# ABHANDLUNGEN

aus dem Landesmuseum für Naturkunde
zu Münster in Westfalen

herausgegeben von

Dr. L. FRANZISKET
Direktor des Landesmuseums für Naturkunde, Münster (Westf.)

18. JAHRGANG 1956, HEFT 2


# Zur Vegetationsgeschichte des Heiligen Meeres bei Hopsten (Westfalen)


von FRED-GÜNTER SCHROEDER, Dortmund


---


MÜNSTER (WESTF.) · 1. FEBRUAR 1957

# Inhaltsangabe

I. Einleitung . . . . . 3

II. Die Bohrungen und ihre Ergebnisse . . . . . 5

1. Technik und Durchführung der Bohrungen . . . . . 5
2. Zur Topographie des Seebeckens . . . . . 10
3. Menge und Beschaffenheit des Schlammes. Eisengehalt . . . . . 11

III. Die Pollenanalysen und ihre Ergebnisse . . . . . 14

1. Technik . . . . . 14
2. Die Hauptprofile 80 und 130 . . . . . 14
3. Sonstige Pollenanalysen am Heiligen Meer . . . . . 15
4. Pollenanalysen aus dem Vinter Moor . . . . . 17
5. Datierung und Ausdeutung der Pollendiagramme . . . . . 17

IV. Rekonstruktion der Vegetationsentwicklung des Heiligen Meeres seit seiner Entstehung; seine heutige Vegetation und seine wahrscheinliche Weiterentwicklung . . . . . 30

Zusammenfassung . . . . . 36

Literaturverzeichnis . . . . . 38

# Zur Vegetationsgeschichte des Heiligen Meeres bei Hopsten (Westfalen)*

von FRED-GÜNTER SCHROEDER, Dortmund

## I. Einleitung

Über die geologischen Verhältnisse der Heilig-Meer-Zone hat F. LOTZE in der vorangehenden Abhandlung (18. Jahrg. Heft 1) eingehend berichtet. Damit ist der größere Rahmen abgesteckt, und die vorliegende Arbeit soll sich nun speziell mit der bedeutendsten Einzelerscheinung des Gebietes, dem Heiligen Meer selbst, beschäftigen. Es kam darauf an, mit Hilfe der Pollenanalyse soweit möglich das Alter und das frühere Aussehen des Gewässers sowie die Vegetationsgeschichte der Umgebung zu erforschen und eine abgerundete Darstellung der vermutlichen vergangenen und zukünftigen Entwicklung des Sees zu geben.

Als größter natürlicher See Westfalens wurde das Heilige Meer schon mehrfach von biologischer Seite untersucht. Als Grundlage seien die Ergebnisse der wichtigsten Arbeiten hier kurz zusammengefaßt.

Nach einigen kleineren Mitteilungen (KLOCKE 1892—94, SCHWAR 1900) und einer faunistischen Bearbeitung (KEMPER 1930) untersuchte GRAEBNER (1930) eingehend die höhere Flora des gesamten Schutzgebietes, 1931 folgte KOPPE mit der Moosflora. Beide Verfasser zeigen die Unterschiede zwischen dem Heiligen Meer und dem zwar etwas kleineren, aber doch morphologisch sehr ähnlichen Erdfallsee auf und gehen auch schon auf die Entwicklungsgeschichte ein. Danach zeigt der Erdfallsee, ebenso wie der (große) Heideweiher, einen ausgesprochen oligotrophen Charakter, wogegen das Heilige Meer zum eutrophen Typ zu stellen ist. Es ist von den typischen eutrophen Verlandungsgürteln umgeben, die nur am Westufer etwas

---

* Dissertation aus dem Botanischen Institut der Westfälischen Wilhelms-Universität, Münster. Direktor: Prof. Dr. S. STRUGGER.

unterbrochen sind. Der Erdfallsee dagegen besitzt keine derartigen Gürtel, die entsprechenden Pflanzen treten höchstens ganz vereinzelt oder in Kümmerformen auf. GRAEBNER führt die Eutrophie des Heiligen Meeres allein auf dessen schon weiter fortgeschrittene Entwicklung zurück. KOPPE geht einen Schritt weiter und zieht auch die Tatsache zur Erklärung heran, daß das Heilige Meer im Gegensatz zum Erdfallsee nicht an allen Seiten von nährstoffarmem Sandboden umgeben ist, sondern am Ostufer von „Wald- und Wiesengebieten" begrenzt wird. Außerdem berühre es bei seiner „Tiefe von 15,4 m" möglicherweise Schichten, die nährstoff- und kalkreicher seien.

So war die Diskussion über den Seetyp und die Entwicklungsgeschichte des Heiligen Meeres in Gang gebracht, und es wurde nun auch speziell von limnologischer Seite untersucht. 1938 erschien eine ausführliche Abhandlung von KRIEGSMANN über die Produktionsbiologie des Pelagials. KRIEGSMANN untersuchte als erster eingehend die Morphologie des Seebeckens (Tiefenkarte) sowie den Chemismus; seine ursprüngliche Absicht, auch den Erdfallsee mit einzubeziehen, konnte er leider nicht verwirklichen Er beschäftigte sich ferner mit dem Zu- und Abfluß, der Meerbecke, und stellte fest, daß zumindest im Sommer die Menge des abfließenden Wassers die des zufließenden erheblich übersteigt. Es müssen also Grundwasserquellen vorhanden sein, die beträchtliche Wassermengen zuführen. In Bezug auf die chemischen Verhältnisse lasse die höhere Litoralflora auf eine „mäßige, kulturbedingte Eutrophie" schließen. Auch nach den chemischen Analysen trage das Seewasser weitgehend eutrophe Züge; andererseits neige aber die Produktion des Pelagials zur Oligotrophie. Diese Unstimmigkeit erklärt KRIEGSMANN durch den eigentümlichen Eisenhaushalt des Sees. Den starken Eisengehalt des Heiligen Meeres hatten auch frühere Beobachter schon hervorgehoben. Das Wasser ist so stark eisenhaltig, daß es während der Vollzirkulation durch ausgefälltes $Fe(OH)_3$ auffallend braun gefärbt ist. Die Herkunft des Eisens führt KRIEGSMANN in der Hauptsache auf Einschwemmung durch die Meerbecke zurück, deren Eisengehalt zeitweise sehr groß ist. Zugleich wies er aber durch Analysen des Grundwassers in der Umgebung nach, daß auch dieses sehr viel Eisen enthält. Durch die lichtabschirmende, phosphatadsorbierende und vielleicht auch direkt giftige Wirkung des Eisens werden also die an sich eutrophen chemischen Verhältnisse des Sees so verändert, daß sie für das Plankton effektiv oligotroph werden, betont KRIEGSMANN abschließend. Das Heilige Meer sei demnach zur Gruppe (nach THIENEMANN 1931) der „einseitig charakterisierten Seetypen" mit „im allgemeinen oligotropher Entwicklung des Lebens" zu stellen.

Den bedeutsamsten Beitrag zur Erforschung der Entwicklungsgeschichte lieferte schließlich BUDDE (1942). Er ging besonders auf die Meerbecke ein und wies nach, daß deren oberer Teil ein künstlicher Entwässerungsgraben ist, der erst um 1850 angelegt wurde. Die mutmaßliche Entwicklung des Heiligen Meeres faßt BUDDE etwa so zusammen: Vor dem Einbruch bestand im Nordteil des Gebietes ein acidotropher Teich, wie der jetzige (große) Heideweiher. Dann brach das südliche tiefe Becken ein, und durch Verbindung dieser beiden Teile entstand ein See, der in allen Verhältnissen dem heutigen Erdfallsee glich. Dieser oligotrophe See wurde erst im letzten Jahrhundert durch menschlichen Einfluß verändert: die damals künstlich geschaffene Meerbecke führt ihm seitdem große Mengen Eisen und Nährstoffe zu und bedingt so den jetzigen bereits eutrophen Charakter ebenso wie den heutigen extremen Eisenhaushalt. Hätte der Mensch nicht eingegriffen, so wäre das Heilige Meer noch heute etwa so beschaffen wie der Erdfallsee. Dieser wird voraussichtlich seinen jetzigen Zustand noch lange beibehalten, da er keine eutrophierenden Zuflüsse erhält. Das Heilige Meer aber geht einer immer stärkeren Eutrophierung und damit einer immer schnelleren Verlandung entgegen.

So weit die Ansichten früherer Autoren. Vorliegende Arbeit wurde als Dissertation im Botanischen Institut der Universität Münster angefertigt. Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. H. BUDDE, der mir das Thema stellte, bin ich zu tiefem Dank verpflichtet. Leider konnte ich ihm wegen seines vorzeitigen Todes die abgeschlossene Arbeit nicht mehr vorlegen. Auch dem Direktor des Institutes, Herrn Prof. Dr. S. STRUGGER, der mich in großzügiger Weise als Doktoranden übernahm, schulde ich verbindlichen Dank. Für zahlreiche Ratschläge und Hinweise danke ich u. a. Herrn Prof. Dr. F. LOTZE und Herrn Dr. F. RUNGE, Münster, für technische Unterstützung insbesondere dem Wasser- und Schiffahrtsamt Osnabrück sowie Herrn F. HESPELING, Hopsten, und nicht zuletzt Herrn Stationswart H. LIPPMANN, der mir bei der Außenarbeit auf dem See stets mit Rat und Tat beiseite stand.

## II. Die Bohrungen und ihre Ergebnisse

### 1. Technik und Durchführung der Bohrungen.

a) Technik.

Es war notwendig, im tiefen Südteil des Sees bei etwa 10 m Wassertiefe die gesamte Schlammschicht unbekannter Mächtigkeit bis auf den Untergrund zu durchbohren, um die Tiefenlage der Sandoberfläche (im Folgenden kurz als „Sandtiefe" bezeichnet) zu ermitteln und zugleich Proben für die Pollenanalyse zu entnehmen.

Für die meisten Bohrungen wurde ein HILLERscher Torfbohrer mit 20 m Gestänge benutzt, der zwar den Nachteil hatte, bei jeder Bohrung nur 25 cm Sediment heraufzuschaffen, sich im übrigen aber sehr gut bewährte. Außerdem wurden einige Proben aus der Schlammoberfläche mit dem NAUMANNschen Rohrlot entnommen.

Als Fahrzeug bei den Unterwasserbohrungen diente eine „Behelfsbohrfähre", wie sie WASMUND (1936) beschreibt: zwei Eisenboote wurden nebeneinandergelegt und durch Balken und Bretter verbunden. (Diese Boote wurden freundlicherweise vom Wasser- und Schiffahrtsamt Osnabrück sowie von Herrn F. HESPELING, Hopsten-Aa, mehrmals kostenlos zur Verfügung gestellt.) Die Verankerung war infolge der Kleinheit des Sees verhältnismäßig einfach: es wurde ein Draht quer über den See gespannt und am Ufer an Bäumen befestigt; damit war zugleich die Richtung eines Linienprofils gegeben. Die Fähre wurde an dem Draht entlanggezogen und bei den Bohrpunkten daran befestigt. Meist genügte diese Art der Festlegung; andernfalls wurde noch ein zweiter, schräg gespannter Draht angebracht.

Für einige Bohrungen im Röhricht des Nordteils genügte ein einfaches Boot.

Im Februar 1955 konnte das Linienprofil CD von der Eisdecke aus erbohrt werden; eine Verankerung durch Drähte war hier nicht möglich gewesen, da diese im Nordteil des Sees nicht zu befestigen waren.

Zur Lage der Linienprofile und Bohrpunkte siehe Abb. 1.

b) Linienprofil AB.

Es erstreckt sich in Südwest—Nordost-Richtung etwa über die Mitte des südlichen Seebeckens mit den tiefsten Stellen hinweg. Es wurden zwei vollständige geschlossene Profile erbohrt. An drei weiteren Stellen wurde aus der Schlammschicht in vertikalen Abständen von 1 m je eine Kammer voll Sediment (25 cm) entnommen („Unterbrochene Profile"). Schließlich wurde an zahlreichen Punkten nur die Sandtiefe ermittelt, um die ursprüngliche Gestalt des Einbruchsbeckens festzulegen.

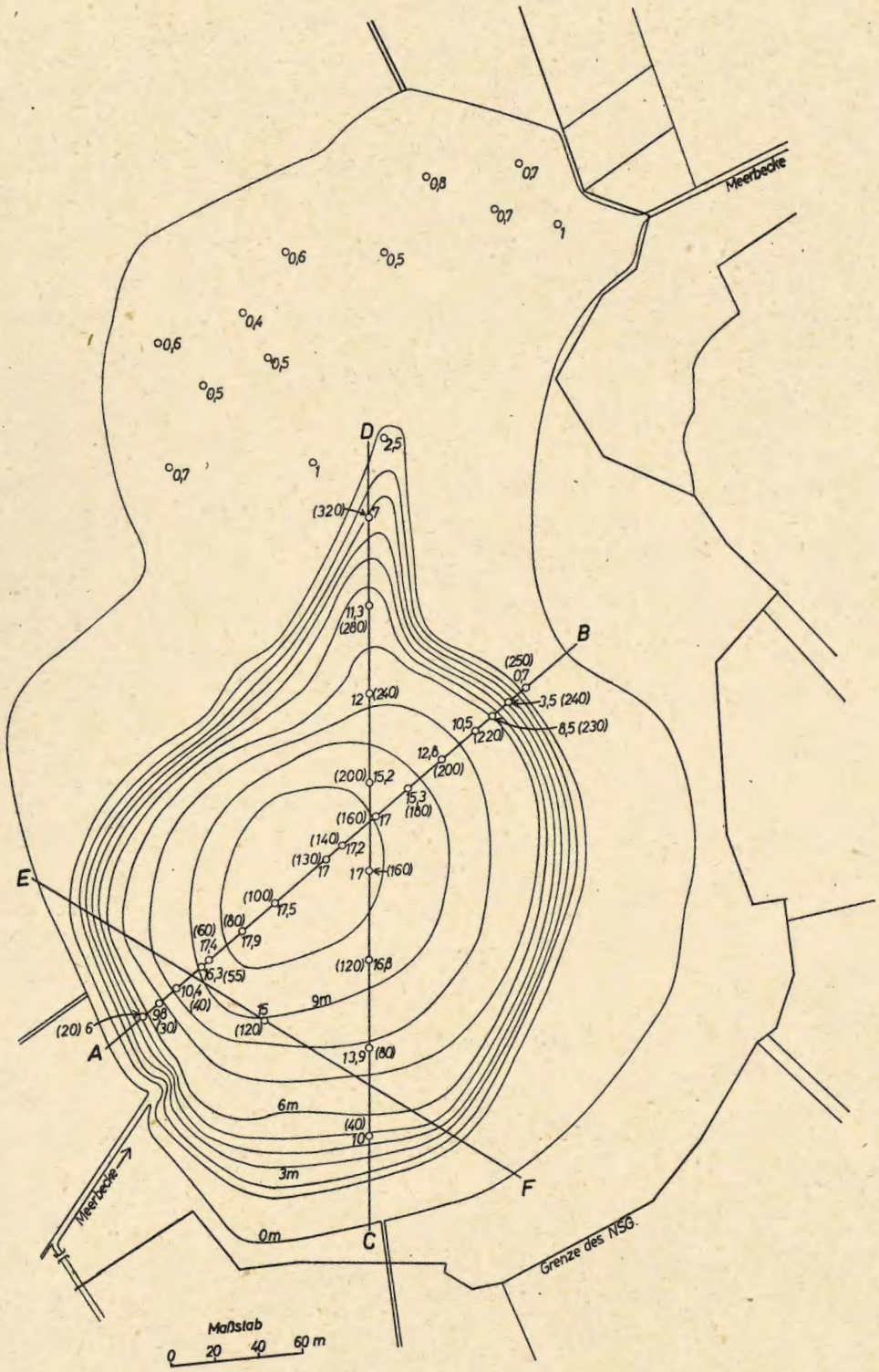
Die Entfernungen wurden vom Westufer aus am Draht entlang gemessen. „u.Wsp." = unter dem Wasserspiegel.

Bohrungen auf Sandtiefe:

| | | | |
|---|---|---|---|
| bei 20 m, | Wassertiefe | 5,1 m, | Sand bei 6,0 m u. Wsp. |
| „ 30 m, | „ | 6,9 m, | „ „ 9,8 m „ „ |
| „ 40 m, | „ | 8,1 m, | „ „ 10,4 m „ „ |
| „ 55 m, | „ | 9,4 m, | „ „ 16,3 m „ „ |
| | | | (Hier unterbr. Profil 55) |
| „ 60 m, | „ | 9,7 m, | Sand bei 17,4 m u. Wsp. |
| „ 80 m, | „ | 10,3 m, | „ „ 17,9 m „ „ |
| | | | (Hier Hauptprofil 80) |
| „ 100 m, | „ | 10,3 m, | Sand bei 17,5 m u. Wsp. |
| „ 120 m, | „ | 10,4 m, | „ „ 15,0 m noch nicht erreicht |
| | | | (Hier unterbr. Profil 120) |
| „ 130 m, | „ | 10,3 m, | Sand bei 17,0 m u. Wsp. |
| | | | (Hier Hauptprofil 130) |
| „ 140 m, | „ | 10,3 m, | Sand bei 17,2 m u. Wsp. |
| „ 160 m, | „ | 9,9 m, | „ „ 17,0 m „ „ |
| „ 180 m, | „ | 9,2 m, | „ „ 15,3 m „ „ |
| „ 200 m, | „ | 8,2 m, | „ „ 12,8 m „ „ |
| | | | (Hier unterbr. Profil 200) |
| „ 220 m, | „ | 7,6 m, | Sand bei 10,5 m u. Wsp. |
| „ 230 m, | „ | 6,9 m, | „ „ 8,5 m „ „ |
| „ 240 m, | „ | 3,3 m, | „ „ 3,5 m „ „ |

Abb. 1. Lageplan der Linienprofile und Bohrpunkte.

Die eingeklammerten Zahlen geben die Entfernung vom West- bzw. Südufer an, die nicht eingeklammerten die „Sandtiefe" unter der Wasseroberfläche. Topographie nach LOTZE.


Meerbeche
0,8
0,7
0,7
1
0,6
0,5
0,4
0,6
0,5
0,5
0,7
1
D
2,5
(320)
7
11,3
(280)
B
(250)
0,7
12
(240)
3,5 (240)
10,5
(220)
8,5 (230)
12,8
(200)
(200)
15,2
15,3
(180)
(160)
17
(140)
17,2
(130)
17
17
(160)
E
(100)
17,5
(80)
17,9
(60)
17,4
(120)
16,8
16,3
(55)
10,4
(40)
9m
(20) 6
9,8
(30)
15
(120)
A
13,9
(80)
6m
(40)
10
3m
F
Meerbeche
0m
C
Grenze des NSG.
Maßstab
0 20 40 60 m

Auf Grund dieser Werte wurde Abb. 2 gezeichnet.

Hauptprofil 80. Geschlossenes Profil von der Schlammoberfläche bis in den Sanduntergrund. Beschreibung der Sedimente:

Unteres Ende der Kammer bei

| | | |
|---|---|---|
| 10,50 m<br>10,75 m | lockere, zerfließende, schwarze Feindetritusgyttja, an der Luft bräunend (Fe!) | |
| 11,00 m | wenig fester, mit gelben Bestandteilen gemischt | nach unten zunehmend fester |
| 11,25 m | wie vorher, ohne gelbe Bestandteile | |
| 11,50 m | wie vorher, vereinzelt Holz | |
| 11,75 m | wie vorher, ohne Holz | |
| 12,00 m | wie vorher | |
| 12,25 m<br>12,50 m | braune, ziemlich feste Feindetritusgyttja | |
| 12,75 m bis 13,25 m | braun, fest, nicht mehr fließend | |
| 13,50 m | wie vorher, vereinzelt Holz | |
| 13,75 m bis 16,00 m | ausgesprochen braun gefärbt, fest, sehr homogene Schicht ohne Änderungen | |
| 16,25 m | weniger deutlich braun, fest | |
| 16,50 m bis 17,25 m | braun, fest | |
| 17,50 m | braun und schwarz gemischt, z. T. glänzend schwarz | |
| 17,75 m | glänzend schwarz, fast flüssig | |
| 18,00 m | bis 17,85 m wie bisher; bis 17,90 m ganz lockerer, etwas torfiger Sand; dann fester Sand mit wenig Holz | |

Hauptprofil 130.

Unteres Ende der Kammer bei

| | | |
|---|---|---|
| 10,50 m | ab 10,35 m gefüllt. Lockere, dunkle Gyttja. | |
| 10,75 m | wie vorher | |
| 11,00 m bis 12,25 m | Festigkeit langsam zunehmend | |
| 12,50 m | Farbe mehr braun | |
| 12,75 m bis 14,00 m | braun, fest | |
| 14,25 m bis 15,00 m | auffällig braun | Diese Schicht ist sehr fest und ziemlich schwer zu durchbohren |
| 15,25 m bis 15,75 m | braun | |

| | |
|---|---|
| 16,00 m<br>16,25 m | schwarz, viel lockerer |
| 16,50 m | auffällig glänzend schwarz, fast flüssig |
| 16,75 m | bis 16,55 m wie vorher; bis 16,70 m braun, fester; bis 16,75 m Wasser, etwas mit Schlamm vermischter Sand |
| 17,00 m | wechselnde Schlamm- und Sandschichten und -gemische |
| 17,25 m | wie bisher, ziemlich viel Holz |
| 17,50 m | bis 17,30 m wie bisher; dann ziemlich reiner Sand |
| 17,75 m | Sand, z. T. mit etwas Torf und Holz |
| 18,00 m | Sand, etwa wie bisher. |

Unterbrochene Profile. Die Beschaffenheit des Schlammes war ähnlich wie in den Hauptprofilen.

c) Linienprofil CD.

Es erstreckt sich von Süd nach Nord quer über die tiefsten Stellen bis zum Beginn des Röhrichts. Hier wurde nur alle 40 m auf Sandtiefe gebohrt.

Ergebnisse (Entfernungen vom Südufer):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| bei | 40 m, | Wassertiefe | 4,7 m, | Sand bei | 10,0 m | u. | Wsp. |
| „ | 80 m, | „ | 7,8 m, | „ „ | 13,9 m | „ | „ |
| „ | 120 m, | „ | 9,4 m, | „ „ | 16,8 m | „ | „ |
| „ | 160 m, | „ | 10,1 m, | „ „ | 17,0 m | „ | „ |
| „ | 200 m, | „ | 9,7 m, | „ „ | 15,2 m | „ | „ |
| „ | 240 m, | „ | 7,7 m, | „ „ | 12,0 m | „ | „ |
| „ | 280 m, | „ | 6,3 m, | „ „ | 11,3 m | „ | „ |
| „ | 320 m, | „ | 3,2 m, | „ „ | 7,0 m | „ | „ |

Bei 280 und 320 m ist der Sand von typischem Bruchwaldtorf überlagert, während an den übrigen Punkten der normale schwarze bis braune Schlamm auftritt.

d) Linie EF.

Hier wurde kein Linienprofil aufgenommen. Bei 120 m vom Westufer wurde das unterbrochene Profil EF erbohrt. Wassertiefe 9,1 m, Sand erreicht bei 15 m. Der Schlamm zeigte keine Besonderheiten.

Außerdem wurden mit dem NAUMANNschen Rohrlot alle 10 m Proben aus der Schlammoberfläche entnommen.

e) Sonstige Bohrungen.

Auch im flachen, weitgehend zugewachsenen Nordteil des Sees wurde zur Ermittlung der Sandtiefe gebohrt. Die Lage der 13 Bohrpunkte ist in Abb. 1 eingetragen. Das Ergebnis war überall ähnlich: Sand bei 60—90 cm

Tiefe, darüber nur eine dünne, sehr lockere Schlammschicht (0—20 cm), z. T. auch gar kein Schlamm.

Eine weitere Bohrung im äußersten Nordende der freien Wasserfläche (etwa in Fortsetzung der Richtung CD) ergab: Wassertiefe 1,7 m, Sandtiefe 2,5 m.

## 2. Zur Topographie des Seebeckens.

Nach LOTZE treffen im Heiligen Meer drei Senkungsformen verschiedener Typen zusammen:

1. Die „Meerbecke-Niederung" (LOTZEs Typ 5);
2. die flache, heideweiherartige Senke, die jetzt den Nordteil des Heiligen Meeres bildet (Typ 4);
3. der tiefe Südteil des Heiligen Meeres (Typ 7).

Die Meerbecke-Niederung erstreckt sich etwa dem Lauf der Meerbecke entlang vom Gebiet des Lütken Meeres über das Heilige Meer nach Westen und weiter nach Südwesten; die beiden genannten Seen sind in sie eingebettet. Östlich des Heiligen Meeres ist sie in ihrer tiefsten mittleren Partie großenteils mit bis zu 2 m dicken Bruchwaldtorfablagerungen angefüllt; westlich dagegen treten torfige Sedimente zurück, dafür finden sich Flugsandüberwehungen. Die östlichen Torfschichten müssen sich früher noch bis auf das Gebiet des späteren tiefen Einbruchs oder zumindest bis an dessen Rand erstreckt haben, wie die Funde von Bruchwaldtorf auf dem Seeboden bei CD 280 und 320 beweisen. Diese Tatsache ist für die nachherige Entwicklung des Sees nicht ohne Bedeutung. Das Auftreten eutropherer Bruchwälder in der Senke mag durch aus dem Zechsteinkalk am Rande des Schafberges kommende Zuflüsse bedingt sein.

Der flache Nordteil des Heiligen Meeres zeigt einen sehr ausgeglichenen Untergrund. Die Oberfläche des Diluvialsandes liegt im ganzen Gebiet bei 60—90 cm unter dem mittleren Seespiegel. Sie wird nur von einer geringmächtigen Schicht Grobdetritus überlagert, der hauptsächlich aus abgestorbenen Teilen der rezenten Vegetation besteht, die in Form eines ausgedehnten Röhrichts den größten Teil dieses Bezirkes deckt. Ältere Sedimente konnten hier nirgends gefunden werden. Nur außerhalb des eigentlichen Sees, am Nordwestufer, befindet sich ein kleines Hochmoor, dessen Torfschichten aber nur etwa 70 cm dick und außerdem durch Torfstich gestört sind.

Das südliche Seebecken schließlich, die wichtigste Komponente, hatte, wie die Linienprofile zeigen, ursprünglich die typische Form einer Doline mit trapezförmigem Querschnitt (Abb. 2): Von 0 m auf 16 m sehr steil (durchschnittlich 1 : 5) abfallende Ufer umschließen ein weites, ziemlich ebenes Becken zwischen 16 und 18 m unter dem Wasserspiegel. Trotz der Aus-

kleidung durch eine bis zu 8 m mächtige Schlammschicht ist diese Form ja auch an der heutigen Schlammoberfläche noch recht gut zu erkennen. Nur am Nordost- und Ostufer ist sie etwas gestört. Hier handelt es sich wohl um nachträgliche Abbrüche, wie sie ja auch am Erdfallsee aufgetreten sind; vielleicht haben die hier an den See anstoßenden Bruchwaldtorfschichten diese Vorgänge noch erleichtert. Der besonders im Südosten den Steilabsturz umrahmende 20—50 m breite Streifen flachen Wassers wird durch nachträgliche Absenkung entstanden sein, wie LOTZE es auch für den Erdfallsee wahrscheinlich gemacht hat; die Schlammablagerung ist hier trotz der üppigen Vegetation noch ziemlich gering.

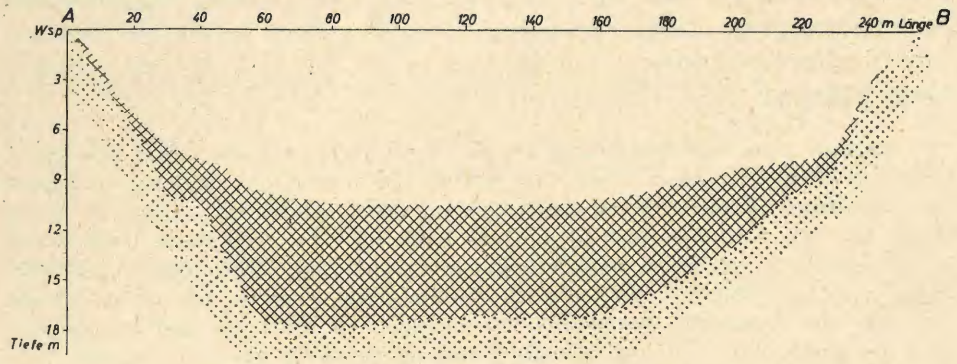



Abb. 2. Linienprofil AB.
Schraffiert: Mudde, Punktiert: Sand.

### 3. Menge und Beschaffenheit des Schlammes. Eisengehalt.

Nach dem Ergebnis der Bohrungen ist das ursprünglich bis 18 m tiefe Seebecken bereits bis zu 10 m unter dem Wasserspiegel mit Schlamm aufgefüllt (Abb. 2). Der Schlamm ist als Feindetritusgyttja zu bezeichnen, er enthält praktisch keine gröberen Bestandteile. Seine Beschaffenheit zeigt auch in vertikaler Folge nur geringe Unterschiede. Die oberen Schichten sind sehr locker, fast flüssig, und die Dichte und Festigkeit nimmt bis etwa 2 m Tiefe ziemlich gleichmäßig zu. Ebenso geht die Farbe des frischen Schlammes von schwarz allmählich in dunkelbraun über. Von 2 m an bleiben dann Farbe und Festigkeit weitgehend konstant. Erst etwa 0,5—1 m über dem liegenden Sand ändern sich die Eigenschaften sehr plötzlich: es tritt wieder sehr lockerer Schlamm auf, zum Teil von glänzend schwarzer Farbe, die auf einen hohen Pyritgehalt zurückzuführen ist (siehe unten). Dieser lockere Schlamm wechselt rasch mit sandigen, holzreichen, oder wieder festeren Schichten ab; es treten sogar kleine wassergefüllte Hohlräume auf. (Bei CD 280 und 320 m liegt außerdem, wie erwähnt, über dem Sand eine mindestens 20 cm mächtige Schicht Bruchwaldtorf.) Schließlich

folgt am Grunde ein mehr oder oder weniger reiner Diluvialsand, in den tiefer einzudringen mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nicht möglich war.

Die Hohlräume und Lockerungen über dem Sand sind wohl durch Grundwasserquellen bedingt. (Zur Frage der Schlammablagerung siehe auch Abschn. III. 5, S. 28.)

Auffällig ist der Eisengehalt des Schlammes. Setzt man die schwarze Mudde der obersten Schichten kurze Zeit der Luft aus, so färbt sie sich infolge Oxydation von $Fe^{2+}$ zu $Fe(OH)_3$ bald braun. Da über die Herkunft des Eisens schon diskutiert wurde (KRIEGSMANN 1938, BUDDE 1942), erschien es naheliegend, den Eisengehalt in den verschiedenen Schlammtiefen quantitativ zu bestimmen. Es wurden hierzu aus den beiden Hauptprofilen 80 und 130 Proben in 50 cm (z. T. 25 cm) Abstand herausgegriffen.

Methode: Das Sediment wurde bei 140° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Dann wurde eine bestimmte Menge (100 bis 600 mg) eingewogen, und zur Veraschung der organischen Bestandteile im Muffelofen auf 800° C erhitzt. Der Rückstand wurde einige Zeit mit conc. HCl gekocht, um das $Fe_2O_3$ bzw. $Fe_3O_4$ zu lösen. Dann wurde in der Siedehitze mit $SnCl_2$ reduziert und schließlich nach REINHARDT-ZIMMERMANN mit 0,1n $KMnO_4$-Lösung titriert. Die Veraschung erwies sich als notwendig, weil sich sonst organische Bestandteile mit auflösten, die durch ihre gelb-braune Färbung die Endpunktserkennung bei der Reduktion mit $SnCl_2$ wie auch bei der Titration selbst störten.

Das Ergebnis der Analysen war sehr auffallend (Abb. 3).

An der Schlammoberfläche ist der Eisengehalt sehr hoch, 10—15 % des Trockengewichts sind Fe! Es handelt sich hier um dasjenige Eisen, das am normalen Kreislauf im See teilnimmt (KRIEGSMANN 1938). Es gelangt während der Herbst- und Frühjahrs- (bzw. Winter-) Vollzirkulation an die Oberfläche, wird hier als $Fe(OH)_3$ ausgefällt, sinkt langsam in die Tiefe und lagert sich in der obersten Schlammschicht ab. Mit Eintreten der stabilen Schichtung im See tritt in der Tiefe dann bald $O_2$-Schwund auf, und das $Fe(OH)_3$ wird reduziert. Es geht hauptsächlich als $Fe(HCO_3)_2$ in Lösung; teilweise wird es auch als FeS gefällt werden. Das gelöste $Fe^{2+}$ diffundiert dann langsam nach oben ins freie Wasser und nach unten in den stark wasserhaltigen Schlamm. Diese Diffusion im Schlamm macht sich etwa 50—100 cm tief bemerkbar. Von da an liegt der Eisengehalt dann ziemlich gleichmäßig um oder etwas unter 5 % des Trockengewichtes. Erst unten, in der gestörten Zone über dem Sand, steigt die Kurve wieder auf Werte von 14—16 % an, um mit zunehmendem Sandgehalt der Proben wieder zu sinken und schließlich im festen Sand selbst unter 1 % abzufallen.

Bei vorausgehenden Versuchen, denn Schlamm einfach mit HCl zu übergießen, fiel bei den Proben aus dem glänzend schwarzen Schlamm

dicht über dem Sand eine starke $H_2S$-Entwicklung auf, die im Verein mit der schwarzen Farbe darauf hinweist, daß das Eisen hier als $FeS_2$ vorliegt. Dieses Pyritvorkommen ist leicht zu erklären. Wie ausgeführt, befinden sich in der Tiefe Grundwasserquellen. Das Grundwasser ist aber nach KRIEGSMANN (1938) stark eisenhaltig. Trifft es nun mit dem $H_2S$-haltigen Schlamm zusammen, so wird FeS bzw. $FeS_2$ gefällt, und dieses reicherte sich im Laufe der Zeit an. Die im unteren Schlamm vorhandene Eisenmenge stammt also aus dem Grundwasser.

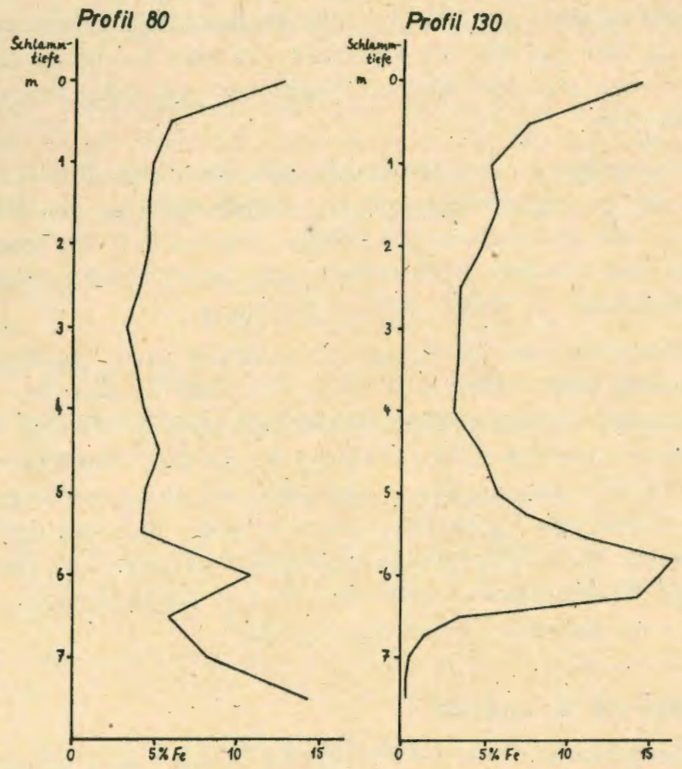



Abb. 3. Eisengehalt des Schlammes (in % des Trockengewichts).

Da andererseits, wie unten (Abschn. III. 5, S. 25) ausgeführt, die oberen 2 m der Mudde erst nach Entstehen der Meerbecke abgelagert wurden, wäre hier eine Zunahme der Eisenmenge zu erwarten, wenn die Meerbecke wirklich den Eisenhaushalt des Heiligen Meeres grundlegend verändert hätte, wie es KRIEGSMANN (1938) und BUDDE (1942) annahmen. Ein solcher Anstieg ist zwar vorhanden, aber nur sehr gering. Erst bei 1 m unter der Schlammoberfläche erfolgt ein starker Anstieg, der aber ohne weiteres durch die natürliche Jahreszirkulation des Sees zu erklären

ist. (Die Proben wurden Anfang Mai entnommen, zu einer Zeit also, da der größte Teil des Eisens noch von der Vollzirkulation her ausgefällt am Boden liegt.)

Die Ansicht von KRIEGSMANN und BUDDE über die Herkunft des Eisens konnte also nicht bestätigt werden.

## III. Die Pollenanalysen und ihre Ergebnisse

### 1. Technik.

Untersucht wurden die Hauptprofile 80 und 130, die unterbrochenen Profile 55, 120, 200 und EF, die Oberflächenproben an der Linie EF, sowie einige Proben aus dem kleinen Hochmoor und dem Bruchwaldtorf außerhalb des Sees.

Zur Probenentnahme bei den Bohrungen wurde der Inhalt der Bohrkammer (25 cm) in 5 gleichlange Stücke geteilt und aus der Mitte jedes Stückes eine Probe genommen. Die Proben wurden in 8 cm langen Glasröhrchen, die mit Korken verschlossen und paraffiniert wurden, unter Alkohol aufbewahrt und hielten sich so jahrelang.

Das Sediment wurde meist nach der üblichen Kalilauge-Methode behandelt, teilweise auch acetolysiert (nach ERDTMAN 1954). Bei den meisten Proben aus dem Heiligen Meer war es außerdem notwendig, das Eisen mit Salzsäure herauszulösen. Bei der mikroskopischen Untersuchung wurden gewöhnlich 150 Baumpollen ausgezählt; wo es notwendig erschien auch mehr. Außer den Baumpollen wurden auch alle wichtigen Nichtbaumpollen sowie Farn- und Sphagnumsporen, *Pediastrum* und Thecamöben berücksichtigt. Gräserpollen wurden von 36 $\mu$ an als Getreidetyp (im Folgenden kurz als „Getreide" bezeichnet) gezählt.

### 2. Die Hauptprofile 80 und 130.

Die Zählergebnisse dieser beiden Profile wurden in den Diagrammen Abb. 5 und 6 dargestellt. Da der Probenabstand 5 cm beträgt und das Alter der 7,5 m dicken Schlammschicht nur sehr gering ist (siehe Abschn. III. 5), erscheint es berechtigt, von Lupendiagrammen zu sprechen. Wegen des engen Abstandes war es auch nicht möglich, für die Diagramme die VON-POST-schen Zeichen anzuwenden. Es wurde deshalb die Schattenrißmethode gewählt, wobei die Baumpollen schwarz, die Nichtbaumpollen (d. h. diejenigen, die nachher als „Summe der Nichtbaumpollen" = „ΣNBP" zusammengefaßt werden) schraffiert, und alle übrigen nur als Kurven dargestellt wurden. Auf eine Berechnung der sogenannten „Pollendichte" wurde verzichtet, da diese ja nicht nur vom wirklichen Pollengehalt des Sediments, sondern auch von der Aufbereitung und der Herstel-

lung der Präparate abhängt. Bei sehr großen Schwankungen der Bewaldungsdichte mag sie wohl Hinweise geben; im vorliegenden Falle aber hätte es wenig Zweck, sie anzugeben.

Anhaltspunkte für die wirkliche absolute Pollenmenge ließen sich aber auf andere Weise gewinnen. Da die Erle als Baum des Seeufers für weitgehend konstant angesehen werden kann, wenigstens in bestimmten Zeiträumen, wurde für Profil 80 noch ein zweites Diagramm gezeichnet, wobei (in jeder vierten Probe) die jeweiligen Erlenwerte = 100 % gesetzt und die wichtigsten Baum- und Nichtbaumpollen darauf bezogen wurden (Abb. 7). Dieses Diagramm bestätigte im allgemeinen die nach der gewöhnlichen Darstellung gewonnenen Ergebnisse und ließ diese z. T. auch noch weiter ausbauen.

Bei der zusammenfassenden Betrachtung der beiden Hauptprofile lassen sich einige Horizonte parallelisieren, an denen mehrere Kurven eine Veränderung erleiden. Diese Stellen wurden in den Diagrammen mit den Leitziffern (nach OVERBECK & GRIEZ 1954) [1] bis [7] bezeichnet (von unten):

[1] Abfall von *Pinus, Alnus, Filicinen;* Anstieg von *Quercus, Fagus, Carpinus, Ericaceen,* Wildgräsern, *Rumex,* Getreide.

[2] Anstieg von *Alnus;* Abfall von *Quercus* und *Fagus* (alles nur gering).

[3] Beginnender Abfall von *Betula, Quercus, Fagus;* beginnender Anstieg von *Pinus* und *Alnus.*

[4] Beginn der Unterbrechung der Getreidekurve.

[5] *Betula, Quercus* und *Fagus* erreichen ein Minimum; die geschlossene Getreidekurve setzt wieder ein; kurz nachher dann der große *Pinus*-Anstieg und *Alnus*-Abfall.

[6] Anstieg von Wildgräsern, Getreide, *Rumex,* ΣNBP, sowie von *Myriophyllum, Typha, Pediastrum.* In Abb. 7 auch Anstieg der „ΣLBP".

[7] Erneuter Abfall von *Pinus;* Anstieg von *Betula, Alnus,* Wildgräsern, Getreide, ΣNBP.

Die Wendepunkte der wichtigsten Kurven selbst wurden in den Diagrammen durch „x" hervorgehoben.

### 3. Sonstige Pollenanalysen am Heiligen Meer.

a) Die unterbrochenen Profile 55, 120, 200, EF.

Diese zeigten keine wesentlichen Abweichungen von den Hauptprofilen. Sie wurden deshalb nicht graphisch, sondern nur als Zähltabellen dargestellt, die in den im Botanischen Institut Münster ausliegenden Originalexemplaren der Dissertation einzusehen sind.

dürfte bei einem Heideweiher kaum der Fall gewesen sein! Außerdem spricht auch die große Menge des Schlammes für ein höheres Alter (siehe am Schluß dieses Abschnittes, S. 28).

Demnach dürfte der Zeitpunkt der Entstehung des Südbeckens zwischen 600 v. Chr. und 800 n. Chr. zu suchen sein.

Für eine engere Eingrenzung ist allein die Getreidekurve zu verwerten. Diese ist von unten an in geschlossenem Verlaufe vorhanden und hält sich, abgesehen von der noch zu diskutierenden Unterbrechung bei [4], bis zur Zeit [6] immer auf etwa gleicher Höhe. Danach wäre die Besiedlung der Umgebung von vor 800 n. Chr. bis [6] ungefähr gleich geblieben! Dies ist bei der Unfruchtbarkeit des Heiligen Feldes nicht allzu abwegig. Diese Unfruchtbarkeit macht aber andererseits auch wahrscheinlich, daß eine vorgeschichtliche Besiedlung hier kaum in einem derartigen Umfange vorhanden war, daß eine geschlossene Getreidekurve resultieren könnte. Der Anstieg der Getreidekurve zu einer Höhe, wie sie am Beginn des Profils bei [2] bereits vorhanden ist, könnte vielleicht der ersten größeren Kultivierungsperiode entsprechen, deren Beginn KÖLKER (1936) für diese Gegend etwa mit dem 5. nachchristlichen Jahrhundert ansetzt. Mit aller Vorsicht ließe sich also der mutmaßliche Zeitpunkt der Entstehung des Heiligen Meeres zwischen 400 und 800 n. Chr. eingrenzen.

Zur weiteren Datierung der Diagramme wurden die mit [1] bis [7] bezeichneten Horizonte herangezogen. [1] und [2] sind allerdings unbrauchbar, da sie nur edaphisch bzw. örtlich bedingt sind. [1] bezeichnet die obere

---

Abb. 5—8. Pollendiagramme.

Zeichenerklärung:

Mudde — Sand — Bruchwaldtorf

Sphagnumtorf, wenig zersetzt — Sphagnumtorf, stärker zersetzt

*Eriophorum*

*Pinus* — *Betula* — *Quercus* — *Fagus* — *Carpinus*

Ti = *Tilia*, Ul = *Ulmus*, Ca = *Carpinus*, Pc = *Picea*, Co = *Corylus*, Er = *Ericaceen*, Wg = Wildgräser, Cy = *Cyperaceen*, Ty = *Typha*, My = *Myriophyllum*, Ru = *Rumex*, Ch = *Chenopodium*-Typ, Ar = *Artemisia*, Fg = *Fagopyrum*, Ge = Getreide, ∑NBP = Summe der Nichtbaumpollen (d. h. aller in den Diagrammen schraffierten Kurven), V = *Varia*, Fi = *Filicinen*, Sph = *Sphagna*, Pe = *Pediastrum*, Am = *Amphitrema*, As = *Assulina*, Ac = *Arcella*. Die einfache Linie im Baumpollendiagramm von Abb. 7 bezeichnet die „∑LBP" = Summe der Laubbaumpollen, d. h. von *Betula*, *Quercus*, *Fagus* und *Carpinus*.

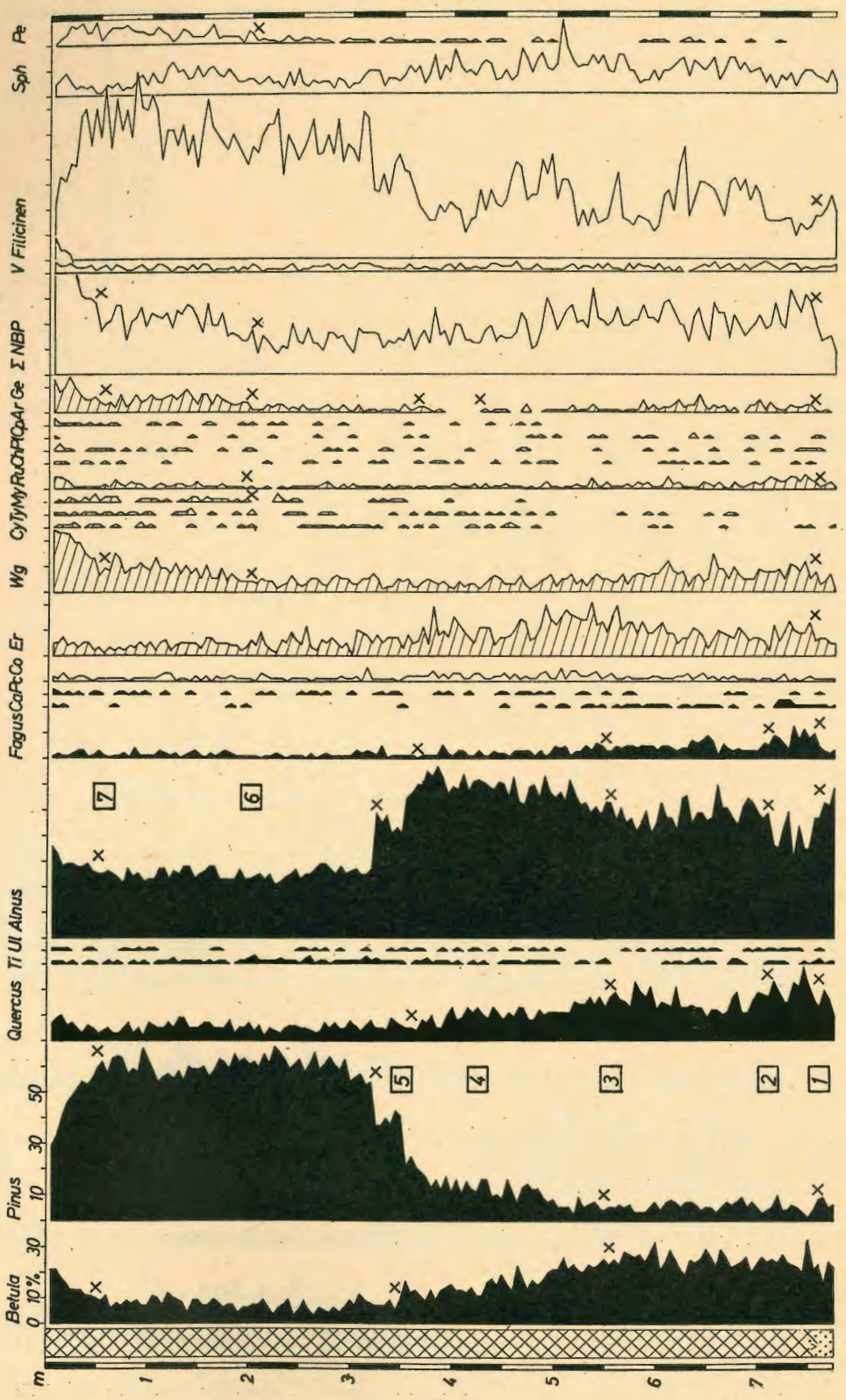



Abb. 5. Hauptprofil 80.

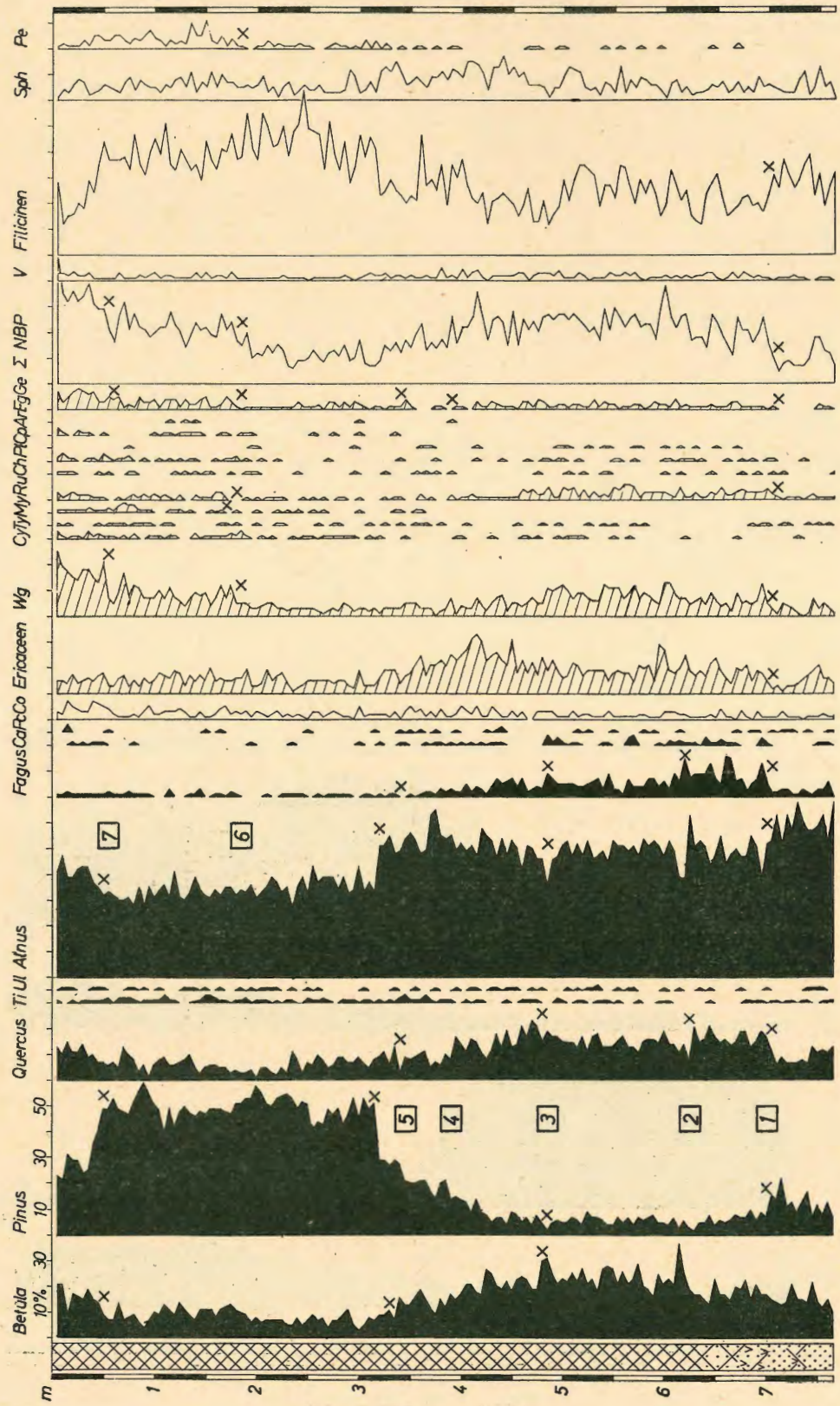



Abb. 6. Hauptprofil 130.

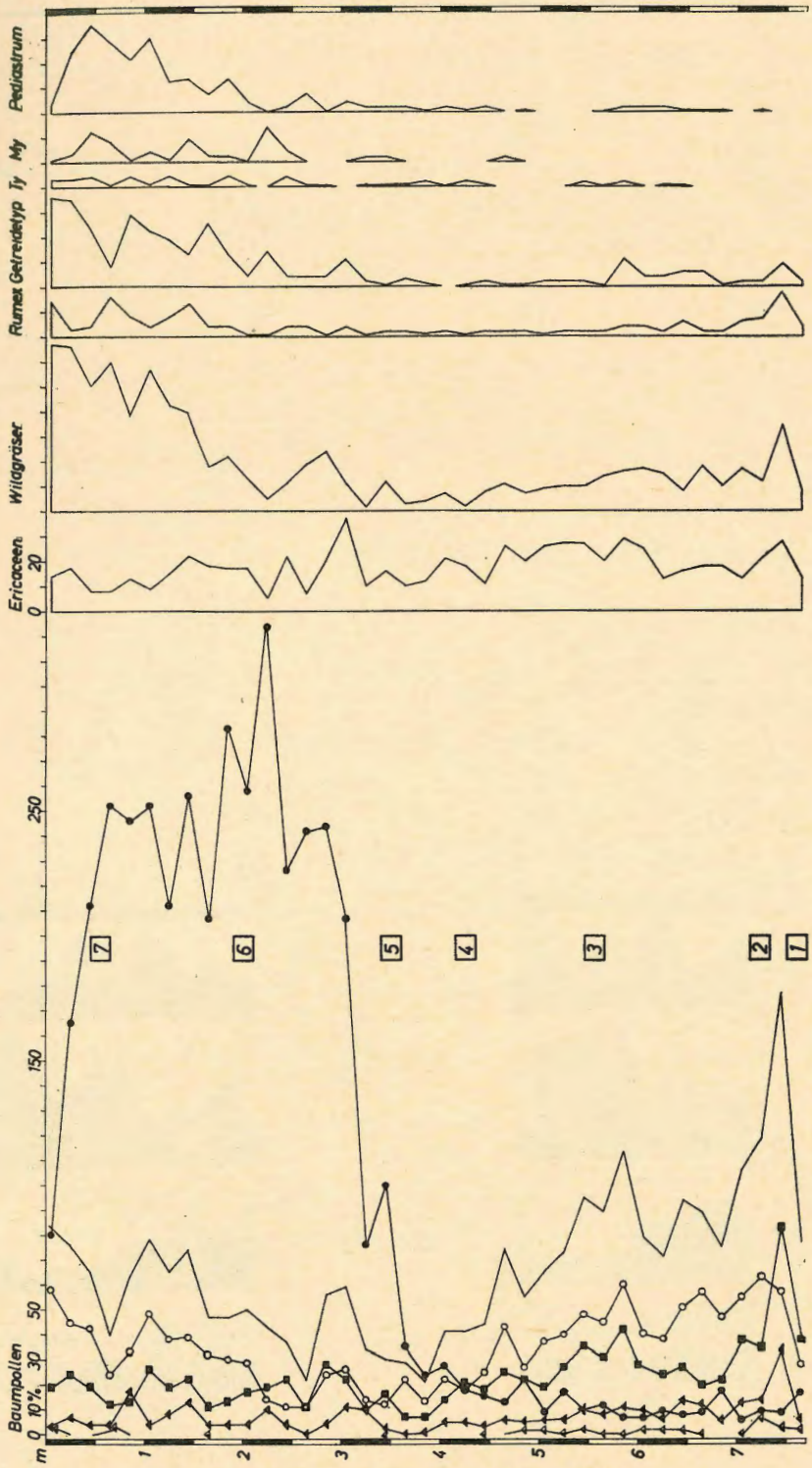



Abb. 7. Profil 80, bezogen auf *Alnus* = 100 %.

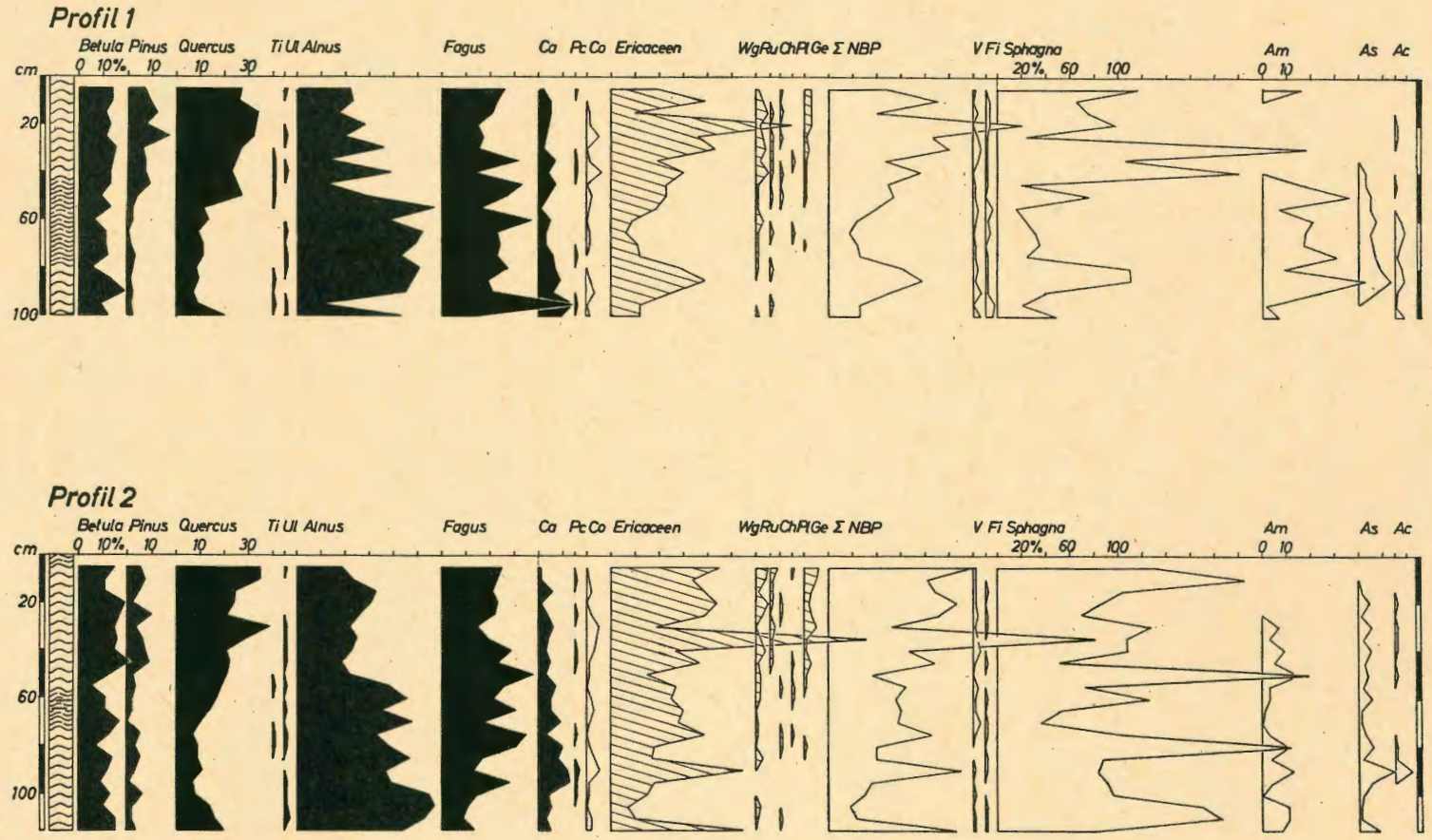



Abb. 8. Vinter Moor, Profile 1 und 2.

Grenze des reinen Sandes; der Wechsel der Pollenfrequenzen ist einfach so zu erklären, daß im Sand die widerstandsfähigeren bzw. auch in zerstörtem Zustand noch verhältnismäßig gut erkennbaren Pollen (Sporen) von *Pinus*, *Alnus*, *Filicinen* den übrigen gegenüber als übervertreten erscheinen (selektive Zersetzung). Bei [2] dagegen liegt die Grenze des wahrscheinlich hier vorhandenen geringmächtigen Waldtorfs, der den Sand überlagert, gegen die hangenden Schlammschichten. Hier ist also der Einbruch erfolgt: der alte Waldboden wurde plötzlich zum Seeuntergrund. Die Pollen des Waldbodens stammten hauptsächlich von in nächster Nähe der Profilstellen wachsenden Bäumen, während die des Schlammes von der Vegetation der Umgebung geliefert wurden. Der Wald vor dem Einbruch war also im wesentlichen aus Eiche, Birke und Buche zusammengesetzt, aber auch die Erle war schon stark beteiligt, und zwar in dem östlicher gelegenen Profil 130 wohl etwas mehr als in Profil 80.

Oberhalb [2] beginnen dann die ungestörten Schlammablagerungen, in denen die Änderungen der Pollenkurven wirklich auf Änderungen der umgebenden Vegetation hinweisen.

Von [2] und [3] bleiben die wichtigsten Kurven ziemlich konstant. Dann beginnt ein langsames Absinken von Birke, Eiche und Buche. Besonders in Abb. 7 (Profil 80 auf Erle bezogen) wird dies deutlich: hier zeigt die „ΣLBP"-Kurve, also die der wichtigsten Waldbildner, von [3] nach [5] sogar einen starken Abfall. Der bei der gewöhnlichen Darstellung zugleich auftretende Anstieg der Kiefer und Erle dürfte im wesentlichen durch die Prozentsatzrelation bedingt sein.

In dem Zeitraum [3] bis [5] ging also der Wald in der Umgebung des Heiligen Meeres stark zurück. Dies hängt zweifellos mit der menschlichen Besiedlung zusammen. Da aber die Getreidekurve hier keine Zunahme zeigt, wird es sich in der Hauptsache um Lichtung und Verheidung der Wälder durch Waldweide, Streunutzung usw. handeln, wie es ja überall in Nordwestdeutschland üblich war. Ein deutlicher Ericaceenanstieg ist allerdings nicht vorhanden, aber das mag damit zusammenhängen, daß der Bruchwald in der direkten Umgebung des Sees, der wohl kaum geschädigt wurde, die Einwehung von Ericaceenpollen behinderte.

Der Beginn dieser Waldverwüstung mag etwa um 1200—1300 n. Chr. anzusetzen sein. Schon vor dieser Zeit herrschte eine rege Siedlungstätigkeit, die umliegenden Orte werden jetzt erstmalig urkundlich erwähnt (Recke und Steinbeck 1189, Hopsten 1265, Hörstel 1260; nach KÖLKER 1936); Ende des 11. Jahrhunderts wurden die Markgenossenschaften gebildet, und die Gründung der Klöster Gravenhorst und Schale wird für 1256 bzw. 1278 angegeben. Von dieser Zunahme der Besiedlung wurde aber das unfruchtbare Heilige Feld zunächst nicht ergriffen, sondern nur indirekt beeinflußt.

Eine Veränderung der Getreidekurve tritt dann aber bei [4] auf, und zwar wird ihr zunächst ziemlich gleichmäßiger, geschlossener Verlauf hier plötzlich unterbrochen, um erst bei [5] wieder geschlossen einzusetzen. Bei [5] wandelt sich jedoch das gesamte Pollenspektrum sehr stark. Zunächst erreichen Buche, Eiche und Birke ein Minimum, und dann steigt die Kiefernkurve stark an. Der gleichzeitige Erlenabfall ist wiederum der Prozentrelation zuzuschreiben.

Der starke Kiefernanstieg ist eine sehr merkwürdige Erscheinung, die in ganz Nordwestdeutschland bisher kaum eine Parallele hat (siehe aber unten). Zwar zeigen zahlreiche nordwestdeutsche Diagramme in den obersten Schichten einen sekundären Kiefernanstieg, der durch die Nadelholzaufforstungen bedingt ist. Diese begannen im Fürstbistum Münster nach 1760 (HESMER & FELDMANN 1954). Die ersten Kiefern dürften aber zunächst nur in den staatlichen Forsten gepflanzt worden sein. Da das Heilige Feld, das hier hauptsächlich interessiert, sich in bäuerlichem Besitz befand, ist mit einer großzügigen allgemeinen Kiefernaufforstung überhaupt nicht und mit Einzelpflanzungen nicht vor 1800 zu rechnen. Bei einem Mannbarkeitsalter der Kiefer von 20—40 Jahren könnte sich eine künstliche Kiefernanpflanzung also kaum vor 1850 im Pollendiagramm voll auswirken. 1850 entspricht aber, wie unten dargelegt wird, bereits der Zeitmarke [6]. Folglich läßt sich der starke Kiefernanstieg bei [5] nicht durch künstliche Aufforstung erklären. Die Kiefer muß sich vielmehr spontan ausgebreitet haben. Dies setzt voraus, daß sie in der Umgebung des Heiligen Meeres urwüchsig ist, d. h., daß sie sich auf den schlechten Böden des Heiligen Feldes seit der Kiefernzeit halten konnte, allerdings, wie die Pollenanalyse beweist, nur in ganz geringer Menge.

Bisher vermutete man die Westgrenze natürlicher Kiefernvorkommen meist in der Nähe des Dümmers. Daß die Kiefer aber auch auf den schlechten Böden des münsterländischen Emssandgebietes am Südrande des Teutoburger Waldes von Lengerich bis zur Senne stets vereinzelt vorhanden war, haben HESMER & FELDMANN (1954) an Hand archivalischer Studien nachgewiesen. Am Heiligen Meer zeigt sich nun, daß es auch weiter nordwestlich noch Reliktvorkommen gab. Von diesen Relikten aus hat sich die Kiefer dann zur Zeit [5] lokal stark ausgebreitet.

Was aber ist der Grund für dieses plötzliche Vordringen?

Wie gesagt, waren die natürlichen Eichen-Birken-Buchen-Wälder von [3] bis [5] weitgehend zerstört worden, und es wäre nicht verwunderlich, wenn die Kiefer parallel zur Zurückdrängung der Laubbäume langsam und gleichmäßig zugenommen hätte. Dies war aber nicht der Fall. Es muß also irgendein Faktor die Ausbreitung zunächst verhindert haben, dessen plötzliches Verschwinden dann den ebenso plötzlichen Anstieg der Kiefer

nach sich zog. Diesen Faktor könnten die Beweidung und Streunutzung darstellen, und eine Erklärung für ihr Nachlassen läßt sich bei der Betrachtung der Getreidekurve finden. Wie erwähnt, erleidet diese von [4] bis [5] eine Depression, die also auf einen Rückgang der Besiedlung hinweist. Dieser läßt sich aber zwanglos mit dem 30jährigen Krieg (und der etwa 100 Jahre früher stattgefundenen Tecklenburger Fehde) verbinden, der auch in dieser Gegend schwere Schäden anrichtete. KÖLKER (1936) schreibt hierzu: „... stehen nur spärliche Berichte zur Verfügung, doch lassen sie ahnen, daß auch hier die Kulturlandschaft eine gewaltige Einbuße erlitt. So lag ein Drittel der bebauten Ackerflächen verwildert da, die Viehbestände waren dezimiert..." — und infolgedessen ließen Beweidung und Streunutzung in den Wäldern nach, und die Zeit bis zum Wiederaufbau der „dezimierten Viehbestände" genügte für die Kiefer, um in schnellem Vordringen große Teile der verwüsteten Wälder zu erobern. [5] wäre also etwa 1650; und daß der Kiefernanstieg dem Wiederanstieg des Getreides nach Kriegsende nachhinkt, läßt sich mit dem Mannbarkeitsalter der Kiefer von 20—40 Jahren gut vereinbaren.

In Bezug auf die Besiedlung stellte sich nach den Störungen des 30jährigen Krieges mehr oder weniger der alte Zustand wieder ein. Erst bei [6] wird das anders. Hier läuft eigenartigerweise einem Ansteigen von Wildgräsern, Getreide und *Rumex* auch eine Zunahme von *Myriophyllum (M. alterniflorum), Pediastrum* und *Typha* parallel. Stärkerer Besiedlung der Umgebung entsprach also eine Eutrophierung des Sees. Sollte das ein Zufall sein? Zugleich nimmt von dieser Höhe an nach oben auch die Festigkeit des Schlammes verhältnismäßig stark ab. Abb. 7 (Profil 80 auf *Alnus* bezogen) zeigt bei [6] außerdem einen scheinbaren Wiederanstieg der Laubbäume, der hier aber wohl so zu erklären ist, daß das Bezugssystem jetzt nicht mehr konstant war, indem nämlich auch die Erle zurückging. Alle diese Befunde deuten darauf hin, daß zur Zeit [6] eine stärkere Besiedlung der Umgebung einsetzte, wobei unter anderem auch Erlenwälder gerodet wurden und die Meerbecke angelegt wurde. Es handelt sich hier also um die Zeit um 1850.

Nur die Kiefer nahm an der scheinbaren Zunahme der übrigen Waldbäume bei [6] nicht teil. Möglicherweise war sie wegen der Konkurrenz der Laubbäume diesen gegenüber doch wieder in langsamen Rückgang begriffen.

Seit 1850 also wurde auch in der engeren Umgebung des Heiligen Meeres, die bis dahin noch etwas abseits von menschlichen Einflüssen gelegen hatte, die Landschaft durch Kultivierungsmaßnahmen stark umgestaltet. Die Zeitmarke [7] schließlich, bei der ein erneuter Anstieg von Wildgräsern, Getreide und Nichtbaumpollen sowie ein Abfall der Kiefer zu verzeichnen ist, entspricht den großen Rodungen von Wäldern und

Heiden, wie sie in den letzten 25 Jahren auch auf dem Heiligen Felde um sich griffen.

Die Datierung der Diagramme aus dem Heiligen Meer läßt sich also zunächst wie folgt zusammenfassen:

Beginn nicht genau festzulegen, frühestens 600 v. Chr., am wahrscheinlichsten zwischen 400 und 800 n. Chr.

Beginnender Abfall der Waldbäume [3]: um 1200—1300.

Getreideminimum [4] bis [5]; Kiefernanstieg [5]: vor bzw. um 1650.

Zunehmende Besiedlung der Umgebung und Eutrophierung des Sees [6]: um 1850.

Eine anscheinend gute Übereinstimmung mit den Befunden vom Heiligen Meer zeigt der obere Teil eines Diagrammes, das PFAFFENBERG (1947 und bei FIRBAS 1949) aus Ablagerungen des Dümmers veröffentlicht hat. Es beginnt in der Vorwärmezeit (IV nach FIRBAS) und enthält in der Späten Wärmezeit die Kulturschicht eines jungsteinzeitlichen Dorfes. Es zeigt ebenfalls einen frühen Kiefernanstieg, dem ein Abfall des „Eichenmischwaldes" vorangeht. Allerdings liegt die Kiefernkurve hier auch vorher schon um 20 %, gegenüber 5—10 % am Heiligen Meer; das ist aber leicht zu verstehen, da der Dümmer 50 km weiter östlich am Rande des schon lange bekannten großen natürlichen Kiefernareals liegt.

PFAFFENBERG (in FIRBAS 1949) legt diese Kiefernausbreitung nun aber ohne Angabe von Gründen an die Grenze IX/X nach FIRBAS, also im Mittel etwa um 900 n. Chr.! Da PFAFFENBERGs Einteilung durch die archäologische Datierung des Steinzeitdorfes untermauert ist, lag es nahe, die Diagramme vom Heiligen Meer mit seinem zu parallelisieren und der bisher dargelegten „Datierung I" eine „Datierung II" gegenüberzustellen.

Die Kiefernausbreitung [5] fiele hiernach also in die Zeit kurz nach 900 n. Chr. Die Getreidedepression [4] bis [5] ließe sich zur Not durch die Sachsenkriege erklären. Die verhältnismäßig hohen Getreidewerte unterhalb [4] müßten dann einer starken und weit zurückreichenden vorgeschichtlichen Besiedlung entsprechen, die allerdings, wie gesagt, unwahrscheinlich ist. Immerhin sind aus der weiteren Umgebung des Heiligen Meeres verhältnismäßig zahlreiche Steinzeitfunde bekanntgeworden, und in Schale, 10 km nördlich, wurden Urnenfelder ausgegraben, die der jüngeren Bronze- und der älteren Eisenzeit angehören. Das Vorhandensein menschlicher Siedlungen darf also auch in dem Zeitraum von 600 v. Chr. bis 800 n. Chr. für die weitere Umgebung angenommen werden.

Eine Unstimmigkeit für diese Datierung II bedeutet jedoch das Auftreten von Buchweizen in Profil 130. Der Beginn des Buchweizenanbaus

in Nordwestdeutschland fällt etwa in das 15. Jahrhundert (OVERBECK 1949). In Profil 130 wurde *Fagopyrum* aber bereits zwischen [4] und [5] gefunden, nach Datierung II also vor 900 n. Chr.! Wenn auch das spärliche Vorkommen nur in dem einen Profil nicht sehr beweiskräftig erscheinen mag, so ist hier doch immerhin die Schwierigkeit ausgeschaltet, die OVERBECK für die Datierung von Buchweizen angibt: nämlich die Tatsache, daß mit dem Buchweizenanbau zumeist das ganze Moor in Mitleidenschaft gezogen und die Schichtung, in der der *Fagopyrum*-Pollen sich ablagerte, selbst stark gestört wurde.

Schwierig erweist sich bei dieser Datierung dann aber auch die Einordnung von [6]. Wollte man [6] für älter als 1850 ansetzen, so läßt sich der gleichzeitige Anstieg von Siedlungspollen einerseits und Eutrophierungsanzeigern im See *(Typha, Myriophyllum, Pediastrum)* andererseits nicht erklären. Denn bei Zuflußlosigkeit des Sees könnte eine Zunahme der Besiedlung allein wohl kaum eine so schnelle Eutrophierung bewirken. Das zeitliche Zusammentreffen müßte also Zufall sein, und der See müßte zu diesem Zeitpunkt im Zuge seiner langsamen natürlichen Eutrophierung einen Trophiegrad erreicht haben, der drei verschiedenen Arten zugleich die Ausbreitung erlaubte! Das ist aber unwahrscheinlich, und [6] ist deshalb auf jeden Fall mit der Entstehung der Meerbecke zu verbinden.

Hier entstehen schließlich weitere Schwierigkeiten. Vergleicht man die Schlamm-Mengen, die in Profil 80 in den einzelnen Abschnitten abgelagert wurden, mit den beiden Datierungen, so ergeben sich folgende Beziehungen:

| Leithorizont | Sedimenthöhe | nach Datierung I | | | nach Datierung II | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Zeitpunkt | Zeitraum | $\bar{c}$ | Zeitpunkt | Zeitraum | $\bar{c}$ |
| Obfl. | | 1950 | | | 1950 | | |
| | 2 m | | 100 J. | 2 | | 100 J. | 2 |
| [6] | | 1850 | | | 1850 | | |
| | 1,5 m | | 200 J. | 0,75 | | 1000 J. | 0,15 |
| [5] | | 1650 | | | 900 n. | | |
| | 3.5 m | | 1000 J. | 0,35 | | 1500 J. | 0,23!! |
| [2] | | 400-800 | | | 600 v. | | |

c = scheinbare Durchschnittsgeschwindigkeit der Schlammablagerung in cm/Jahr.

Die scheinbare Durchschnittsgeschwindigkeit der Schlammablagerung wäre also nach Datierung II zwischen [2] und [5] größer als zwischen [5] und [6]! Dabei muß sie doch mit zunehmendem Alter der Schichten immer geringer werden: denn erstens muß schon die wirkliche Geschwindigkeit wegen der oligotropheren Verhältnise abnehmen, und zweitens werden die langsamer abgelagerten älteren Schichten noch zusätzlich durch die darüberlagernden jüngeren zusammengepreßt.

Durch diese Befunde führt somit die Datierung II zu Widersprüchen und ist deshalb nicht zu vertreten.

Die für Datierung I berechneten Geschwindigkeiten dagegen entsprechen durchaus den zu erwartenden Verhältnissen. Der stärkere Anstieg der „Geschwindigkeit" in der obersten Schlammschicht oberhalb [6] ist wiederum durch die Meerbecke bedingt. Wenn auch die sehr lockere Struktur dieser Schicht zu berücksichtigen ist, so darf man doch annehmen, daß die Schlammablagerung durch die Meerbecke verstärkt wurde, und zwar teilweise direkt durch Einschwemmung, außerdem aber auch indirekt durch die Eutrophierung des Seewassers und die dadurch bedingte Zunahme der Produktion.

Allein betrachtet, würde die große Schlamm-Menge für ein hohes Alter des Sees sprechen, im Gegensatz zu den von LOTZE herausgestellten „jugendlichen Formen" des Sees, aus denen er auf ein Alter von nur wenigen Jahrhunderten schließt. Erscheint doch schon die Zeit seit 800 n. Chr. als sehr kurz für die Ablagerung der bis zu 8 m hohen Schlammschicht! Denn der Verlandungsgürtel hat ja eine ziemlich geringe Ausdehnung und ist in früherer Zeit sicher nicht größer gewesen. Ein gewisser Anteil des abgelagerten Materials dürfte wohl aus dem Laubfall des umgebenden Waldes stammen. Der Möglichkeit, daß größere Teile des Sediments bereits durch Einschwemmung während seiner Entstehung in den See gelangten (oder gar schon vor dem Einbruch autochthon in einem flachen Gewässer gebildet wurden), steht die große Gleichmäßigkeit des Materials entgegen, die sowohl bei der makroskopischen Betrachtung wie bei der Pollenanalyse auffiel. Makroskopisch betrachtet käme (abgesehen von den eindeutigen Bruchwaldtorfresten im Nordosten bei CD 280 und 320) allenfalls für die gelockerten und gestörten untersten 50—100 cm eine solche Herkunft in Frage, aber die Übereinstimmung der beiden Pollenprofile macht auch dies unwahrscheinlich.

In diesem Zusammenhang interessierte ein Vergleich mit dem Erdfallsee. Bei einer Bohrung vom Eise aus wurde hier in 12 m Tiefe eine Schlammschicht von nur 5 cm festgestellt! Dabei gleichen die Verhältnisse doch weitgehend denen des Heiligen Meeres: auch hier ist ein Heideweiher, in dem sich wahrscheinlich Sedimente befanden, in den Einbruch

ausgelaufen. Demnach erscheint eine allochthone Entstehung wesentlicher Teile des Heilig-Meer-Schlammes ausgeschlossen.

Setzte man andererseits voraus, daß auch die 5 cm Schlamm im Erdfallsee nicht beim Einbruch eingeschwemmte Torfmassen darstellten, sondern sich auf primärer Lagerstätte befänden, so ergäbe sich bei einem Alter des Sees von 40 Jahren ein Jahresdurchschnitt von 0,12 cm. Für die unteren Schichten im Heiligen Meer wurden 0,35 cm oder, wenn man die frühest mögliche Entstehung um 600 v. Chr. annähme, 0,17 cm gefunden; diese Werte erhöhen sich aber bei Berücksichtigung der Zusammenpressung. Wenn auch in den untersten Schichten der Wert unter diesem Durchschnitt liegen muß, so ergeben sich hier doch Hinweise darauf, daß das Heilige Meer wohl niemals einen so geringen Trophiegrad besessen hat wie der heutige Erdfallsee.

Abschließend seien noch die Pollenanalysen aus dem Vinter Moor erwähnt. Leider waren sie als Hilfsmittel zur Ausdeutung der Diagramme vom Heiligen Meer nicht zu gebrauchen. Das Heilige Meer zeigt wegen seiner geringen Ausdehnung hauptsächlich die Veränderungen in seiner nächsten Umgebung an, während die Pollenablagerung auf dem weiten, freien Moor von größeren Räumen beeinflußt wird. Außerdem ist das Heilige Meer an seiner Südwest- und Westseite, d. h. in der Hauptwindrichtung, vom Eichenbirkenwald-Gebiet des Heiligen Feldes umgeben; das Vinter Moor dagegen grenzte im Südwesten an ausgedehnte Erlenbrücher.

Die beiden Diagramme beginnen ebenfallls in der Nachwärmezeit, der Grenzhorizont wird nicht mehr erreicht. Bei 50 cm zeigen sie einen synchronen Horizont mit starkem Erlenabfall und Anstieg von Birke, Eiche, Kiefer (gering), sowie von Getreide und Wildgräsern. Hier handelt es sich wohl um die Rodung der großen Erlenbruchgebiete in der Gegend von Recke; als Zeit läßt sich 1100—1300 (erste Erwähnung der meisten umliegenden Orte) annehmen. Der Abfall der Erlenkurve ist hier also nicht durch die Prozentrelation bedingt, sondern Ausdruck eines wirklichen Rückganges der Erle. Die Kiefer erreicht auch im oberen Teil der Diagramme nirgends 20 % — ein Hinweis darauf, daß ihre starke Ausbreitung am Heiligen Meer nur lokal war. Auffallend sind schließlich noch die im ganzen Diagramm hohen Buchenwerte (meist 20 bis 30 %, einmal über 50 %!); sie dürften vom Fernflug von der 7 km südwestlich gelegenen Schafberghochfläche herrühren.

## IV. Rekonstruktion der Vegetationsentwicklung des Heiligen Meeres seit seiner Entstehung; seine heutige Vegetation und seine wahrscheinliche Weiterentwicklung

Es sei nun die Entwicklung des Heiligen Meeres, wie sie sich auf Grund der aufgezeigten Tatsachen vorstellen läßt, zusammenfassend dargestellt. Der hypothetische Charakter dieses Abschnitts sei vorher besonders betont.

Zur Zeit vor dem Einbruch war vermutlich die ganze Umgebung des Heiligen Meeres — abgesehen von einigen Heideweihern und feuchten Heiden — mit Wald bedeckt; menschliche Einflüsse waren wohl noch sehr gering. Wie die damalige Zusammensetzung der Vegetation im Gebiet des Heiligen Meeres im einzelnen etwa ausgesehen haben mag, zeigt Abb. 9. Auf den trockeneren Sandböden im Nordwesten stockte ein Eichen-Birken-Wald, dessen Baumschicht außer Eichen und Birken auch verhältnismäßig viele Buchen und ganz vereinzelte Kiefern enthielt. Nach Süden und Nordosten wurde er von feuchteren, aber auch ziemlich oligotrophen Wäldern abgelöst, die wohl im wesentlichen als Feuchter Eichen-Birken-Wald zu bezeichnen sind; diese leiteten im Nordosten über Birkenbruch in feuchte Heidegesellschaften und schließlich in einen Heideweiher über, dessen Vegetation wohl dem *Isoeteto-Lobelietum* (*Litorellion*-Verband) entsprochen haben mag, wie es bis vor kurzem auch der jetzige große Heideweiher zeigte. Wie weit sich dieser Heideweiher nach Süden auf das Gebiet des späteren Einbruchs erstreckte, läßt sich natürlich nicht entscheiden.

Als fremdes Element schob sich in diese oligotrophe Eichenbirkenwald-Landschaft von Osten her zungenförmig ein eutrophes Erlenbruch, der letzte Ausläufer eines ausgedehnten Bruchwaldgebietes innerhalb der Meerbecke-Niederung.

Dieses Vegetationsgefüge wurde nun wahrscheinlich zwischen 400 und 800 n. Chr. von der Einbruchskatastrophe betroffen. Ein kreisförmiges Landstück, dessen ungefähre Gestaltung Abb. 9 zeigt, stürzte 16—18 m tief ein, wobei der alte Heideweiher unter Bildung einer Erosionsrinne in das Becken auslief. Wichtig ist, daß außerdem im Nordosten auch die Ablagerungen des Bruchwaldes mit angeschnitten wurden. Kleinere Abbrüche an den Seiten und eine eventuelle allgemeine Absenkung des Gebietes ergaben dann im Laufe drr Zeit schließlich eine Form, wie sie in der heutigen Sandoberfläche vorliegt.

Nachdem sich der See mit Wasser gefüllt hatte, konnten an einem schmalen Ufersaum die ersten Litoralpflanzen Fuß fassen. Hierbei bestand ein Unterschied zwischen dem West- und dem Ostufer. Im Westen, wo der Boden überall aus unfruchtbarem Sand bestand, siedelten sich Vertreter des *Litorellion* an, ebenso blieben diese Pflanzen im alten Heideweiher zunächst erhalten. Im Nordosten dagegen, am Rande des Erlenbruchs, machte

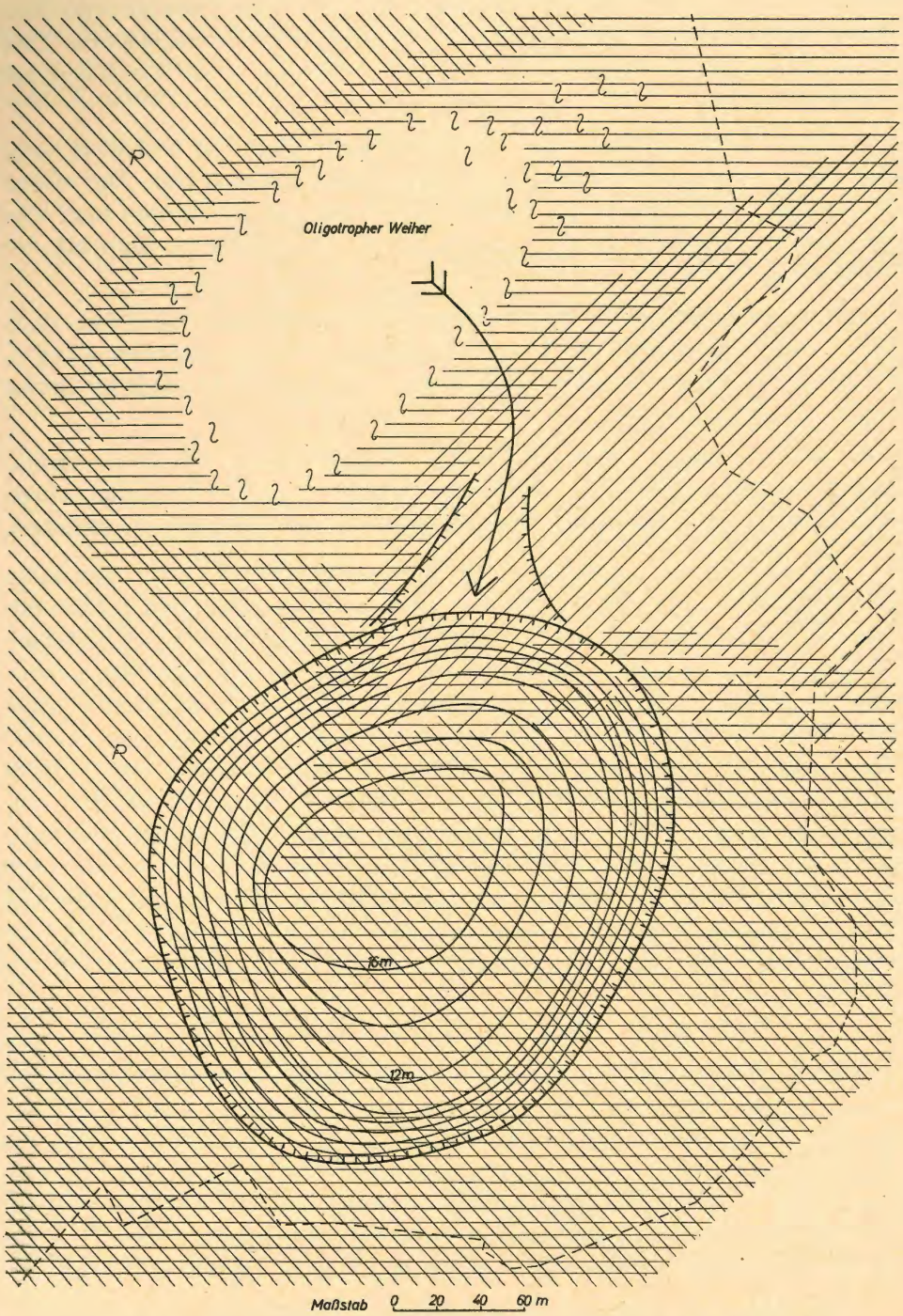



Abb. 9. Vermutliche Vegetation vor dem Einbruch und Gestalt des Einbruchskessels
Zeichenerklärung siehe bei Abb. 11.

sich der Einfluß des nährstoffreichen Bruchwaldtorfes geltend, und hier entstanden typische Verlandungsbestände des *Scirpeto-Phragmitetum*. Den Übergang zwischen diesen beiden Extremen bildete wohl das *Caricetum inflato-vesicariae*.

Diese Verschiedenheit des Trophiegrades zwischen Ost und West kann aber nur in der äußersten Litoralzone wirksam gewesen sein. Die offene Wasserfläche hingegen nahm eine Mittelstellung ein. Im ganzen muß also das Heilige Meer von Anfang an etwas eutropher gewesen sein als der heutige Erdfallsee.

In der Ufervegetation des Heiligen Meeres bestand demnach vom Zeitpunkt der Entstehung ein Trophiegefälle: Ausgedehnten oligotrophen Bezirken im Westen stand ein begrenztes eutrophes Gebiet im Nordosten gegenüber.

Mit der Ansiedlung der Vegetation begann dann auch die Schlammablagerung. Abgesehen von dem Laub usw., das von außen hereinfiel, wurde das Material zunächst also in der Hauptsache vom Nordostufer geliefert.

In der Folgezeit nahm dann der Nährstoffgehalt des Sees ganz langsam zu; gleiches gilt auch für den Eisengehalt, der anfangs dem des Grundwassers entsprach. Das Gefälle in der Litoralzone blieb aber bestehen; die allgemeine Eutrophierung äußerte sich so, daß das *Scirpeto-Phragmitetum* sich von seinem Ursprungsort im Nordosten aus langsam am Ufer entlang nach Süden ausbreitete, weniger nach Norden, denn dort war die Acidität noch zu stark. Die neu mit *Scirpeto-Phragmitetum* besiedelten Gebiete übten selbst wieder einen eutrophierenden Einfluß aus, einerseits auf den umgebenden Wald (der sich dann in Richtung auf das *Alnetum glutinosae* entwickelte), andererseits auf die anschließenden Seggenbestände. So schob das *Scirpeto-Phragmitetum* gleichsam das *Caricetum inflato-vesicariae* vor sich her, im Endeffekt die Fläche des *Litorellion* im Westen verkleinernd. In dieser Form hielt die ganz langsame natürliche Eutrophierung bis um 1850 an (Abb. 10).

Inzwischen wurde in der weiteren Umgebung die Vegetation durch menschliche Eingriffe stark verändert. Durch unsachgemäße Wirtschaftsweisen wurden besonders die trockenen Eichen-Birken-Wälder im Westen verwüstet und größtenteils zu Heide degradiert. Diese diente als Weideland, und als infolge von Kriegsereignissen die Beweidung hier nachließ, kam es zu einer Ausbreitung der Kiefer. Heute ist das Gebiet der trockenen Eichen-Birken-Wälder, soweit sie nicht gerodet sind, stark mit der Kiefer durchsetzt; Heideflächen gibt es allein noch im Naturschutzgebiet.

Das Heilige Meer selbst wurde von diesen Wandlungen zunächst kaum betroffen. Erst um 1850 änderte sich das, als große Teile der im Südwesten anschließenden meso- bis oligotrophen feuchten Wälder urbar gemacht

wurden und zur Entwässerung der entstandenen Weiden und Äcker die Meerbecke angelegt wurde. Damit wurde die Eutrophierung des Sees stark beschleunigt, besonders in den letzten Jahrzehnten seit Einsetzen intensiverer Landbaumethoden.

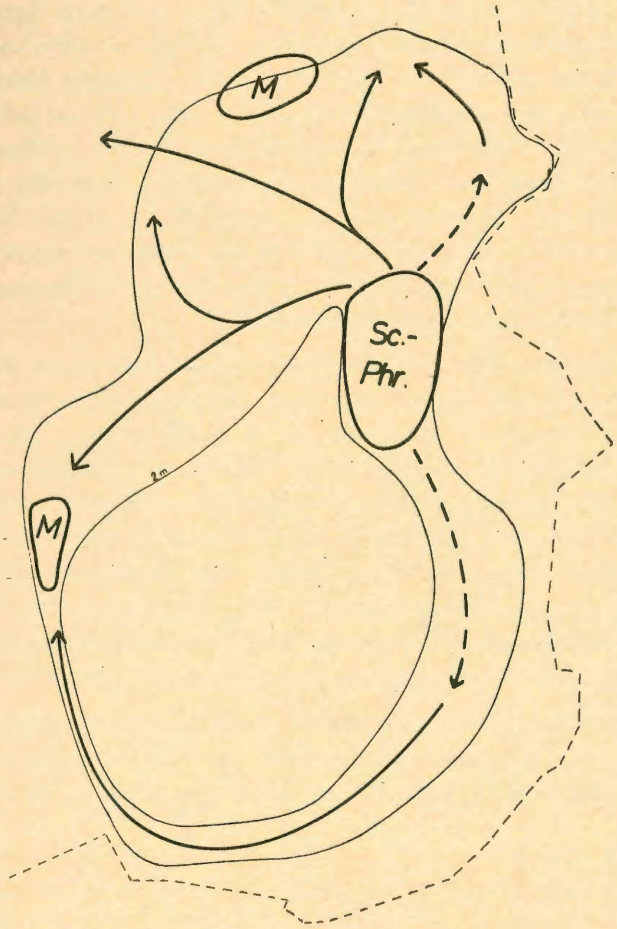
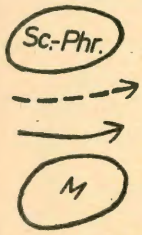



Abb. 10. Vermutliche Vegetationsentwicklung des Heiligen Meeres.




Ursprungsort des *Scirpeto-Phragmitetum* am Nordostufer.

Dessen langsame Ausbreitung bis etwa 1850.

Dessen schnelle Ausbreitung seit etwa 1850.

Heute noch meso- bis oligotrophe Stellen am Westufer.

So nahm die Vegetation ihr heutiges Aussehen an, wie es Abb. 11 zeigt. Das Trophiegefälle am Ufer entlang von Ost nach West besteht in geringerem Maße auch heute noch, doch sind auch am Westufer nur noch Reste

der oligotropheren Vegetation vorhanden. Das *Scirpeto-Phragmitetum* hat nicht nur das gesamte Ost- und Südufer, sondern auch bereits große Teile des Westufers erobert, wenn auch die Bestände hier im ganzen etwas lichter oder schlechtwüchsiger und mit mesotrophen Arten durchsetzt sind. Die letzten Vertreter des *Litorellion*, die hier auf dem Sandboden 1935 (KOPPE) noch ganz vereinzelt vorkamen, *Litorella lacustris* und *Hypericum helodes*, sind heute völlig verschwunden. Auch der flache Nordteil, der vor 50 Jahren noch fast vegetationslos gewesen sein soll, ist jetzt von Osten her bis auf einige Reste freier Wasserfläche mit *Scirpeto-Phragmitetum* zugewachsen. Nur ganz im Westen ist stellenweise noch ein einigermaßen erkennbares *Caricetum inflato-vesicariae* erhalten, aber das Schilf gewinnt auch hier immer mehr an Boden und ist in Vorposten sogar schon durch den westlich anschließenden feucht-oligotrophen Wald hindurch bis in das erwähnte kleine Hochmoor vorgedrungen.

Der Verbreitung des *Scirpeto-Phragmitetum* entspricht die des Erlenbruchs, das nach außen daran anschließt. Auch dieses zieht sich innerhalb des Naturschutzgebietes (außerhalb ist es meist gerodet) am ganzen Ostufer entlang; im Westen finden sich vielfach Mischbestände mit den feucht-oligotrophen Waldgesellschaften; ein eigentliches Birkenbruch ist auch im Nordwesten kaum mehr vorhanden. Der Übergang von den Verlandungs- zu den Waldgesellschaften wird durch das Weiden-Faulbaum-Gebüsch vermittelt; eine scharfe Abgrenzung der drei Typen ist, besonders im Osten und Nordwesten, naturgemäß nicht möglich, es handelt sich eben um die kontinuierlichen Übergänge einer Verladungssukzession.

Der nach innen an das *Scirpeto-Phragmitetum* angrenzende Schwimmpflanzengürtel ist hauptsächlich am Ost- und Südufer als *Myriophylleto-Nupharetum* ausgebildet, nimmt aber auch hier wegen der steil abfallen-

---

Zeichenerklärung zu Abb. 9 und 11:

Umgebende Wälder:

Trocken-oligotroph (Trockener Eichen-Birken-Wald, jetzt z. T. Heide, Kiefernwald)

Feucht-oligotroph (Feuchter Eichen-Birken-Wald u. ä. Typen)

Naß-oligotroph (Birkenbruch)

Naß-eu-(bis meso-)troph (Erlenbruch)

Einzelbestände:

A *Alnus*, M *Myrica*, P *Pinus*, S *Salix*, *Phragmites*, *Typha*, *Equisetum limosum*, *Scirpus lacustris*, *Carex*, *Sphagnum*.

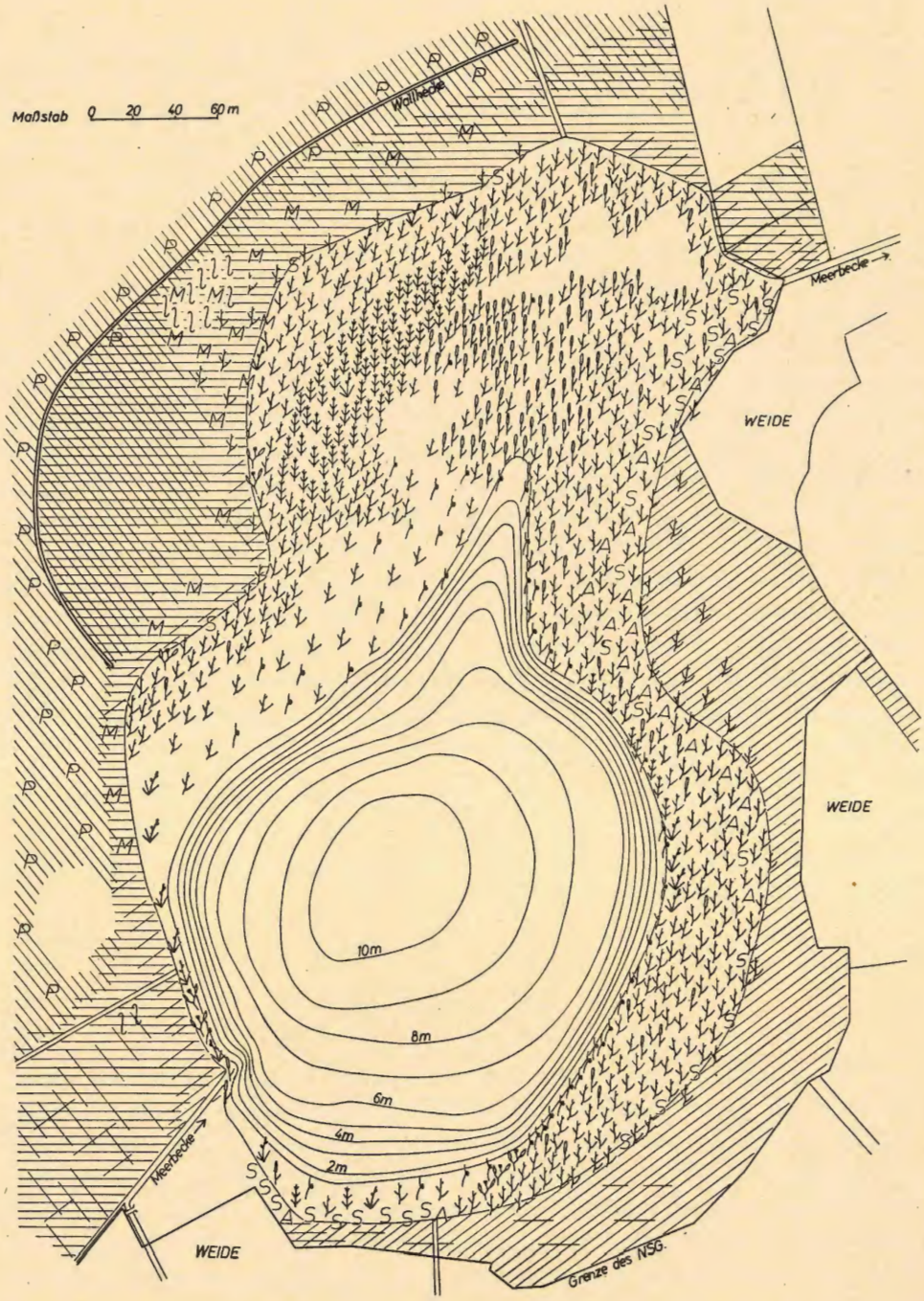



Abb. 11. Stand der Entwicklung 1954.
Topographie nach LOTZE.

den Uferbank nur einen schmalen Streifen ein. Er wurde deshalb in die Vegetationskarte nicht mit eingetragen.

So bietet also die heutige Vegetation des Heiligen Meeres Aspekte, die von denen typisch eutropher Seen nicht mehr sehr verschieden sind, aber trotzdem noch Spuren früherer Zustände erkennen lassen.

Lenkt man nun den Blick auf die Zukunft des Sees, so darf man annehmen, daß die Eutrophierung noch weiter fortschreitet. Das *Scirpeto-Phragmitetum* wird infolgedessen weiter vordringen, bis in kurzer Zeit auch die letzten Reste des *Caricetum inflato-vesicariae* bzw. der freien Wasserfläche im Westen und Nordwesten verschwunden sind. Dann aber wird das Aussehen des Sees für längere Zeit unverändert bleiben, denn eine neue Ausbreitung des Verlandungsgürtels kann erst einsetzen, wenn die Uferbank sich vergrößert hat, d. h. wenn im tiefen Seebecken weitere 10 m Schlamm abgelagert sind. Legte man die Schlammhöhe von 2 m für die letzten 100 Jahre zugrunde, so würde das noch 500 Jahre in Anspruch nehmen. Bei Berücksichtigung der Zusammendrückung des Schlammes vergrößert sich dieser Zeitraum noch. Andererseits wäre bei weiterer Zunahme des Nährstoffgehaltes mit einer Vergrößerung der Produktion (und damit der anfallenden Schlamm-Menge) zu rechnen. Diese kann aber bei den besonderen Verhältnissen des Heiligen Meeres nicht sehr groß sein: denn, wie gesagt, die Litoralvegetation kann sich einfach wegen Platzmangels vorerst nicht mehr stark vermehren, und auch die Planktonproduktion wird kaum noch viel steigen, da sie durch den in Zukunft weiter ansteigenden Eisengehalt gehemmt wird.

Es besteht also begründete Hoffnung, daß das Heilige Meer, wenn es als Naturschutzgebiet vor weitergehenden menschlichen Eingriffen bewahrt wird, mindestens noch für die nächsten 500 Jahre als Bestandteil unserer nordwestfälischen Landschaft erhalten bleibt.

## Zusammenfassung

Das Heilige Meer im Kreise Tecklenburg (Westfalen), ein in vorgeschichtlicher Zeit durch Einsturz über Hohlräumen entstandener See, aus einem älteren flachen nördlichen Teil und einem jüngeren, 10 m tiefen südlichen Becken bestehend, wurde bereits mehrfach von biologischer Seite bearbeitet. Ziel vorliegender Untersuchungen war es zunächst, mit Hilfe pollenanalytisch-stratigraphischer Sedimentanalysen die Frage des Alters und der Entwicklung, insbesondere auch der umstrittenen Eutrophierung, zu klären. Darauf und auf den Ergebnissen früherer Autoren aufbauend war dann der gegenwärtige Zustand des Gewässers als Ergebnis der wahrscheinlichen bisherigen Entwicklung darzustellen, wie es in Ab-

schnitt IV geschehen ist. Die wichtigsten Einzelergebnisse seien nochmals wie folgt zusammengefaßt:

1. Das südliche Becken hatte ursprünglich die Gestalt einer 16 bis 18 m tiefen Doline mit steilen Wänden und ziemlich ebener Grundfläche. Diese Doline ist in den Diluvialsand eingeschnitten, nur im Nordosten berührt sie auch eine bis 2 m dicke Bruchwaldtorfschicht. Bis heute ist sie bereits etwa 8 m hoch mit Schlamm aufgefüllt, so daß die Wassertiefe in der Mitte nur noch 10 m beträgt.

2. Nach dem Verlauf der Buchen- und Haselkurve kann das Südbecken, der wesentliche Teil des Sees, frühestens um 600 v. Chr. entstanden sein. Da das Heilige Meer andererseits um 800 n. Chr. erstmalig urkundlich erwähnt wurde, mußt der Zeitpunkt des Erdfalls also zwischen 600 v. Chr. und 800 n. Chr. liegen. Einige Anzeichen, vor allem die Getreidekurve, deuten darauf hin, daß er zwischen 400 und 800 n. Chr. zu suchen ist. Eine genauere Festlegung ist jedoch nicht möglich.

3. Das Heilige Meer war von Anfang an im Ganzen nicht so oligotroph wie der oft zum Vergleich herangezogene Erdfallsee, der im Jahre 1913 ebenfalls durch Einbruch entstand. Das hängt mit dem Bruchwaldtorf im Nordosten zusammen. Von dort aus wurde der See langsam eutrophiert; dort bildete sich auch zuerst ein Röhricht aus, das sich dann langsam am Ufer entlang ausbreitete. Mit der Anlegung der Meerbecke, eines künstlichen Zuflusses, um das Jahr 1850 wurden diese Vorgänge stark beschleunigt, so daß jetzt bereits der ganze See als eutroph zu bezeichnen ist. Im Gegensatz zu den Ansichten früherer Autoren ist die Meerbecke jedoch nicht als alleinige Ursache der Eutrophierung anzusehen.

4. Der jetzige hohe Eisengehalt des Sees ist nicht durch die Meerbecke bedingt. Vielmehr hat er auch schon vor deren Anlegung bestanden. Das Eisen stammt in der Hauptsache aus dem Grundwasser. Da dieses einen wesentlichen Teil des Zuflusses im Heiligen Meer bildet, begann die Eisenanreicherung bereits mit der Entstehung des Sees.

5. In Bezug auf die Wald- und Siedlungsgeschichte der Umgebung zeigten sich keine wesentlichen Abweichungen von den für Nordwestdeutschland bisher bekannten Tatsachen, was auch schon wegen des geringen Alters der Sedimentfolge nicht zu erwarten war. Als lokale Besonderheit ergab sich nur, daß die Kiefer im Gebiet des Heiligen Meeres wahrscheinlich urwüchsig ist. Sie hatte sich wohl in geringer Menge als Relikt aus der Kiefernzeit auf schlechten Böden erhalten und erfuhr im 17. Jahrhundert durch mittelbaren menschlichen Einfluß eine stärkere örtliche Neuausbreitung.

## Literaturverzeichnis


BUDDE, H. 1942. Die benthale Algenflora, die Entwicklungsgeschichte der Gewässer und die Seentypen im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer". Arch. Hydrobiol. 39: 189—293.

DENGLER, A. 1904. Die Horizontalverbreitung der Kiefer. Mitt. forstl. Versuchsw. Preuß. Neudamm.

— 1910. Neues zur Frage der natürlichen Verbreitungsgrenze der Kiefer. Ztschr. Forst- u. Jagdw. 42: 474.

ERDTMAN, G. E. 1954. An Introduction to Pollen Analysis. Ed. 2. Waltham, Mass.

FIRBAS, F. 1949 u. 1952. Waldgeschichte Mitteleuropas, Bd. 1 u. 2. Jena.

Führer durch das Naturschutzgebiet „Heiliges Meer". 1934. Natur und Heimat 1 (Sonderheft).

GRAEBNER, P. 1930. Die Pflanzengesellschaften des Naturschutzgebietes Heiliges Meer. Abh. Westf. Ldsms. Naturk. 1: 137—150.

HESMER, H., u. FELDMANN, A. 1954. Die natürliche Verbreitung und der frühe Anbau der Kiefer im Ostmünsterland. Forstarchiv 25 (10).

KEMPER, H. 1930. Beitrag zur Fauna des Großen und Kleinen Heiligen Meeres und des Erdbruchs bei Hopsten. Abh. Westf. Ldsms. Naturk. 1: 125—135.

KLOCKE, E. 1894. Die Winterfauna des Heiligen Meeres. Jber. Westf. Prov. Ver. Wiss. Kunst, Zool. Sekt. 1893/94: 129—130.

KÖLKER, J. 1936. Die kulturlandschaftliche Entwicklung des Kreises Tecklenburg. Köln.

KOPPE, F. 1931. Die Moosflora des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer" bei Hopsten. Abh. Westf. Ldsms. Naturk. 2: 103—120.

KRIEGSMANN, K. F. 1938. Produktionsbiologische Untersuchung des Pelagials des Großen Heiligen Meeres. Abh. Westf. Ldsms. Naturk. 9 (2).

LOTZE, F. 1957. Zur Geologie der Senkungszone des Heiligen Meeres (Krs. Tecklenburg). Abh. Ldsms. Naturk. Münster (Westf.) 18 (1).

OVERBECK, F. 1949. Neue pollenanalytische und stratigraphische Untersuchungen zum Pflug von Walle. Nachr. Nieders. Urgesch. 19: 3—31.

OVERBECK, F., u. GRIEZ, I. 1954. Mooruntersuchungen zur Rekurrenzflächenfrage und Siedlungsgeschichte der Rhön. Flora 141: 51—99.

PFAFFENBERG, K. 1947. Getreide- und Samenfunde aus der Kulturschicht des Steinzeitdorfes am Dümmer. Jber. Naturh. Ges. Hannover 94: 69—82.

PRUSS, W. 1934 in: Führer durch das NSG. Heiliges Meer.

SCHWAR, A. 1900. Das Heilige Meer bei Hopsten. Jber. Westf. Prov. Ver. Wiss. Kunst, Botan. Sekt. 28: 74.

WASMUND, E. 1936. Technik der Unterwasserbohrung auf Bohrfähren. Hdb. biol. Arb. Meth. (ABDERHALDEN) Abt. IX, Tl. 2/II: 1839—1878.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Abhandlungen aus dem Westfälischen Provinzial-Museum für Naturkunde

Jahr/Year: 1956

Band/Volume: 18_2_1956

Autor(en)/Author(s): Schroeder Fred Günter

Artikel/Article: Zur Vegetationsgeschichte des Heiligen Meeres bei Hopsten (Westfalen) 1-38