geol. en Mijnb.*, N. S. **16**, 232—246, Gravenhage 1954.
- BANTELMANN, A.: Tofting, eine vorgeschichtliche Warft an der Eidermündung. — *Offa-Bücher* 1955. — : Die Landschaftsentwicklung im nordfriesischen Küstengebiet, eine Funktionschronik durch fünf Jahrtausende. — *Die Küste*, **14**, 5—99, Heide i. H. 1966.
- BENNEMA, J.: Bodem- en Zeespiegelbewegingen in het Nederlandse kustgebied. — *Bor en Spade*, **VII**, 1—96, 1954.
- BRAND, G., B. P. HAGEMAN, S. JELGERSMA & K. H. SINDOWSKI: Die lithostratigraphische Unterteilung des marinen Holozäns an der Nordseeküste. — *Geol. Jb.*, **82**, 365—384, Hannover 1965.
- DEWERS, F.: Das Alluvium in: *Geologie und Lagerstätten Niedersachsens*, **3**, 268—454, Oldenburg i. O. 1941.
- DITTMER, E.: Die nacheiszeitliche Entwicklung der schleswig-holsteinischen Westküste. — *Meyniana*, **1**, 138—168, Kiel 1952.
- FIRBAS, F.: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. **1**, Jena 1949, **II**, Jena 1952.
- GRAUL, H.: Der Verlauf des glazialeustatischen Meeresspiegelanstieges, berechnet an Hand von C-<sup>14</sup>-Datierungen. — *Deutscher Geographentag in Berlin 1959. Tagungsbericht und wissenschaftl. Abhdlg.*, 232—242, Wiesbaden 1960.
- HAARNAGEL, W.: Das Alluvium an der deutschen Nordseeküste. — *Probleme der Küstenforschung im Gebiet der südlichen Nordsee*, **4**, 146 S., Hildesheim 1950.

- IVERSEN, Johs.: Undergøselser over Litorinatrangressioener i Danmark. - Med. Dansk. Geol. För., **5**, 169—188, 1937.
- JELGERSMA, S.: Holocene Sea Level Changes in the Netherlands. — Meded. Geol. Sticht. **C/VI**, 7, 100 S., Maastricht 1961.
- LANGE, W. & B. MENKE: Beiträge zur frühpostglazialen erd- und vegetationsgeschichtlichen Entwicklung im Eidergebiet, insbesondere zur Flußgeschichte und zur Genese des sogenannten Basistorfes. — Meyniana, **17**, 29—44, Kiel 1967.
- MAYR, F.: Untersuchungen über Ausmaß und Folgen der Klima- und Gletscherschwankungen seit Beginn der postglazialen Wärmezeit. — Z. Geomorph. N. F. **8**, 257—285, Berlin 1964.
- MENKE, B.: Ein Beitrag zur pflanzensoziologischen Auswertung von Pollendiagrammen, zur Kenntnis früherer Pflanzengesellschaften in den Marschenrandgebieten der schleswig-holsteinischen Westküste und zur Anwendung auf die Frage der Küstenentwicklung. — Mitt. Flor.-soz. Arb.-gem. N. F. **13**, 195—224, Todemann/Rinteln 1968.
- : Vegetationskundliche und vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an Strandwällen (Mit Beiträgen zur Vegetationsgeschichte sowie zur Erd- und Siedlungsgeschichte Westeiderstedts). Mitt. Flor.-soz. Arb.-Gem. N. F. **14**, Todemann/Rinteln, im Druck.
- MÜLLER, W.: Der Ablauf der holozänen Meerestransgression an der südlichen Nordseeküste und Folgerungen in bezug auf eine geochronologische Holozängliederung. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **13**, 197—226, Öhringen 1962.
- OVERBECK, F.: Bisherige Ergebnisse der botanischen Moorforschung zur Frage der Küstensenkung an der deutschen Nordsee. — Abh. Naturw. Ver. Bremen **29**, 48—73, Bremen 1934.
- OVERBECK, R.: Über den Aufbau der Marsch am Geestrand bei Lieth westlich von Hemmingstedt. — Unveröff. Diplomarbeit (Geolog. Institut der Universität Kiel). Kiel 1965.
- PRANGE, W.: Das Holozän und seine Datierung in den Marschen des Arlau-Gebietes, Nordfriesland. — Meyniana, **13**, 47—76, Kiel 1963.
- : Über die Beziehungen zwischen Schichtfolge und Meeresspiegelanstieg im Holozän der Nordseemarschen. — Geol. Rundschau, **56**, 709—726, Stuttgart 1967 (1967a).
- : Geologie des Holozäns in den Marschen des nordfriesischen Festlandes. — Meyniana, **17**, 45—94, Kiel 1967 (1967b).
- SCHÜTTE, H.: Sinkendes Land an der Nordsee? — Schr. Deutsch. Naturkundever., N. F., **9**, 144 S., Öhringen 1939.
- WIERMANN, R.: Botanisch-moorkundliche Untersuchungen in Nordfriesland. Ein Beitrag zur Frage nach dem zeitlichen Ablauf der Meeresspiegelschwankungen. — Meyniana, **12**, 97—146, Kiel 1962.
- : <sup>14</sup>C-Datierungen zum zeitlichen Ablauf der marinen Transgression bei Schlüttsiel (Nordfriesland). — Meyniana, **16**, 117—122, Kiel 1966. (1966a).
- : <sup>14</sup>C-Daten zur Moor- und Marschengeschichte bei Bordelum (Nordfriesland). — Flora **156**, 237—251, Jena 1966 (1966b).

Manusk. eingeg. 12. 9. 1968.

Anschrift des Verf.: Dr. B. Menke, Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, 23 Kiel, Mecklenburger Straße 22/24.