

Postverlagsort Münster (Westf.)

ABHANDLUNGEN

aus dem Landesmuseum für Naturkunde
zu Münster in Westfalen

herausgegeben von

Dr. L. FRANZISKET

Direktor des Landesmuseums für Naturkunde, Münster (Westf.)

27. JAHRGANG 1965, HEFT 3

Über das Plankton des Großen Heiligen Meeres
und des Erdfallsees bei Hopsten (Westf.)

Von HEINRICH EHLERS

Dortmund

ABHANDLUNGEN

aus dem Landesmuseum für Naturkunde
zu Münster in Westfalen

herausgegeben von

Dr. L. FRANZISKET

Direktor des Landesmuseums für Naturkunde, Münster (Westf.)

27. JAHRGANG 1965, HEFT 3

Über das Plankton des Großen Heiligen Meeres
und des Erdfallsees bei Hopsten (Westf.)

Von HEINRICH EHLERS

Dortmund

Über das Plankton des Großen Heiligen Meeres und des Erdfallsees bei Hopsten (Westf.)

Von HEINRICH EHLERS, Dortmund

I. Allgemeine Charakteristik der beiden Seen

Die beiden großen Einbruchsbecken im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“, das Große Heilige Meer und der Erdfallsee, unterscheiden sich trotz gleicher Entstehungsweise (Lotze 1956) beträchtlich. Das ist allerdings nicht weiter verwunderlich, wenn man bedenkt, daß das Große Heilige Meer als tiefer Erdbruch zwischen 400 und 800 n. Chr. (Schroeder 1956), der Erdfallsee dagegen erst 1913 entstanden ist (Wegner 1913). Beide Seen bestehen aus einem flachen, weiherartigen Teil und einem fast kreisrunden, tiefen Einbruchsbecken. Die größte Tiefe beträgt im Großen Heiligen Meer 10,4 m; ursprünglich muß der See aber eine maximale Tiefe von wenigstens 17,9 m gehabt haben, denn über dem festen Sandgrund des Sees liegt eine bis 7,5 m mächtige Schlammschicht (Schroeder 1956). Der Durchmesser des eigentlichen Einbruchsbeckens beträgt 200 bis 230 m. Das Einbruchsbecken des Erdfallsees ist dagegen 11,27 m tief und hat einen Durchmesser von nur 122 bis 130 m (Lotze 1956). Auf die Darstellung der Geologie der Heilig-Meer-Zone und die Entstehungsgeschichte der beiden Seen wird an dieser Stelle verzichtet und auf die Arbeiten von Lotze (1956) und Schroeder (1956), doch auch auf die Arbeiten von Budde (1942 a u. b), Graebner (1930), Kemper (1930), Kriegsmann (1938), Runge (1962) und Wegner (1913) verwiesen.

Im Gegensatz zum Erdfallsee besitzt das Große Heilige Meer einen teilweise gut entwickelten Röhrichtgürtel (Graebner 1930, Runge 1962). Trotzdem handelt es sich auch beim Großen Heiligen Meer nicht um ein eutrophes Gewässer (Budde 1942 a u. b, Kriegsmann 1938). Es ist ein schwach mesotropher See mit starker Siderotrophie, der Erdfallsee dagegen ist oligotroph.

II. Untersuchungsergebnisse

a) Einleitung

Die letzten Veröffentlichungen über das Plankton des Großen Heiligen Meeres (Kriegsmann 1938) liegen jetzt bereits 27 Jahre zurück, die entsprechenden Arbeiten über den Erdfallsee (Kemper 1930) sind sogar noch 8 Jahre älter. Kemper hat seine Untersuchungen nur während einer sehr kurzen Zeitspanne durchführen können, so daß eine gründliche Erfassung aller im Plankton des Erdfallsees vorhandenen Arten überhaupt noch aussteht. In der vorliegenden Arbeit sollen daher möglichst alle im Erdfallsee planktisch lebenden Arten erfaßt

werden. Daneben soll der Chemismus des Wassers mit den Verhältnissen von 1936 (Kriegsmann, veröffentlicht bei Budde 1942 a) verglichen und überhaupt festgestellt werden, ob und in welcher Weise sich das Plankton des Erdfallsees von dem des Großen Heiligen Meeres unterscheidet. Für das Große Heilige Meer soll die Untersuchung ergeben, inwiefern sich die Zusammensetzung der Arten im Plankton und der Chemismus des Wassers in den vergangenen 26 Jahren seit der Untersuchung des Sees durch Kriegsmann geändert haben. Meine Untersuchungen habe ich vor allem in den Jahren 1961, 1963 und 1964 durchgeführt. Einen Teil der chemischen Analysen des Wassers verdanke ich der Mitarbeit durch Herrn Wiemers aus Dortmund.

b) Physikalische Verhältnisse

In dieser Darstellung sollen nur die Sichttiefe und die Temperaturschichtung des Wassers beschrieben werden. Die Windverhältnisse und die Bedeutung der Meerbecke für das Große Heilige Meer hat Kriegsmann (1938) eingehend beschrieben. Inwiefern sich eine 1963 angelegte Schneise am Westufer des Großen Heiligen Meeres nicht nur auf die Ufervegetation, sondern auch auf das Plankton auswirken wird, können erst spätere Untersuchungen zeigen. Die wichtigsten Unterschiede zwischen dem Großen Heiligen Meer und dem Erdfallsee sind folgende:

Der Erdfallsee ist wegen seiner teilweise ungeschützten Lage dem Einfluß des Windes stärker ausgesetzt als das Große Heilige Meer. Daher ist auf dem Erdfallsee die Wellenbewegung des Wassers und damit auch die Durchmischung der Wasserschichten stärker als im Großen Heiligen Meer. Außerdem hat der Erdfallsee seit 1959 keinen oberirdischen Wasserzufluß mehr. Auch vorher floß dem Erdfallsee nur durch das Grundwasser eine nennenswerte Wassermenge zu (Lotze 1951). Durch einen Verbindungsgraben fließt vor allem bei hohem Grundwasserstand Wasser aus dem Erdfallsee in das Große Heilige Meer. Der Wasserstand des Großen Heiligen Meeres ist ebenfalls weitgehend von der Lage des Grundwasserspiegels abhängig (Lotze 1951), doch sind die Wasserstandsschwankungen hier geringer als im Erdfallsee. Neben dem Grundwasser fließt dem Großen Heiligen Meer aus der Meerbecke zeitweise auch oberirdisch eine nicht unbeträchtliche Wassermenge zu, die durch ihren hohen Eisengehalt und Nährstoffreichtum den Chemismus des Sees nicht unbedeutend beeinflusst (Kriegsmann 1938). Zu bedenken ist jedoch, daß der Oberlauf der Meerbecke erst in der Zeit um das Jahr 1850 künstlich angelegt worden ist (Budde 1942 a).

Die Sichttiefe wurde in beiden Seen mit der Secchi-Scheibe festgestellt. Obwohl hiermit keine objektiven Messungen durchzuführen sind (Gessner 1955, Ruttner 1952), mußte ich mich mit dieser unzulänglichen Methode begnügen, da mir kein geeignetes Photoelement zur Verfügung stand. Im Erdfallsee betrug die Sichttiefe im März 4,4 m, im April 4,9 m und im August 5,10 m; im Großen Heiligen Meer dagegen im März 1,4 m, im April 2,2 m und im Juli 2,8m. Diese Messungen stimmen weitgehend mit denen von Kriegsmann aus dem Jahre 1936 überein (Kriegsmann 1938). Die unterschiedlichen Sichtverhältnisse in den beiden Seen sind dadurch bedingt, daß im Großen Heiligen Meer starke Trübungen des Wassers durch ausgeflocktes Eisen(III)-hydroxid und andere Stoffe hervorgerufen werden, im Erdfallsee dagegen nicht. Nach Kriegsmann (1938) ändert sich die Sichttiefe im Großen Heiligen Meer reziprok zum Eisengehalt des Wassers.

In den beiden Seen unterscheidet sich auch die Temperaturschichtung des Wassers (Tabelle 1). Falls die beiden Seen im Winter von Eis bedeckt sind, löst sich die Eisdecke des Erdfallsees im allgemeinen früher auf als die des Großen Heiligen Meeres; im Jahre 1963 betrug die Zeitdifferenz etwa 14 Tage, wohl

Tabelle 1: Die Wassertemperatur im Gr. Heil. Meer und im Erdfallsee

See	G.H.M. Erdf.	G.H.M. Erdf.	G.H.M. Erdf.	G.H.M. Erdf.	G.H.M. Erdf.	G.H.M. Erdf.
Datum	26. 3. 64	19. 4. 64	2. 6. 64	31. 8. 2. 9. 64	31. 10. 64	6. 12. 64
0 m	5° 5°	14,8° 16,3°	19,0° 19,2°	18,2° 20,5°	8,3° 7,9°	4,2° 3,5°
2 m		11,0°	18,8° 18,9°	18,0° 19,0°	8,2°	4,2° 4,0°
3 m		7,4° 10,0°	14,5° 17,8°	18,0° 18,4°	8,2°	
Wasser- 4 m			9,6°	16,5° 17,8°	8,2°	
tiefe 5 m		5,4° 9,0°	8,0° 11,6°	13,0° 16,2°	8,1°	
6 m		5,3°	6,6°	9,2° 13,2°	8,0° 7,7°	4,2° 4,0°
7 m		5,1° 6,8°	5,8° 7,4°	7,2° 10,5°	8,0°	
8 m	4,2° 4,2°	5,0°	5,6°	6,7° 8,5°	7,0° 7,6°	4,2° 4,0°
9 m			5,3° 6,8°			

eine Folge der stärkeren Windexposition und der kleineren Wassermenge des Erdfallsees. Während der Frühjahrszirkulation ist in beiden Seen die Temperaturschichtung noch nicht ausgebildet, die Temperaturen des Oberflächenwassers und des Tiefenwassers sind gleich und betragen etwa $+4^{\circ}\text{C}$. Mit der Erhöhung der Lufttemperatur erwärmt sich zuerst nur die oberste Wasserschicht. Die sich herausbildende Temperaturschichtung ist jedoch im März und April wegen der sich noch häufig ereignenden Kälteeinbrüche noch nicht beständig (vgl. K r i e g s m a n n 1938, Tafel 1). In den Sommermonaten erwärmt sich das Wasser des Erdfallsees schneller als das des Großen Heiligen Meeres. Die Sprungschicht wandert schneller in größere Tiefen, zum Teil eine Folge der stärkeren Wellenbewegung auf dem Erdfallsee. Bei der Herbstzirkulation wird in beiden Seen das gesamte Wasser durcheinandergemischt.

c) Chemische Verhältnisse

1) Vorbemerkungen zur Methodik

Der pH-Wert wurde zunächst mit Spezialindikatorpapier der Firma E. Merck gemessen, seit 1963 auch mit einem elektrischen pH-Gerät.

Die Gesamthärte des Wassers habe ich mit dem Durognostbesteck B ermittelt.

Die Karbonathärte und damit auch die Alkalinität wurde in üblicher Weise durch Titration mit n/10 Salzsäure gegen Methylorange als Indikator bestimmt.

Die Gesamtmenge an Chloriden wurde quantitativ durch Titration mit n/100 Silbernitratlösung gegen Kaliumchlorat als Indikator ermittelt.

Der im Wasser gelöste Sauerstoff wurde quantitativ mit der Winkler-Methode bestimmt.

Das freie, im Wasser gelöste Kohlendioxid habe ich sofort nach der Wasserentnahme durch Titration mit n/50 Natriumkarbonat-Lösung gegen Phenolphthalein quantitativ festgestellt.

Die Phosphatmenge des Wassers wurde mit der Molybdänblau-Methode gemessen, der Eisengehalt mit Ammoniumrhodanid kolorimetrisch bestimmt, Nitrat mit Brucinschwefelsäure.

Ammoniak, Schwefelwasserstoff und Nitrit bestimmte ich nur qualitativ.

2) Ergebnisse

Die Wasserstoffionenkonzentration betrug in der Mitte des Großen Heiligen Meeres an der Wasseroberfläche zu verschiedenen Zeiten 5,6; 6,2 und 6,3. Die unterschiedlichen Meßwerte ergeben sich durch die dauernd stattfindenden Änderungen des pH-Wertes in einem See, die zum Teil bereits durch die unterschiedliche Assimilationstätigkeit der Wasserpflanzen zu den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten bewirkt werden (Gessner 1959). Mit dem elektrischen pH-Gerät wurden ähnliche Werte festgestellt, nämlich ein pH zwischen 5,8 und 6,3. Im Erdfallsee ist der pH-Wert 5,5 bis 5,7. In beiden Seen sind die von Kriegsmann festgestellten pH-Werte größer, im Großen Heiligen Meer 6,7 bis 7,3 und im Erdfallsee 6,4 bis 6,8. Gegen die von Kriegsmann angenommene neutrale Reaktion des Wassers im Großen Heiligen Meer sprechen aber der Gehalt des Wassers an Humusstoffen und der sehr geringe Kalkgehalt.

Freies Kohlendioxid

Die Verteilung der im Wasser gelösten Menge an freiem Kohlendioxid ist aus der Tabelle 2 zu ersehen. Die Analysen aus den Jahren 1958 bis 1964 stimmen mit denen von Kriegsmann aus dem Jahre 1936 gut überein (Kriegs-

Tabelle 2: Freies Kohlendioxid in Milligramm je Liter Wasser

See	G.H.M. Erdf.	G.H.M. Erdf.	G.H.M. Erdf.	G.H.M. Erdf.	G.H.M. Erdf.	
Datum	19. 4. 1964	3. 6. 1964	31. 8. 1964	31. 10. 1964	6. 12. 1964	
Wasser- tiefe	0 m	2,5 3,0	2,5 2,6	0,9 1,8	6,0 2,4	2,6 2,4
	3 m		1,3 2,4	1,8 5,3	6,6	
	5 m		8,3	10,1 7,0	6,6	
	6 m		8,35 6,0	14,1 15,4	8,8 2,6	
	7 m		11,9	18,7 17,6	8,8	
	8 m	6,8 4,0	14,5 8,0	29,9 22,4	39,6 3,1	5,3 2,6

mann 1938). Im Frühling ist der Gehalt des Wassers an Kohlendioxid in der Tiefe noch ziemlich gering, steigt aber während des Sommers im Hypolimnion stark an, im Erdfallsee allerdings geringer als im Großen Heiligen Meer. Die Werte vom 31. 10. 1964 zeigen, daß die Herbstzirkulation im Erdfallsee bereits das ganze Wasser durchgemischt hat, während im Großen Heiligen Meer die

Umwälzung des Wassers nur bis 7 m Wassertiefe erfolgt ist. Wie wir noch weiter unten sehen werden, ändert sich der Gehalt des Wassers an freiem Kohlendioxid umgekehrt proportional zum Sauerstoffgehalt.

Härte

Die Härte des Wassers ist im Erdfallsee noch geringer als im Großen Heiligen Meer. Die Gesamthärte ist im Großen Heiligen Meer seit 1936 etwas gestiegen — Kriegsmann hat Härtegrade zwischen 3,2 und 3,6 festgestellt — die Karbonathärte hat sich dagegen seit 1936 nicht verändert. Im Erdfallsee hat sich die Gesamthärte seit 1936 nicht verändert, die Karbonathärte ist dagegen etwas gestiegen. Kriegsmann gibt die Alkalinität des Wassers aus dem Erdfallsee mit 0,35 an, Kemper für das Jahr 1927 sogar mit nur 0,29.

Tabelle 3: Gesamthärte und Karbonathärte in deutschen Härtegraden

See Datum	Gr. Heiliges Meer		Erdfallsee	
	30. 5. 63	28. 8. 64	30. 5. 63	3. 9. 64
Gesamthärte	4,5	4,5	2,25	2,2
Karbonathärte	2,24	2,2	1,27	1,1
Alkalinität	0,8	0,786	0,45	0,4

Chlorionen

An Chlorionen wurden im Großen Heiligen Meer 35 mg/l und im Erdfallsee 24 mg/l ermittelt.

Sauerstoff

Die Veränderungen des Sauerstoffgehalts der verschiedenen Wasserschichten in beiden Seen während eines Jahres veranschaulicht die Tabelle 4. Der Sauerstoff ist in beiden Seen während der Zirkulationsperioden in allen Wassertiefen gleichmäßig verteilt. Die Sättigung des Wassers mit Sauerstoff ist fast überall

Tabelle 4: Sauerstoffgehalt in mg/l

See Datum	G.H.M. Erdf. 26. 3. 64	G.H.M. Erdf. 19. 4. 64	G.H.M. Erdf. 3. 6. 64	G.H.M. Erdf. 31. 8. 2. 9.	G.H.M. Erdf. 31. 10. 64	G.H.M. Erdf. 6. 12. 64
0 m	12,5 12,3	11,5 11,2	11,4 10,3	9,5 10,2	8,5 12,5	11,3 12,2
2 m			10,4 10,2	8,1 9,6	7,9	
3 m			11,3 10,8	8,1 9,6	7,1	
4 m		10,4	11,2 9,6	8,2 9,6	7,1	
Wasser- tiefe 5 m		11,2	9,8 8,6	3,7 7,5	7,0	
6 m			9,6 8,6	0,5 4,2	6,9 11,8	
7 m		11,2	3,5 8,6	0,0 4,0	6,1	
8 m	12,5 12,5	9,1 11,2	1,3 3,2	0,0 3,8	0,0 10,1	11,1 12,2
9 m			0,0 1,5			

erreicht. Während der Winterstagnation kommt es im allgemeinen zu einer geringen Sauerstoffzehrung in der Tiefe. Im Frühling und im Sommer erwärmt sich das Wasser an der Oberfläche. Es entsteht dadurch eine wärmere Wasserschicht an der Oberfläche, das Epilimnion, und in der Tiefe eine Kaltwasserschicht, das Hypolimnion. Zwischen beiden Wasserschichten ist die Sprungschicht, das Metalimnion. Da Wasser bei $+ 4^{\circ} \text{C}$ die größte Dichte hat, kann aus dem warmen, sauerstoffreichen Epilimnion kein Wasser mehr in die kälteren Wasserschichten absinken. Daher können wir im Hypolimnion bis zur Herbstzirkulation eine ständig andauernde Sauerstoffzehrung beobachten, besonders stark über dem Seeboden.

Beim Vergleich des Sauerstoffgehalts des Wassers in beiden Seen während des Sommers zeigt sich deutlich, daß der Sauerstoffschwund im Hypolimnion des Erdfallsees geringer ist als im Großen Heiligen Meer. Trotzdem entspricht auch die Sauerstoffverteilung im Erdfallsee nicht der in einem oligotrophen, sondern eher der in einem eutrophen See üblichen. Das liegt vor allem an dem sehr geringen Ausmaß der Tiefenzone des Sees. Außerdem wird dem Erdfallsee stets sauerstoffarmes Grundwasser unterirdisch zugeführt (Lotze 1951). Hauptsächlich wird der Sauerstoff beim Abbau organischer Stoffe verbraucht, daneben natürlich auch durch die Atmung der Organismen.

Eisen

Über den Eisenkreislauf im Wasser des Großen Heiligen Meeres hat Kriegsmann (1938) bereits sehr ausführliche Angaben gemacht. Da meine Untersuchungen keine neuen Ergebnisse erbracht haben, kann an dieser Stelle auf eine ausführliche Darstellung verzichtet werden. Erwähnt werden soll nur, daß sich der Eisengehalt des Wassers im Hypolimnion des Großen Heiligen Meeres während der Sommerstagnation bis auf etwa 50 mg/l anreichert. Mit dem Einsetzen der Herbstzirkulation und der damit verbundenen Sauerstoffzuführung in die tieferen Wasserschichten flockt das ursprünglich als Eisen(II)-karbonat im Wasser gelöste Eisen als Eisen(III)-hydroxid aus und sinkt allmählich auf den Seeboden. Mit dem Ansteigen des Kohlendioxidgehalts des Tiefenwassers im nächsten Sommer wird wieder eine entsprechende Eisenmenge als Eisen(II)-karbonat gelöst.

Im Erdfallsee ist wesentlich weniger Eisen vorhanden als im Gr. Heiligen Meer, an der Oberfläche nur etwa 0,1 bis 0,3 mg/l, in 8—10 m Tiefe 0,4 bis 3 mg/l.

Stickstoff- und Phosphorverbindungen

Die aus Tabelle 5 ersichtlichen Werte für den Gehalt des Wassers an Phosphaten und Nitraten zeigen deutlich, daß diese Stoffe im Erdfallsee in viel geringerem Maße vorhanden sind als im Großen Heiligen Meer. Ich kann daher die Behauptung Budde (1942 a und b nach Angaben von Kriegsmann) nicht bestätigen, daß Phosphor und Nitratgehalt beider Seen ähnlich zu sein scheinen. Grund für die Unterschiede ist neben dem größeren Alter des Großen Heiligen Meeres vor allem die stärkere Zufuhr von Nährstoffen aus den umliegenden Wiesen und Äckern durch die Meerbecke und das Grundwasser. Dem Erdfallsee werden weniger Nährstoffe aus der Umgebung zugeführt, da er

Tabelle 5:

Phosphatgehalt in P mg/l					Nitratgehalt in NO ₃ mg/l				
See	G.H.M.	Erdf.	G.H.M.	Erdf.	G.H.M.	Erdf.	G.H.M.	Erdf.	
Datum	19. 4. 64		31. 8. 64		19. 4. 64		31. 8. 64		
Wasser- tiefe	0 m	0,008	0,003	0,007	0,001	0,4	0,2	0,1	0,09
	2 m			0,005	0,0007			0,2	0,08
	3 m			0,002	0,0007			0,35	0,07
	4 m			0,001	0,0005			0,65	0,07
	5 m			0,002	0,0005			0,65	0,08
	6 m	0,015	0,004	0,002	0,0008	0,8	0,2	0,8	0,1
	8 m	0,021	0,004	0,006	0,0008	1,0	0,7	1,0	0,7

in stärkerem Maße von Heideland umgeben ist als das Große Heilige Meer. Neben den geringen Nährstoffmengen, die dem Erdfallsee durch das Grundwasser zugeführt werden, muß auch eine gewisse Düngung durch Vogelexkremente in Betracht gezogen werden. Im August 1964 versammelten sich z. B. besonders am Nordufer täglich bis über tausend Kiebitze. Ammoniumionen habe ich im Gegensatz zu K r i e g s m a n n nie im Oberflächenwasser nachweisen können. Im Großen Heiligen Meer war für 10 m Wassertiefe der qualitative Nachweis noch positiv, im Erdfallsee dagegen sehr schwach.

Nitrit konnte in beiden Seen nur in 8 m Tiefe in Spuren nachgewiesen werden.

Schwefelwasserstoff konnte im freien Wasser beider Seen auch in der Tiefe nicht nachgewiesen werden. Unmittelbar über dem Schlammgrund des Großen Heiligen Meeres ist allerdings etwas vorhanden. Der Schlamm selbst enthält viel Sulfid.

Das Zusammenwirken der wichtigsten chemischen Faktoren im Großen Heiligen Meer

Die Abhängigkeit der Konzentration verschiedener chemischer Stoffe voneinander und von der Temperaturschichtung des Wassers soll am Beispiel des Großen Heiligen Meeres dargestellt werden (Abb. 1). Im Erdfallsee sind die Verhältnisse ähnlich, aber nicht so deutlich ausgeprägt.

In der warmen Jahreszeit wird das Wasser des Sees in warmes Oberflächenwasser (Epilimnion) und kaltes Tiefenwasser (Hypolimnion) geschichtet. Dazwischen liegt die Sprungschicht (Metalimnion). Die Zirkulation des Oberflächenwassers reicht nur bis zur Sprungschicht. Dem Tiefenwasser kann daher aus dem Epilimnion kein Sauerstoff mehr zugeführt werden. Besonders stark ist die Sauerstoffzehrung in Bodennähe durch den Abbau abgesunkener Organismenreste. In 9 m Wassertiefe ist bereits kein Sauerstoff mehr im Wasser vorhanden.

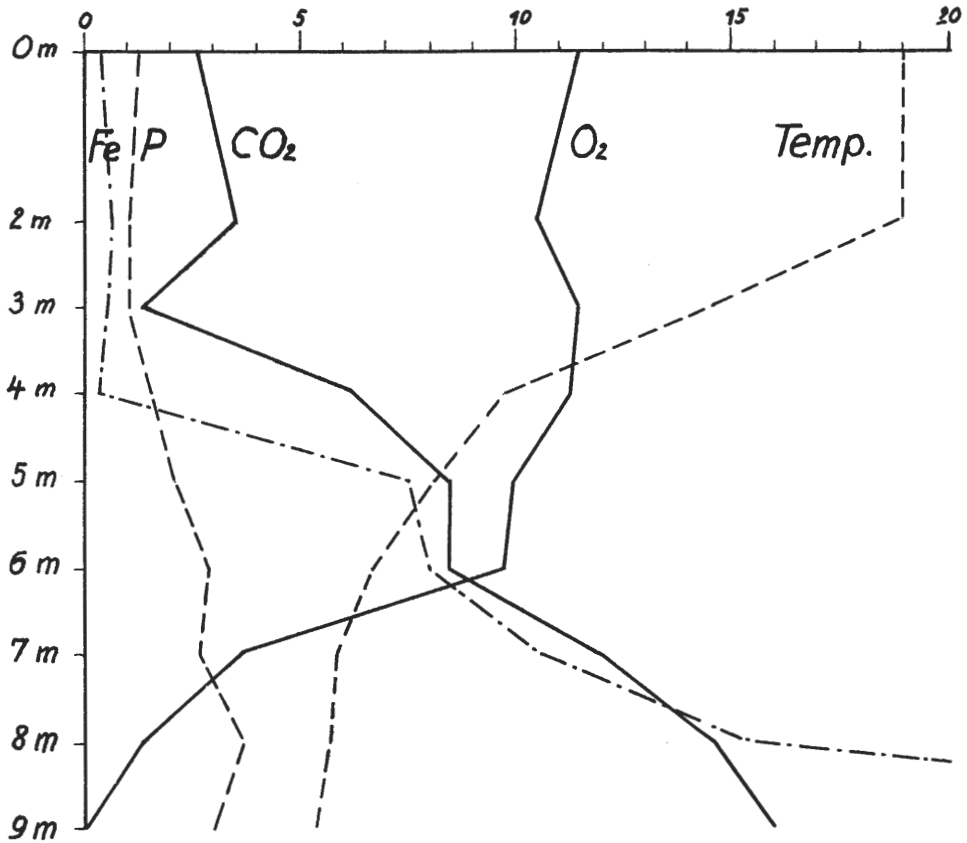


Abb. 1 Die Schichtung der Temperatur, des Sauerstoffs, Kohlendioxids, Eisens und Phosphats im Großen Heiligen Meer am 3. 6. 64.

Ein Teilstrich auf der X-Achse bedeutet 1° C, 1 mg O₂, 1 mg Fe, 1 mg CO₂ u. 0,010 mg P.

Proportional zum Sauerstoffschwund steigt der Kohlendioxidgehalt des Wassers an. Eine gute Übereinstimmung mit der gelösten Kohlendioxidmenge zeigt die Eisenkonzentration des Wassers, andeutungsweise auch die Menge des im Wasser vorhandenen Phosphats. Die in Abb. 1 dargestellten Verhältnisse herrschen bis zur Herbstzirkulation vor. Der Sauerstoffschwund im Hypolimnion wird noch stärker, Eisen und freies Kohlendioxid nehmen mengenmäßig noch zu. Mit der Herbstzirkulation werden wieder alle Wasserschichten durcheinandergemischt. Das Tiefenwasser reichert sich wieder mit Sauerstoff an und das Eisen flockt als Eisen(III)-hydroxid aus, wie bereits weiter oben beschrieben worden ist.

d) Das Plankton

Um das in beiden Seen vorhandene Plankton auch mengenmäßig vergleichen zu können, wurde zunächst mit einem nach den Angaben von Kriegsmann (1938) gebauten Schließnetz gearbeitet. Wurde das Netz über eine Strecke von

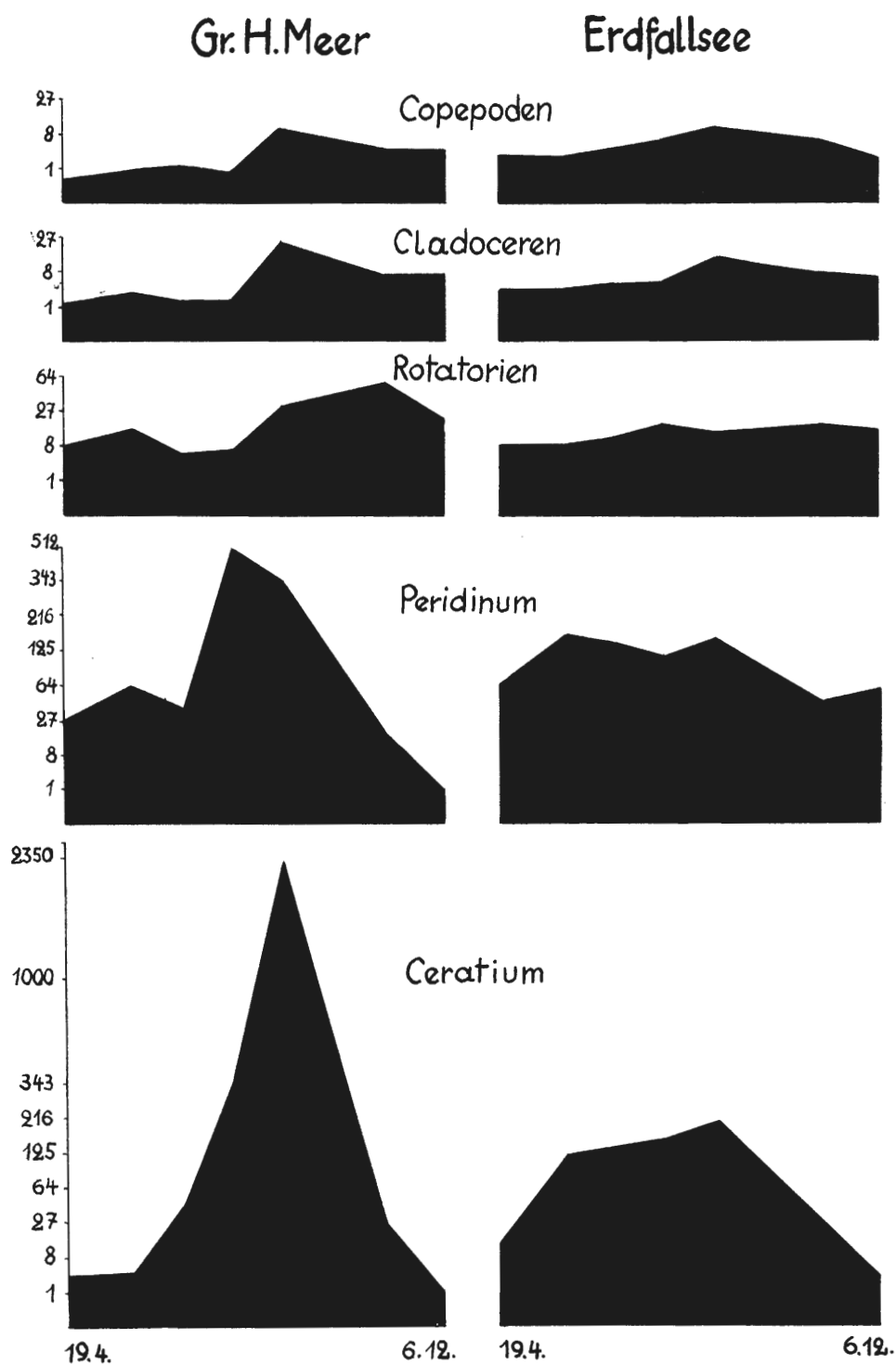


Abb. 2 Beispiele der Planktonentwicklung im Gr. H. Meer und im Erdfallsee während des Jahres 1964. (Die Ordinaten sind die Kubikwurzeln der in 1 l Wasser vorhandenen Individuenzahlen)

60 m durch das Wasser gezogen, so war die gefangene Planktonmenge zu groß, um sie nach der Sedimentation auszählen zu können. Bei verkürzten Fangstrecken von 10 oder gar 5 m wurden die Fehlermöglichkeiten zu groß. Daher habe ich ab Juni 1964 jeweils 2 Liter mit der Schöpfflasche aus der gewünschten Tiefe geholt und mit einem Planktonnetz Gaze Nr. 25 durchgefiltert. Die Weiterverarbeitung des gefangenen Planktons erfolgte nach den Angaben K r i e g s m a n n s (1938) mit einer selbstgebauten Doppelkammer, die sich für dies Vorhaben gut bewährt hat. Das Nannoplankton wurde dadurch gezählt, daß in einer Doppelkammer aus 5 ml Wasser das fixierte Plankton sedimentierte und dann mikroskopisch untersucht und gezählt wurde.

Um die Verhältnisse in beiden Seen vergleichen zu können, gibt die Abb. 2 das mengenmäßige Vorkommen einiger der häufigsten Planktonorganismen für den größten Teil des Jahres 1964 wieder. Eine genauere Darstellung der produktionsbiologischen Verhältnisse in beiden Seen wird wahrscheinlich 1966 folgen.

1964 verlief die Planktonentwicklung in beiden Seen in der üblichen Form, wie wir sie auch in den anderen Jahren beobachtet haben und wie sie K r i e g s m a n n für das Große Heilige Meer beschrieben hat. Eine Ausnahme hat das Jahr 1963 gemacht. Die im Großen Heiligen Meer allgemein im Frühsommer zu beobachtende Hemmung der Entwicklung des Planktons war dort noch wesentlich größer als sonst. Im Erdfallsee waren dagegen keine Unterschiede gegenüber der Planktonentwicklung des Jahres 1964 festzustellen. Hauptursache für die besonders starke Entwicklungshemmung des Planktons im Großen Heiligen Meer im Jahre 1963 wird der lange andauernde Eisverschluß im Winter 1962/63 gewesen sein. Der Sauerstoffschwund im Hypolimnion war bereits am 30. 5. 1963 so groß wie Ende August 1964.

Aus Abb. 2 ist zu ersehen, daß der Erdfallsee in seiner Planktonentwicklung große Unterschiede gegenüber dem Großen Heiligen Meer aufweist. Im Erdfallsee beobachten wir eine Planktonentwicklung, wie sie nach den vorhandenen chemischen und physikalischen Verhältnissen des Sees zu erwarten ist. Im April sind die wichtigsten Nährstoffe für das Phytoplankton zwar noch reichlicher vorhanden, als die dann lebende Menge des Phytoplanktons erwarten läßt. Für die typischen Kaltwasserarten sind die Lebensbedingungen bereits ungünstig geworden, sie treten daher mengenmäßig zurück. Die sich jetzt einstellenden Warmwasserarten benötigen jedoch für eine optimale Vermehrung höhere Temperaturen, als sie im April vorliegen. Zwischen Juni und September bleibt die Phytoplanktonmenge annähernd gleich. Für *Ceratium* ist eine leichte Vermehrung im August zu verzeichnen, obwohl das im Wasser gelöste Phosphat nur in so geringer Menge vorhanden ist, daß es als Minimumstoff wirkt und die mengenmäßige Vermehrung des Phytoplanktons begrenzt. Die Individuenzahlen des Phytoplanktons sind im Großen Heiligen Meer besonders wegen des dort reichlicher vorhandenen Phosphats im Juli und vor allem im August wesentlich größer als im Erdfallsee. Im Oktober geht auch im Erdfallsee die Anzahl der wärmeliebenden Phytoplankter wie *Ceratium* und *Peridinium* zurück. Ursache sind die bereits recht niedrigen Wassertemperaturen. Das Zooplankton nimmt mengenmäßig jeweils etwas später ab als das Phytoplankton. Die Gesamtmasse des Phytoplanktons ist stets größer als die des von ihr lebenden Zooplanktons. Zu allen Jahreszeiten ist außer durch Temperaturverhältnissen oder Nährstoffmangel keine außergewöhnliche Hemmung der Planktonentwicklung im Erdfallsee zu bemerken.

Tabelle 7: Vertikale Verteilung des Planktons. Es sind die in 1 l Wasser lebenden Individuen zahlenmäßig angegeben.

		<i>Phyllopoden</i>						<i>Copepoden</i>					
See		GHM. Erdf.	GHM. Erdf.	GHM. Erdf.	GHM. Erdf.	GHM. Erdf.	GHM. Erdf.	GHM. Erdf.	GHM. Erdf.	GHM. Erdf.	GHM. Erdf.	GHM. Erdf.	GHM. Erdf.
Datum		2. 6. 64	23. 7. 64	26. 8. 64	26. 8. 64	2. 6. 64	2. 6. 64	23. 7. 64	23. 7. 64	26. 8. 64	26. 8. 64	26. 8. 64	26. 8. 64
Wasser- tiefe	1 m	6 3	1 4	33 15	2 2	1 4	2 9						
	3 m	4 3	2 4	40 13	1 3	1 3	42 9						
	5 m	1 2	2 5	26 11	1 2	0 8	2 17						
	7 m	1 3	1 3	0 3	1 2	0 5	0 8						
		<i>Rotatorien</i>						<i>Peridinium</i>					
Wasser- tiefe	1 m	18 7	9 28	64 38	50 140	1600 48	355 224						
	3 m	11 5	8 37	68 22	6 150	256 106	530 235						
	5 m	8 4	7 57	33 18	2 136	168 76	255 80						
	7 m	6 9	7 20	0 7	1 120	84 100	0 75						
		<i>Ceratium hirudinella</i>						<i>Cyclotella comta</i>					
Wasser- tiefe	1 m	4 140	1600 48	3000 224	100 T. 30 T.	110 T. 10 T.	600 T. 14 T.						
	3 m	3 100	238 306	7530 408	4 Mill. 50 T.	120 T. 10 T.	120 T. 18 T.						
	5 m	2 104	116 160	1260 154	600 T. 20 T.	300 T. 20 T.	40 T. 14 T.						
	7 m	1 108	66 100	35 100	1 Mill. 20 T.	100 T. 15 T.	8 T. 15 T.						

Vertikal bildet sich auch im Erdfallsee eine deutliche Schichtung des Planktons aus. Das Phytoplankton ist auch noch in 7 m Tiefe relativ reichlich vorhanden — ein wichtiger Unterschied zum Heiligen Meer — denn im Gegensatz zum G. H. M. dringt im Erdfallsee das Licht bis in diese Tiefe ein. In 3 m Wassertiefe ist für die meisten Phytoplankter das Häufigkeitsmaximum. In dieser Tiefe sind die Lichtverhältnisse noch ziemlich gut, die im Wasser vorhandene Kohlendioxidmenge ist im Hochsommer größer als an der Oberfläche und vor allem sind die Temperaturschwankungen während der verschiedenen Tageszeiten im Gegensatz zur Wasseroberfläche äußerst gering. Auch für das Zooplankton sind in dieser Tiefenzone günstige Lebensbedingungen vorhanden. Sauerstoff und pflanzliche Nahrung stehen reichlich zur Verfügung. Das Zooplankton bevölkert im Erdfallsee auch im Hochsommer noch die tieferen Wasserschichten, da die Sauerstoffzehrung wesentlich geringer als im Großen Heiligen Meer ist.

In welcher Weise unterscheidet sich nun die Planktonentwicklung im Großen Heiligen Meer von der im Erdfallsee? Trotz größeren Reichtums des Wassers an mineralischen Nährstoffen kommen die *Peridinium*arten und *Ceratium hirudinella* erst wesentlich später zur Massenentwicklung als im Erdfallsee. Die *Dinobryon*arten sogar treten im Erdfallsee bereits Ende März recht zahlreich auf, im Großen Heiligen Meer fehlen sie dann noch fast gänzlich. Sie stellen sich dort erst Ende April in nennenswerter Zahl ein, erreichen jedoch nie die Menge der im Erdfallsee vorhandenen Individuen. Grund für die deutliche Entwicklungshemmung der genannten Phytoplankter sind der hohe Eisengehalt des Wassers im Frühling und die geringe Sichttiefe. Auch mögen sich durch die Meer-

becke eingeschwemmte Detergentien hemmend bemerkbar machen, denn obwohl im Großen Heiligen Meer die Sichttiefe im Juni mit 2,5 m einen für diesen See hohen Wert erreicht hat und die Trübung des Wassers durch Eisenhydroxid-flocken bereits verschwunden ist, kann die Entwicklungshemmung noch beobachtet werden. Im Erdfallsee dagegen ist die optimale Massenentwicklung des Planktons bereits fast erreicht. Wenn die Meerbecke wenig Wasser führt oder gar austrocknet wie im Jahre 1964, für das die Zahlen der Tabelle 7 und der Abbildung 2 zutreffen, so beginnt eine lawinenartige Massenvermehrung besonders von *Ceratium hirudinella*. Abhängig von dieser Vermehrung der Phytoplankter kommt es für die Zooplankter etwas später ebenfalls zur Massenvermehrung. Die günstigen Verhältnisse dauern aber nur eine kurze Zeit an, denn mit der Herbstzirkulation nimmt besonders das Phytoplankton zahlenmäßig fast schlagartig ab, besonders wegen der Eisenausflockungen und der schlechten Sichtverhältnisse. Die geringen Temperaturen können nicht allein verantwortlich sein, da im Erdfallsee die Verminderung der Phytoplankter langsamer vonstatten geht. Ergänzend zu dem oben Gesagten muß aber erwähnt werden, daß die planktisch lebende Diatomee *Cyclotella* während der Monate Mai und Juni im Großen Heiligen Meer zur Massenentwicklung kommt. Im Erdfallsee konnte dagegen nur ein geringes Maximum gegenüber den übrigen Monaten festgestellt werden. Ursache für den auffälligen Unterschied (siehe Tab. 7) sind die in beiden Seen in unterschiedlicher Menge vorhandenen mineralischen Nährstoffe.

Die vertikale Schichtung des Planktons ist im Großen Heiligen Meer noch stärker ausgeprägt als im Erdfallsee. Das ist wegen der nur geringen Sichttiefe und dem im Sommer sehr beachtlichen Sauerstoffschwund im Hypolimnion nicht weiter verwunderlich. Im Jahre 1964 war die Sauerstoffzehrung übrigens geringer als 1963 und 1961. Das Maximum des Phytoplanktervorkommens ist im Großen Heiligen Meer in 3 m Wassertiefe. Es wirkt sich auch auf die chemischen Verhältnisse des Wassers aus. In 3 m Wassertiefe ist ein deutlicher Schwund an freiem Kohlendioxid zu bemerken — eine Folge der Assimilationstätigkeit der Algen — und damit einhergehend eine Steigerung des Sauerstoffgehalts des Wassers und eine leichte Abnahme des Phosphats (vgl. Tabelle 2 und 4 für den 3. 6. 1964 und Abb. 1). Das Zooplankton entwickelt sich ebenfalls in 3 m Tiefe besonders gut wegen der dort herrschenden günstigen Lebensbedingungen. In 7 m Wassertiefe ist wegen des Mangels an Licht kaum noch lebendes Phytoplankton anzutreffen. Die am 2. 6. 64 dort noch zahlreich gefundene *Cyclotellen* werden wohl bereits kurz vor dem Absterben oder gar schon tot gewesen sein. Wenn im August in 7 m Tiefe der Sauerstoff vollständig verbraucht worden ist, kann man dort auch kein lebendes Zooplankton mehr finden. Bakterien leben besonders zahlreich in den sauerstoffarmen Teilen des Hypolimnions. Sie sind im Großen Heiligen Meer weit zahlreicher vorhanden als im Erdfallsee.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß sich im Großen Heiligen Meer eine eigenartige Hemmung der Entwicklung des Planktons vom Frühjahr bis zum Juli bemerkbar macht, die im Erdfallsee fehlt. Beim Wegfall der hemmenden Faktoren kommt es im Großen Heiligen Meer besonders Ende Juli und im August beim Phytoplankton zu einer sehr starken Massenentwicklung. Im Erdfallsee haben wir dagegen zwischen Anfang Juni und Anfang September etwa gleichbleibende Planktonmengen ohne Ausprägung eines einseitigen Maximums.

- e) Übersicht über alle von 1961 bis 1964 beobachteten Arten (die besonders auf Copepoden häufig beobachteten Epizoen sind nicht berücksichtigt worden, wohl aber die Tycho plankter)

Zeichenerklärung:

- B = Budde (1942 a und b), im Litoral gefunden;
 E = Ehlers, im Plankton gefunden 1961 bis 1964;
 Ke = Kemper (1930), gefunden im Herbst 1927;
 Kl = Locke (1892), im Großen Heiligen Meer gefunden;
 Kr = Kriegsmann (1938), 1935 und 1936 im Gr. H. Meer gefunden;
 ? = nicht untersucht bzw. nicht beachtet;
 — = nicht gefunden;
 r = nur wenige Exemplare beobachtet;
 + = selten;
 ++ = wenigstens zu bestimmten Jahreszeiten etwas häufiger vorhanden;
 +++ = wenigstens zu bestimmten Jahreszeiten sehr häufig.

1) Phytoplankton

Die Liste enthält nicht die vorhandenen Bakterien und auch nicht die kleineren Arten der Flagellaten. Angaben über diese macht Kriegsmann (1938). An Flagellaten führt er für das Große Heilige Meer außer den in meiner Übersicht verzeichneten Arten an: *Cryptomonas ovata*, *Cryptomonas erosa*, *Trachelomonas volvocina*, *Chrysococcus spec.*, *Chromulina pseudonebulosa*, *Chroomonas acuta*, *Bodo spec.* und *Lagnion spec.*

Art	Gr. H. Meer			Erdfallsee	
	Kr	E	Bem.	E	Bem.
Cyanophyceae					
<i>Microcystis firma</i> Schmidle	+	++	B	+	B
<i>Microcystis flos aquae</i> Kirchn.	---	++	(B M. spec.)	+	(B M. spec.)
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kg.	---	+	B	r	B
kokkenähnliche Cyanophyceen	+	?		?	
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemm.	---	++	(B Chr. sp.)	+	(B Chr. sp.)
<i>Chroococcus turgidus</i> Naeg.	---	+	B	+	B
<i>Chroococcus minutus</i> Naeg.	---	++	B	+	B
<i>Merismopedia spec.</i>	+	+	B (3 Arten)	+	B
<i>Dactylococcopsis acicularis</i> Lemm.	+	+		r	
<i>Coelosphaerium kützingianum</i> Naeg.	---	++	B	+	B
<i>Coelosphaerium nagelianum</i> Ung.	---	+	B	r	B
<i>Gomphosphaeria aponina</i> Kg.	---	++	B	---	
<i>Anabaena flos aquae</i> Bréb.	---	r	B	---	B
<i>Anabaena scheremetievi</i> Elenk.	---	r	B	---	B
<i>Spirulina spec.</i>	---	r	B	---	
<i>Oscillatoria limosa</i> Ag.	---	+	B	r	B
<i>Nostoc spec. (kihlmani?)</i>	---	r	B	---	
Flagellatae					
<i>Dinobryon sociale</i> Ehrb.	+	(von mir nicht gef.)			
<i>Dinobryon bavaricum</i> Imhof	---	+		+++	
<i>Dinobryon divergens</i> Imhof	++	++	B	+++	B
<i>Dinobryon cylindricum</i> Imhof	---	+		++	
<i>Dinobryon cylindricum var. palustre</i> Lemm.	---	+		+++	
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrb.	---	+		++	
<i>Dinobryon sucinum v. longispinum</i> Lemm.	---	---		++	(nur unter Eis)
<i>Mallomonas caudata</i> Iwanoff					
und <i>M. fastigata</i> Zach.	++	+++	B(bes.1963)	++	B
<i>Ceratium hirudinella</i> Schr.	+++	+++	B	+++	B
<i>Ceratium cornutum</i> Clap. et Lachm.	---	+	B	+	B
<i>Peridinium bipes</i> Stein, <i>P. cinctum</i> Ehrb., <i>P. Willei</i> Huitf.-Kaas und <i>P. tabulatum</i> = <i>P. bipes</i> fa. <i>tabulatum</i> Lef.	+++	+++	B	+++	B
<i>Glenodinium spec.</i>	vorh.	++	B	++	B
<i>Synura uvella</i> Ehrb.	---	++		+	
<i>Uroglena americana</i> Calk.	---	++	(Sommer)	+	
<i>Uroglena volvox</i> Ehrb.	---	+	(Anf. Mai)	+++	(März/April)
Diatomeae					
<i>Asterionella formosa</i> Hass	+++	+++	B, Ke	++	B, Ke
<i>Synedra acus</i> Kg.	vorh.	+++	B	++	B
<i>Synedra ulna var. biceps</i> Kg.	---	r	B	r	B

Art	Gr. H. Meer			Erdfallsee	
	Kr	E	Bem.	E	Bem.
<i>Rhizolenia longiseta</i> Zach.	vorh.	++	B	+	B
<i>Melosira islandica</i> ssp. <i>helvetica</i> O. Müll.		++	B, Ke	r	B, Ke
<i>M. ambigua</i> O. Müll.	+	r	B	---	
<i>Cyclotella comta</i> Kg (Kr. <i>C. opercul.</i>)		+++	B	++	(bis +++) B
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun.	---	r	(nur 4 Indiv.)	---	
<i>Tabellaria flocculosa</i> Kg.	+++	+++	B	++	B
<i>Tabellaria fenestrata</i> Kg.	vorh.	+++	B	++	B
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitt.	---	+++	B	++	
<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs	vorh.	+	B	r	B
<i>Fragilaria construens</i> Grun.	---	+	B	---	
<i>Diatoma elongatum</i> Ag.	---	+	B	r	
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrb.	---	r	B	r	B
<i>Navicula dactylus</i> Ehrb.	---	---	B	r	B
<i>Navicula major</i> Kg.	---	r	B	r	B
<i>Navicula viridula</i> Kg.	---	r	B	---	
<i>Gyrosigma acuminatum</i> Rbh.	---	r	B	---	
<i>Suriella robusta</i> Ehrb.	---	r	B	r	B
Conjugatae					
<i>Staurastrum paradoxum</i> Meyen	+	r	B	r	
<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs	---	r		r	B
<i>Staurastrum vestitum</i> Ralfs	---	---		r	
<i>Closterium acutum</i> Bréb.	+	++	B	+	B
<i>Closterium intermedium</i> Ralfs	---	r	B	r	B
<i>Closterium rostratum</i> Ehrb.	---	r	B	---	
<i>Closterium kützingii</i> Bréb.	---	r	B	r	B
<i>Closterium venus</i> Kg.	---	---	B	r	B
<i>Xanthidium antilopaeum</i> Ehrb.	---	+	B	+	B
<i>Pleurotaenium coronatum</i> Rbh.	---	---	B	r	B
<i>Micrasterias radiata</i> Hass	---	---	B	r	
<i>Micrasterias crux-melitensis</i> Hass	---	---		r	B
<i>Micrasterias americana</i> Ralfs	---	r		r	
<i>Micrasterias pinnatifida</i> Ralfs	---	---		r	B
<i>Micrasterias papillifera</i> Bréb.	---	---		r	B
<i>Cosmarium botrytis</i> Menegh.	---	---		r	B
<i>Cosmarium reniforme</i> Arch.	---	---		r	B
<i>Cosmarium tetraophthalmum</i> Bréb.	---	r		r	B
<i>Desmidium swartzii</i> Ag.	---	---		r	B
<i>Euastrum gemmatum</i> Ralfs	---	---		r	B
<i>Euastrum oblongum</i> Ralfs	---	---	B	r	B
<i>Euastrum verrucosum</i> Erhb.	---	---	B	r	B
Chlorophyceae					
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> Ralfs	---	+	B	r	B
<i>Crucigenia rectangularis</i> Gay	vorh.	r		r	
<i>Crucigenia tetrapedia</i> West	---	---	B	r	B
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Naeg.	---	+	B	+	B
<i>Gloeococcus Schroeteri</i> Lemm.	---	+	B	+	B
<i>Kirchneriella lunaris</i> Möb.	---	r	B	---	B
<i>Pediastrum boryanum</i> Menegh.	---	+	B	+	B
<i>Pediastrum tetras</i> Ralfs	vorh.	r	B	r	B
<i>Scenedesmus bijugatus</i> Kg.	---	r	B	r	B
<i>Scenedesmus quadricauda</i> Bréb.	vorh.	++	B	++	B
<i>Selenastrum minutum</i> Coll.	---	---		r	
<i>Tetrastrum spec.</i>	vorh.	von mir nicht gef.			
<i>Volvox aureus</i>	vorh.	von mir nicht gef.			

2) Zooplankton

Protozoa

<i>Amphileptus trachelioides</i> Zach.	---	---	++
<i>Didinium balbianii</i> Fabre-Dom	---	---	+
<i>Diffugia hydrostatica</i> Zach.	---	r (nur 1 Exempl.)	r
<i>Dileptus anser</i> O. F. Müller	---	r	r

Art	Gr. H. Meer			Erdfallsee	
	Kr	E	Bem.	E	Bem.
<i>Epistylis rotans</i> Sveç	vorh.	++		+	
<i>Holophrya nigricans</i> Lauterb.	---	---		r	
<i>Paramecium bursaria</i> Focke	---	r		---	
<i>Spirostomum ambiguum</i> Müller-Eb.	---	r (März 1964)		---	
<i>Trachelius ovum</i> Ehrb.	---	---		r	
<i>Vorticella natans</i> Fauré-Fr.	---	+		---	
Rotatoria					
<i>Anuraeopsis fissus</i> Gosse	r	r		---	
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	r	+++ Ke		++	Ke
<i>Brachionus angularis</i> Gosse mit var. <i>bidens</i> Plate	+	+		r	
<i>Br. calyciflorus</i> Pallas	r	r		---	
<i>Cephalobdella megaloccephala</i> Gl.	---	r (Litoralbew.)		---	
<i>Chromogaster ovalis</i> Bergend.	---	---		r	
<i>Collotheca mutabilis</i> Hudson	---	r		+	
<i>Collotheca pelagica</i> Rouss.	---	r		---	
<i>Colurella obtusa</i> Gosse	---	---		r (Litoralbew.)	
<i>Conochiloides natans</i> Seligo	---	+		r	
<i>Conochilus unicomis</i> Rouss.	r	r		r	
<i>Filinia longiseta</i> Ehrb.	+	+		+	
<i>Filinia major</i> Golditz	---	++		++	
<i>Gastropus stylifer</i> Imhof	+	++ (in manchen J. selten)		++	
<i>Kellicottia longispina</i> Kellic.	+	++ Ke		+	Ke
<i>Keratella cochlearis</i> Gosse mit var. <i>cochlearis</i> Gosse, <i>macrantha</i> Laut. und selten v. <i>micrantha</i> Lauterb.	+++	+++ Ke		+++	Ke
<i>Keratella quadrata</i> O. F. Müller	+	+	Ke	+	Ke
<i>Lecane closterocerca</i> Schmarda	---	---		+	
<i>Lecane intrasinita</i> Olofsson	---	r Ke?		r	
<i>Pedalia fennica</i> Levander	r	nicht mehr vorhanden			
<i>Pedalia mira</i> Hudson	r	nicht mehr vorhanden			
<i>Philodina megalotrocha</i> Ehrb.	---	r		---	
<i>Ploesoma hudsoni</i> Imhof	---	+		+	
<i>Ploesoma truncatum</i> (Verwechselung?)	r	von mir nicht gefunden			
<i>Pompholyx complanata</i> Gosse	r	+		r	
<i>Pompholyx sulcata</i> Hudson	+	++ (zeitw. wen.)		++ (zeitw. selt.)	
<i>Polyarthra euryptera</i> Wierz.		+++		+++	
<i>Polyarthra major</i> Burckhardt	++	++		++	Ke
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin		+++		+++	
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson	---	+		---	
<i>Polyarthra remata</i> Skorikov	---	+		+	
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrb.	r	++		+	
<i>Testudinella patina</i> Hermann	---	r		---	
<i>Trichocerca birostris</i> Mink.	---	+		r	
<i>Trichocerca capucina</i> Wierz.	---	+		r	
<i>Trichocerca rousseleti</i> Voigt	---	+		r	
<i>Trichocerca similis</i> Wierz.	r	++ (Kr. Diurella)		+	
Crustacea					
<i>Bosmina longirostris</i> O. F. Müller		auch 1 Ex. var. <i>similis</i>			
mit var. <i>typica</i> und var. <i>pellucida</i> . seltener var. <i>brevicornis</i> und var. <i>cornuta</i>	++	+++ Ke Kl		+++	
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> var. <i>pulchella</i> G. O. Sars	++	++ Kl		+++	
<i>Daphnia cucullata</i> G. O. Sars mit f. <i>cucullata</i> und f. <i>kahlbergensis</i>	+++	+++ Ke Kl		+++	Ke
<i>Daphnia longispina pulchella</i> Sars	---	++ Kl?		+++	
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> Liev.	+++	+++ Ke Kl		+++	
<i>Leptodora kindtii</i> Focke	r	+		+	

<i>Eudiaptomus gracilis</i> G. O. Sars	+++	+++	Ke	+++	Ke
<i>Eudiaptomus graciolides</i> Lill.	---	r		r	
<i>Cyclops strenuus landei</i> Kozm.	---	+		+	
<i>Cyclops vicinus vicinus</i> Uljanin	---	r (Litoralbew.)		---	
<i>Mesocyclops leuckarti</i> Claus	++	+		++	
<i>Thermocyclops dybowskyi</i> Lande	++	++		++	
<i>Thermocyclops hyalinus</i> Rehberg	---	+++		+++	

Insecta

Larven von *Corethra plumicornis* r r Ke r Ke
(Im Bodenschlamm waren Ende April 1961 auf 2 dm² im Gr. H. Meer 136 *Corethralarven*, im Erdfallsee dagegen nur 2.)

Als Ergänzung zur obigen Übersicht muß erwähnt werden, daß Kemper (1930) noch Fänge von *Eurytemora velox* und *Eubosmina longispina* angibt, Klocke (1892) den Fang von *Bosmina longicornis*. Alle drei Arten sind später niemals wieder gefunden worden. Es ist möglich, daß hier Fehlbestimmungen vorgelegen haben.

3. Auswertung

Obige Übersicht über die in beiden Seen vorhandenen Arten zeigt, daß seit dem Jahre 1936 im Großen Heiligen Meer nur unwesentliche Veränderungen der Zusammensetzung der dort lebenden Organismen eingetreten sind. Im Erdfallsee entspricht die Artenzusammensetzung im wesentlichen der des Großen Heiligen Meeres, wobei allerdings in einigen Fällen starke mengenmäßige Unterschiede vorkommen. Von den in größerer Individuenzahl im Gr. H. Meer lebenden Arten fehlt dem Erdfallsee keine. Die von mir in beiden Seen erstmals im Plankton gefundenen Algen hat Budde (1942) fast alle bereits im Litoral bzw. Profundal des betreffenden Sees nachgewiesen. Neufunde sind *Microcystis flos aquae*, *Chroococcus limneticus*, *Dinobryon bavaricum*, *Dinobryon cylindricum*, *Dinobryon cylindricum* var. *palustre*, *Dinobryon sertularia*, *Dinobryon suecicum*, *Synura uvella*, *Uroglena americana*, *Uroglena volvox*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Staurastrum vestitum*, *Micrasterias americana* und *Selenastrum minutum*. *Micrasterias radiata* wurde von mir im Erdfallsee gefunden, Budde beschreibt ihr Vorkommen nur für das Große Heilige Meer. *Staurastrum gracile* und *Cosmarium tetraophthalmum* werden von Budde nur für den Erdfallsee angegeben, inzwischen kommen sie auch im Großen Heiligen Meer vor. *Fragilaria crotonensis* und *Diatoma elongatum* sind im Erdfallsee neu. Die von mir nicht mehr gefundenen Arten aus der Artenliste Kriegsmanns erwähnt bereits Budde (1942) nicht mehr. Es handelt sich um *Dinobryon sociale*, *Tetrastrum spec.* und *Volvox aureus*.

Besondere Beachtung verdient der Fund von *Dinobryon suecicum* im Erdfallsee. Diese Art kommt nach Huber-Pestalozzi (1941) nur in Schweden vor. Sie lebt zwischen Wasserpflanzen und vereinzelt auch im Plankton. Der Protoplast ist noch unbekannt. Ich habe *Dinobryon suecicum* am 6. 3. 1965 in recht großer Anzahl im freien Wasser des Erdfallsees unter Eis erbeutet. Nach der Schneeschmelze habe ich nur noch zwei Individuen im Plankton gefunden. Auch mir lagen in allen Fällen nur leere Gehäuse vor. Im Großen Heiligen Meer fehlt dies *Dinobryon* wenigstens im freien Wasser des Sees. Besonders bei Untersuchungen des Litorals sollte man in Zukunft auf diese Art achten. Wegen der nur geringen Dimension des Gehäuses ist sie mit dem Planktonnetz nur schwer zu fangen. Verf. hat die Art in Sedimentationsproben gefunden.

Beim Zooplankton sind seit 1936 etwas größere Veränderungen eingetreten als beim Phytoplankton. An Protozoen wurden im Großen Heil. Meer neu gefunden: *Diffflugia hydrostatica*, *Vorticella natans*, *Dileptus anser*, *Paramecium bursaria* und *Spirostomum ambiguum*; im Erdfallsee: *Diffflugia hydrostatica*, *Dileptus anser*, *Amphileptus trachelioides*, *Trachelium ovum*, *Didinium balbianii* und *Holophrya nigricans*. Die hier angeführten Arten sind mit Ausnahme von *Amphileptus trachelioides* ziemlich selten. Bei den Rotatorien konnten von der Gattung

Polyarthra jetzt fünf Arten gegenüber vorher nur einer nachgewiesen werden. Einige der neu aufgeführten Arten werden in älteren Faunen nur als Varietäten von *Polyarthra platyptera* beschrieben (vgl. Collin 1912). Bei Kriegsmanns *Diurella stylata* ist nicht eindeutig, ob ihm *Trichocerca similis*, *Trichocerca birostris* oder aber auch beide Arten vorgelegen haben (vgl. die Abb. bei Sachse (1912) und Voigt (1957). *Trichocerca capucina* und *Trichocerca rousseleti* sind neu. *Asplanchna priodonta* scheint im Gr. H. Meer zahlreicher geworden zu sein, wenn man die recht umfangreichen Zählungen Kriegsmanns (1938) zum Vergleich heranzieht. Kemper (1930) bezeichnet die Art bereits für 1927 als häufig. *Synchaeta pectinata* ist im Gr. H. Meer häufiger geworden, zur Fauna des Erdfallsees sogar neu hinzugegetreten. Neue Rädertierarten sind außerdem im Gr. H. Meer *Ploesoma hudsoni*, *Lecane intrasinuta*, *Collotheca mutabilis* (1961 von Dr. Beyer erstmalig in beiden Seen gefunden worden), *Collotheca pelagia*, *Conochiloides natans*, *Filinia major*, *Testudinella patina*, *Philodina megalstrocha* und *Cephalobdella megalcephala*. *Ploesoma truncatum* ist nicht mehr gefunden worden. Ganz ausgeschlossen erscheint es mir nicht, daß es sich bei dieser Art nur um eine Verwechslung mit der von mir regelmäßig gefundenen *Ploesoma hudsoni* handelt.

Neue Rädertierarten im Erdfallsee sind *Polyarthra remata*, *Trichocerca similis*, *Trichocerca birostris*, *Trichocerca capucina*, *Trichocerca rousseleti*, *Filinia longiseta*, *Filinia major*, *Gastropus stylifer*, *Pompholyx sulcata*, *Pompholyx complanata*, *Synchaeta pectinata*, *Brachionus angularis*, *Ploesoma hudsoni*, *Lecane intrasinuta*, *Lecane closterocerca*, *Collotheca mutabilis*, *Conochiloides natans*, *Conochilus unicornis*, *Colurella obtusa* und *Chromogaster ovalis*. Für den Erdfallsee ist die Zahl der Neubesiedler seit 1927 wahrscheinlich geringer, als aus der Übersichtsliste entnommen werden kann, denn die zum Vergleich herangezogenen Untersuchungen Kempers (1930) haben nur drei Wochen gedauert und können daher nicht vollständig sein.

Aus der Fauna des Gr. H. Meeres sind an Rädertierarten verschwunden *Pedalia fennica*, *Pedalia mira* und vielleicht auch *Ploesoma truncatum*. Die Besiedlung des Erdfallsees mit Rädertieren scheint vom Gr. H. Meer ausgegangen zu sein. Dafür spricht die relativ gute Übereinstimmung der in beiden Seen heute vorhandenen Arten, während noch im Jahre 1927 (Kemper 1930) stärkere Unterschiede vorhanden gewesen sind. *Collotheca mutabilis* scheint vom Erdfallsee in das Gr. H. Meer gelangt zu sein. 1961 wurde diese Art zunächst im Erdfallsee gefunden, etwas später im gleichen Jahre auch im Gr. H. Meer, allerdings in geringerer Individuenzahl.

Von den Crustaceen sind für das Gr. H. Meer neu *Daphnia longispina*, *Thermocyclops hyalinus*, *Cyclops strenuus landei*, *Cyclops vicinus vicinus* und *Eudiaptomus graciloides*. Im Erdfallsee sind es *Diaphanosoma brachyurum*, *Daphnia longispina*, *Ceriodaphnia quadrangula* var. *pulchella*, *Bosmina longirostris*, *Leptodora kindtii*, *Mesocyclops leuckarti*, *Thermocyclops dybowskyi*, *Thermocyclops hyalinus*, *Cyclops strenuus landei* und *Eudiaptomus graciloides*.

Daphnia longispina wurde im Gr. H. Meer höchstwahrscheinlich bereits von Klocke (1892) gefunden. Ob diese Art von Kemper (1930) und Kriegsmann (1938) nur übersehen worden ist, oder ob eine spätere Neubesiedlung stattgefunden hat, kann nicht mehr entschieden werden. Bei *Eudiaptomus graciloides* ist es wegen der nur wenigen erbeuteten Exemplare nicht ausgeschlossen, daß es sich um nur zufällig durch Wasservögel eingeschleppte Individuen handelt, und daß sich diese Art auf die Dauer nicht halten kann.

Abschließend möchte ich den Herren Dr. L. Franzisket und Dr. H. Beyer für die Möglichkeit danken, daß ich die hier beschriebenen Untersuchungen in der Biologischen Station Heiliges Meer durchführen konnte.

III. Zusammenfassung

Die chemischen und physikalischen Verhältnisse des Wassers im Gr. H. Meer und im Erdfallsee haben sich in den vergangenen 26 Jahren nur unwesentlich geändert. Das Gr. H. Meer ist ein mesotrophes Gewässer mit starker Siderotrophie, der Erdfallsee kann auch heute noch als oligotroph bezeichnet werden. Entsprechend dem größeren Nährstoffgehalt des Wassers weist das Gr. H. Meer während der Hochproduktion eine größere Planktondichte als der Erdfallsee auf. Die Artenzusammensetzung ist in beiden Seen ziemlich gleich, in der Häufigkeitsverteilung bestehen aber größere Unterschiede. Die Planktonentwicklung verläuft im Erdfallsee gleichmäßig ohne Ausprägung eines extremen und kurz begrenzten Maximums. Im Gr. H. Meer ist während der Hochproduktion im Juli und August das Hypolimnion in der Tiefe frei von Sauerstoff und daher auch fast frei von lebenden Zooplankton. Bis zum Juli macht sich vor allem wegen des hohen Eisengehalts des Sees eine starke Hemmung in der Planktonentwicklung bemerkbar. Ende Juli kommt es zu einer plötzlichen Massenentwicklung des Phytoplanktons, etwas später auch zu einer stärkeren Vermehrung des Zooplanktons. Eine sogenannte „Wasserblüte“ unterbleibt auch während der Hochproduktion. Einige Phytoplankter, mehrere Rädertierarten und einige Crustaceenarten konnten sowohl für das Gr. H. Meer als auch für den Erdfallsee neu nachgewiesen werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- Budde, H. (1942 a): Die benthale Algenflora, die Entwicklungsgeschichte der Gewässer und die Seentypen im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“. Archiv für Hydrobiologie Bd. XXXIX S. 189—293.
- , (1942 b): Die Algenflora Westfalens und der angrenzenden Gebiete. Decheniana (Verh. des naturhist. Vereins der Rheinlande und Westfalens) Bd. 101 AB. Bonn 1942, S. 131—214 g.
- Collin, A.: Rotatoria und Gastrotricha. Heft 14 der Süßwasserfauna Deutschlands von A. Brauer. Jena 1912.
- Gessner, F.: Hydrobotanik Bd. I. Berlin 1955.
- , Hydrobotanik Bd. II. Berlin 1959.
- Graebner, P.: Die Pflanzengesellschaften des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer“ bei Hopsten. Abh. a. d. Westf. Prov.-Mus. f. Nat. 1. Jahrg. 1930. Münster (Westf.). S. 137—150.
- Huber-Pestalozzi, G.: Das Phytoplankton des Süßwassers Bd. II T. 1. Stuttgart 1941.
- Kemper, H.: Beitrag zur Fauna des Großen und Kleinen Heiligen Meeres und des Erdbruchs bei Hopsten. Abh. a. d. Westf. Prov.-Mus. f. Nat. 1. Jahrg. 1930, Münster (Westf.). S. 125—135.
- Klocke, Ed.: Die Cladocerenfauna Westfalens. 20. Jahresber. des Westf. Prov.-Ver. f. Wiss. u. Kunst. Münster 1892. S. 70.
- Kriegsmann, K. F.: Produktionsbiologische Untersuchung des Pelagials des Großen Heiligen Meeres, unter besonderer Berücksichtigung seines Eisenhaushaltes. Abh. a. d. Westf. Prov.-Mus. f. Nat. Münster (Westf.). 9. Jahrg. 1938. Heft 2, S. 1—106.
- Lotze, F.: Zur Geologie der Senkungszone des Heiligen Meeres (Kreis Tecklenburg). Abh. a. d. Landesmus. f. Nat. zu Münster (Westf.). 18. Jahrg. 1956, Heft 1.
- , Die Grundwasserverhältnisse in den Naturschutzgebieten am Heiligen Meere. Natur und Heimat. 11. Jahrg. Münster (Westf.) 1951. S. 97—99.
- Runge, F.: Ein Rundgang durch das Naturschutzgebiet Heiliges Meer (Kreis Tecklenburg). Herausgeg. vom Landesmus. f. Nat. in Münster (Westf.) 1962.
- Ruttner, F.: Grundriß der Limnologie. Berlin 1952.
- Sachse, R.: Rotatoria und Gastrotricha. Heft 14 der Süßwasserfauna Deutschlands von A. Brauer. Jena 1912.
- Schroeder, F.-G.: Zur Vegetationsgeschichte des Heiligen Meeres bei Hopsten (Westf.). Abh. a. d. Landesmus. f. Nat. zu Münster (Westf.). 18. Jahrg. 1956, Heft 2.
- Voigt, M.: Rotatoria, die Rädertiere Mitteleuropas. Berlin 1957.
- Wegner, Th.: Der Erdfall bei Hopsten vom 14. April 1913. Petermanns Mitteilungen. Gotha 1913. S. 69—70.
- Anschrift des Verfassers: Dr. Heinrich Ehlers, Oberstudienrat, 46 Dortmund, Erzbergerstraße 13.

Je 1 – 4 Hefte bilden einen Jahrgang, dessen Bezugspreis 10,— DM voraussichtlich nicht überschreiten wird.

Westfälische Vereinsdruckerei, Münster (Westf.)