

## Einiges zur Kultur mariner niederer Pilze

A. GAERTNER

*Institut für Meeresforschung, Bremerhaven, Deutschland (BRD)*

**ABSTRACT:** Some contributions to the cultivation of lower marine fungi. A report is given on the facts known about cultivation of marine lower Phycomycetes on the basis of information from literature and own experience. The results of cultivation studies on subjects of the marine *Thraustochytrium aggregatum* ULKEN, the most common inhabitant of the waters of the North Sea, done at the Institut für Meeresforschung in Bremerhaven, are presented. The results show that the requirement of vitamin B<sub>12</sub>, known from other members of the Thraustochytriaceae, is the same in *T. aggregatum*. On the other hand, the fungus needs a high concentration of soluble inorganic iron. Under these conditions the growth rate of the fungus increases three times more than normal, without changing the concentrations of the nutrients. These facts are discussed with regard to inorganic components from sewage waters.

### EINLEITUNG

Für die Kultur mariner niederer Pilze gilt auch heute noch in vollem Ausmaße jener Ausspruch von FULLER (1964), welchen er einer Arbeit mit dem Titel „Isolation and pure culture studies of marine Phycomycetes“ vorangestellt hatte und der wie folgt lautet: „However we know little about the biology of these marine Phycomycetes under the controlled conditions possible with pure cultures. To properly assess the role of marine fungi in marine ecology, we need to obtain a considerable amount of information on their growth and physiological behaviour.“

Ogleich die marine Mykologie in den letzten fünf Jahren eine erhebliche Weiterentwicklung und Ausweitung erfahren hat und für physiologische Untersuchungen das notwendige Pilzmaterial in bakterienfreien Reinkulturen und Einsporlinien zur Verfügung stellen kann, hat sich an der von FULLER charakterisierten Situation nichts geändert. Vor allen Dingen deshalb nicht, weil es sich bei den inzwischen veröffentlichten Arbeiten physiologischer Themenkreise immer nur um solche eng begrenzter Thematik handelt, bearbeitet von einem kleinen Kreis sich damit befassender Wissenschaftler. Dies sowohl in den USA als auch in Europa und damit in Deutschland, wobei diese Arbeiten bisher stets anders gelagerter Hauptaufgaben nachrangig durchgeführt werden mußten. Hierdurch bedingt, unterbleibt der für ein effektives und rasches Fortschreiten unserer Erkenntnisse auf dem Sektor der Physiologie mariner niederer Pilze notwendige Einsatz breiter angelegter Untersuchungen. Und damit unterbleibt auch die inzwischen unbedingt notwendige Schaffung der institutionellen Einrichtungen, um das durch die marine Mykologie derzeit bereitgestellte Unter-

suchungsmaterial nicht nur taxonomisch, systematisch und ökologisch zu bearbeiten, sondern auch intensiv physiologisch auszuwerten und zu nutzen, wodurch der marinen Ökologie wiederum am meisten gedient wird.

Die Kultur schwer kultivierbarer niederer Pilze, zu denen wir die durch Pollen köderbaren Vertreter der Chytridiales, der Anisochytridiales und der den Saprolegniales zugeordneten Angehörigen der marinen Thraustochytriaceae zählen müssen und ferner die noch umstrittenen marinen Dermocystidien stellen, wird zwangsläufig unter dem Aspekt der Kultivierbarkeit zwecks leichter Erhaltung der Isolate unter bakterienfreien Bedingungen durchgeführt. Nur wenige der Autoren, so GOLDSTEIN (1960, 1963), GOLDSTEIN & BELSKY (1964), FULLER (1964), ULKEN (1966, 1968a, b) schließen auch physiologische Aspekte in ihre Untersuchungen mit ein.

## ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Die Kultur dieser Pilze nimmt ihren Ausgang von den durch GAERTNER (1954) publizierten Ergebnissen, gewonnen an einigen Chytridineen, wurde dann vorwiegend durch KOCH (1957) und GOLDSTEIN (1960), bedingt auch durch VISHNIAC (1956), und ferner durch FULLER (1962, 1964) weitergeführt. Hierbei zeigt sich, daß die Kultur dieser Wasserpilze unter Verwendung einer Nährstoffkombination von geringen Anteilen leicht abbaufähiger Zucker zusammen mit höheren Anteilen von Eiweißbruchstücken in Form von Pepton aus Kasein und Hefeextrakt häufig gelingt, wenn man berücksichtigt, daß die gesamte Nährstoffkonzentration niedrig bleibt und der Salzgehalt dem zu kultivierenden Organismus angemessen ist. So hat sich bis heute ein Nährboden nach GAERTNER (1954) für die Isolation dieser Pilze bewährt, der 0,3 % Malzextrakt und 0,03 % Pepton erhält, welche für Süßwasserpilze in doppelt über Glas destilliertem Wasser und für Salzwasserpilze in einem Seewasser gelöst sind, das in seiner Salzkonzentration dem jeweiligen Standort der zu isolierenden Pilze angepaßt ist. Dieser Nährlösung werden dann 0,8 bis 1,5 % Agar zur Verfestigung zugegeben. Gelegentlich muß man jedoch noch wesentlich mit der Nährstoffkonzentration heruntergehen, will man zum Kulturerfolg gelangen, so daß als Richtlinie gelten kann, Nährböden zwischen 0,003 und 0,5 % Gesamtnährstoffe zu verwenden, wobei die Agarkonzentration nicht wesentlich über 1 % betragen sollte.

Dieses Nährbodenrezept minimaler Konzentration ergibt sich aus der Eigenschaft der meisten jener Pilze, bei Nährstoffüberangebot zu luxurieren, was dann zum Platzen der Zelle und damit zu ihrer Desorganisation führt. Bei anderen Formen wiederum verlieren unter diesen Bedingungen die Sporangien ihre Fähigkeit, die ausgebildeten Zoosporen zu entlassen. Der Experimentator kann nach eigenen Erfahrungen in solchen Fällen dadurch helfend eingreifen, daß er unter dem Mikroskop die einzelnen isoliert auf der Agaroberfläche herangereiften Zoosporangien mechanisch verletzt und so den Sporen den Weg nach außen öffnet. Die große Zahl der sich jetzt in der Umgebung des geschwärmten Sporangiums ansiedelnden Zoosporen bedingt ein entsprechendes Konkurrenzphaenomen, welches zu einem verringerten Nahrungsangebot gegenüber der einzelnen Pflanze führt und jetzt die Entwicklung normal ablaufen läßt.

Durch dieses Verhalten wird verständlich, warum solche Pilze in früheren Zeiten nicht künstlich kultiviert werden konnten, so daß COUCH (1939) noch die Meinung vertritt, ihre Formen seien auf das Vorhandensein von Bakterien angewiesen und könnten nur zusammen mit diesen über längere Zeit am Leben erhalten werden. Eigene frühere, nicht veröffentlichte Untersuchungen zeigen klar, daß die von COUCH verwendeten Maismehlnährböden sehr wohl zur Kultur der Chytridineen geeignet sind, sofern man sie in Konzentrationen von 0,3 bis 0,5 % Maismehl verwendet und nicht den damaligen Gepflogenheiten der Bakteriologen und Mykologen entsprechend mit 2 % zur Anwendung bringt.

Über die Ergebnisse physiologischer Arbeiten, GOLDSTEIN (1963), GOLDSTEIN & BELSKY (1963, 1964) und ULKEN (1964, 1965), wurde durch GAERTNER (1966) berichtet, so daß jetzt nur noch diejenigen Arbeiten berücksichtigt werden sollen, welche nach diesem Zeitpunkt bekanntgeworden sind. So geben GOLDSTEIN & MORIBER (1966) entsprechend der früheren an Thraustochytriaceae erprobten Arbeitsweise einen wohl-

Tabelle 1

Nährboden nach GOLDSTEIN & MORIBER (1966) für *Dermocystidium* sp. Die anorganischen Komponenten des Seewassers durch Chemikalien ersetzt, organische Komponenten durch Caseinhydrolysat, Glucose, Agar neben den Vitaminen Thiamin und Cobalamin. Hohe Gaben an Spurenstoffen neben EDTA

KCl	70 mg	Na <sub>2</sub> EDTA	1,0 mg
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	43 mg	B (als H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> )	0,2 mg
CaCl <sub>2</sub>	47 mg	Fe (als FeCl <sub>3</sub> · 6 H <sub>2</sub> O)	0,19 mg
NaCl	2,4 g	Mn (als MnCl <sub>2</sub> · 4 H <sub>2</sub> O)	0,1 mg
MgSO <sub>4</sub> · 7 H <sub>2</sub> O	0,8 g	Mo (als Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> · 2 H <sub>2</sub> O)	0,09 mg
Caseinhydrolysat		Zn (als ZnCl <sub>2</sub> )	0,06 mg
(enzymatisch)	0,2 g	Co (als CoCl <sub>2</sub> · 6 H <sub>2</sub> O)	1,0 µg
Glucose	0,4 g	Cu (als CuCl <sub>2</sub> · 2 H <sub>2</sub> O)	2,0 µg
Agar	0,1 g		
Thiamin-HCl	20,0 µg		
Cyanocobalamin	0,3 µg		

Mit glasdestilliertem Wasser auf 100 ml auffüllen. pH nach Autoklavieren = 7,3

detaillierten Nährboden für die Kultur von *Dermocystidium* sp. auf halbsynthetischer Basis, den sie mit Medium A bezeichnen und der in Tabelle 1 wiedergegeben ist. In diesem Substrat werden die anorganischen Komponenten des Seewassers durch die aufgeführten Salze ersetzt und die organischen Komponenten durch Glucose und Caseinhydrolysat zusammen mit den Vitaminen B<sub>1</sub> und B<sub>12</sub> gestellt. Als Spurenelemente werden Bor, Eisen, Mangan und andere zugesetzt, wobei zugegebenes Na<sub>2</sub>EDTA als Chelatbildner die Schwermetalle in Lösung hält.

Diese hohen Gaben an Spurenelementen scheinen mir für den Nährboden charakteristisch zu sein, wobei auch der Anteil des Eisens gegenüber anderen Pilznährböden deutlich erhöht ist. Diesem Umstande kommt, wie später noch an eigenen Untersuchungen ausgeführt wird, eine erhöhte Bedeutung zu.

In neuerer Zeit geben BOOTH & MILLER (1968) für die Kultur der marinen Thraustochytriaceae einen Nährboden an, welcher sich entsprechend Tabelle 2 zusammensetzt. Dieser Nährboden, bei dem die Spurenstoffe nur durch das natürliche See-

wasser gestellt werden, zeichnet sich durch die höchsten Nährstoffkonzentrationen aus, welche bisher für die Kultur von marinen niederen Pilzen bekanntgeworden sind, und hat sicher seinen Zweck gut erreicht, die hohe Variabilität und Anpassungsfähigkeit der Thraustochytriaceae aufzuzeigen.

Tabelle 2

Nährboden nach BOOTH & MILLER (1968) für Thraustochytriaceae. Höchste bisher für diese Pilze verwendete Nährstoffkonzentration. Ohne Zusatz von Spurenstoffen und Vitaminen

Glucose	5 g	Leberextrakt	0,5 g
Gelatin Hydrolysate	1 g	Hefeextrakt	0,5 g
Pepton	1 g	Agar	12 g
Mit Seewasser auf 1000 ml auffüllen			

SCHNEIDER (1967, 1968a, b) benutzt weiterhin Pepton-Malznährböden mit gutem Erfolg und, wie auch ULKEN (1965, 1968a, b), den Nährboden nach OPPENHEIMER & ZOBELL (1952), dessen Zusammensetzung aus Pepton und Hefeextrakt sowie Eisen-III-Phosphat, in Tabelle 3 gezeigt wird.

Tabelle 3

Nährboden nach OPPENHEIMER & ZOBELL (1952), modifiziert nach ULKEN (1965)

Pepton (Merck)	1,00 g	Seewasser (gealtert)	750,00 ml
Hefeextrakt (Merck)	2,00 g	glasdestilliertes Wasser	250,00 ml
Eisen III Phosphat (Merck)	0,01 g	Agar (Difco, hochgereinigt)	5,00 g
Nach dem Autoklavieren pH = 7,6–7,8			

Eigene physiologische Untersuchungen haben zum Ziele, die Optimalbedingungen für die Kultur der isolierten Pilze zu ermitteln, um so die Grundlage zur Anzucht des Untersuchungsmaterials für biochemische Arbeiten zu schaffen. Sie gingen aus von dem Nährboden nach OPPENHEIMER & ZOBELL und messen die Wachstumsleistung durch Bestimmung der Trockenmasse nach der Methode von ULKEN (1966). Da den verwendeten Nährböden Eisen-III-Phosphat als Träger der Eisenkomponente und des Phosphates zugesetzt wird, mußte versucht werden, beides durch lösliches Eisensalz zu ersetzen, um die Störung bei der Trockengewichtsbestimmung zu umgehen.

Als erstes Objekt benutzen wir *Thraustochytrium aggregatum* ULKEN, weil dieser Pilz nach GAERTNER (1969) ein typischer Vertreter der Mykoflora im gesamten Gebiete der Nordsee ist, wobei die verwendeten Isolate A II 1 und A II 5 aus der Deutschen Bucht stammen und so die Aussage universeller wird, als bei Verwendung der aus der Wesermündung stammenden Typuskultur von ULKEN möglich gewesen wäre. Außerdem stehen so die von ULKEN (1966) veröffentlichten Vergleichswerte zur Verfügung. Der Pilz läßt sich ferner in steriler Schüttelkultur in durch Watte verschlossenen, 100 ml fassenden Weithals-Erlenmeyerkolben, mit 50 ml Nährlösung beschickt, bei normaler Zimmertemperatur gut ziehen, was bei dem Fehlen von Konstanzräumen

in der Botanischen Abteilung für solche Untersuchungen eine Vorbedingung ist. Die Auswertung erfolgte stets acht Tage nach der Inokulation.

In Tabelle 4 wird das Verhalten dieser beiden Isolate in der oben bezeichneten Nährlösung unter Verwendung von Eisen-III-Phosphat einander gegenübergestellt. Hierbei zeigt sich, daß der Stamm A II 5 dem A II 1 in der Produktion an Pilztrockenmasse überlegen ist und unter abgeänderten Bedingungen der Ankultur nahezu die gleiche Ausbeute ergibt. Bezieht man die Ausbeute auf die Menge der zur Verfügung stehenden Nährsubstanz von 0,150 g, so zeigt sich, daß A II 1 den Ergebnissen von ULKEN (1966), die sie in belüfteten Kulturen erhielt, sehr nahekommt, während

Tabelle 4

*Thraustochytrium aggregatum* ULKEN, Isolation Nr. A II 1 und A II 5 aus der Deutschen Bucht, Flüssigkeitskultur, geschüttelt, bei Zimmertemperatur, 8 Tage nach der Inokulation. 0,150 g organische Nährsubstanz je 50 ml Nährlösung. Ausbeute in mg bzw. % Pilztrockenmasse bezogen auf die organischen Nährstoffe

Stamm	Datum	Ausbeute (g) Pilz- Trockengewicht Mittel aus 5 Bestimmungen	Ausbeute (%) Nährsubstrat = 100	Einzelwerte (g) Pilz- Trockengewicht	
A II 1	19. 3. 1969	0,0169	11,3	0,0079	
				0,0194	
				0,0191	
				0,0185	
				0,0194	
A II 5	19. 3. 1969	0,0231	15,5	0,0251	
				0,0246	
				0,0267	
				0,0198	
				0,0193	
Nach Verbesserung der Methodik durch Ankultur des Impfmaterials auf der Schüttelmaschine für zwei Tage					
A II 1	21. 3. 1969	0,0200	13,2	0,0229	
				0,0233	
				0,0152	
				0,0229	
				0,0159	
A II 5	21. 3. 1969	0,0226	15,1	0,0222	
				0,0262	
				0,0234	
				0,0203	
				0,0206	
Typuskultur nach ULKEN (1966) bei 0,75 g Nährsubstrat je 250 ml Nährlösung					
		be- lüftet	un- belüftet	be- lüftet	un- belüftet
Typus		0,0998	0,0641	13,3	8,6

A II 5 mit 15,1 % darüber liegt. Ausschlaggebend für die Verwendung dieses Stammes in den weiteren Versuchen war jedoch die Tatsache, daß die Streuung der Trockengewichte der einzelnen fünf Wiederholungen außerordentlich gering ist, wie die Zahlen der Spalte 5 zeigen, so daß dieser Stamm für die Fortsetzung der Untersuchungen eindeutige Ergebnisse erwarten ließ.

Anschließend wird geprüft, wie sich der Ersatz des Eisens als Phosphat in steigender Konzentration durch Eisen-III-Chlorid auswirkt und ob auch für *Thraustochytrium aggregatum* die durch GOLDSTEIN (1963) für andere Thraustochytriaceae nachgewiesene Vitamin-B<sub>12</sub>-Bedürftigkeit vorliegt. Hierbei zeigt sich (Tab. 5), daß der

Tabelle 5

*Thraustochytrium aggregatum* ULKEN, Stamm A II 5 (vgl. Legende Tab. 4). Eisenphosphat ersetzt durch lösliches Eisenchlorid und Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>. Vitamin-B<sub>12</sub>-Zusatz

Datum	FePO <sub>4</sub> (Fe µg/l)	FeCl <sub>3</sub> · 6 H <sub>2</sub> O (Fe µg/l)	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> · 12 H <sub>2</sub> O (mg/l)	Vitamin B <sub>12</sub> (µg/l)	Trocken- gewicht (g)	Ausbeute (%/o) Nährsubstrat = 100
7. 5. 1969	2500	—	—	—	0,0166	11,1
7. 5. 1969	—	2000	250	—	0,0261	17,3
7. 5. 1969	—	4000	250	—	0,0254	16,9
7. 5. 1969	—	8000	250	—	0,0225	15,0
11. 6. 1969	—	2000	250	1	0,0399	26,6

Ersatz von 2500 µg/l Eisen als Phosphat durch 2000 µg/l Eisen als Chlorid eine Steigerung der Ausbeute von 11,1 % auf 17,3 % aller vorhandenen Nährstoffe einbringt und daß höhere Eisengaben, überoptimal, eine leicht fallende Tendenz der Ausbeute bedingen. Die Zugabe von 1 µg/l Vitamin B<sub>12</sub>, steril gefiltert, steigert unter optimalen Eisengaben die Ausbeute auf 26,6 % und bestätigt damit, daß auch dieser Pilz Vitamin-B<sub>12</sub>-abhängig wächst.

Weiterhin scheint uns von Bedeutung zu sein, ob auch andere Komponenten des Vitamin-B-Komplexes allein und in Kombination wirksam werden und ob der Salzgehalt einen maßgebenden Faktor darstellt. Dies besonders in Hinblick auf den Salzgehalt der Nährlösung nach OPPENHEIMER & ZOBELL, welcher sich auf 22,5 ‰ errechnet und den Toleranzbereich des Pilzes, der sowohl in den Aestuarien bei niedriger Salinität als auch im hochsalinen Bereich anzutreffen ist. Die Ergebnisse dieser Serien zeigt Tabelle 6. Die Zugabe von weiteren Komponenten des Vitamin-B-Komplexes zeigt keine verbessernde Wirkung, sondern läßt nur die Einzelwerte stärker streuen. Eine Erhöhung der Salinität auf 30 ‰ hebt die stärkere Streuung der Einzelwerte wieder auf und läßt die Zunahme, mit Ausnahme bei Folsäure, auf über 27 % Gesamtausbeute ansteigen. Hieraus müssen wir schließen, daß dieser Pilz trotz allgemein universeller Verbreitung an hochsaline Bedingungen besser angepaßt ist.

Die Ergebnisse der Kombinationen der Vitamine können leider nicht ausgewertet werden, da die hohen Zimmertemperaturen von über 30° C ab Mitte Juli zu einer erheblichen Minderung der Ausbeuten führten und ein Ausweichen in Klimaräume nicht möglich war. Offensichtlich hat sich bei der höheren Temperatur die Atmung so gesteigert, daß eine erhebliche Differenz in bezug auf die erzeugte Trockenmasse ent-

Tabelle 6

*Thraustodhrium aggregatum* ULKEN, Stamm A II 5 (vgl. Legende Tab. 4). Weitere Komponenten des Vitamin-B-Komplexes. Salinität des Nährbodens nach OPPENHEIMER & ZOBELL derjenigen eines Seewassers von 30 ‰ gegentübergestellt

Datum	FePO <sub>4</sub> · 6 H <sub>2</sub> O (Fe µg/l)	FeCl <sub>3</sub> · 6 H <sub>2</sub> O (Fe µg/l)	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> · 12 H <sub>2</sub> O (mg/l)	Vitamin B <sub>12</sub> (µg/l)	Vitamin B <sub>1</sub> (µg/l)	Vitamin B <sub>6</sub> (µg/l)	Fol- säure (µg/l)	Ca-Pan- tothenat (µg/l)	Trocken- gewicht (g)	Ausbeute (‰) Nährsubstrat = 100
Salinität: 22,5 ‰										
7. 5. 1969	2500	—	—	—	—	—	—	—	0,0166	11,1
11. 6. 1969	—	2000	250	1	—	—	—	—	0,0399	26,6
11. 6. 1969	—	2000	250	1	50	—	—	—	0,0370	24,6
11. 6. 1969	—	2000	250	1	—	100	—	—	0,0392	26,1
11. 6. 1969	—	2000	250	1	—	—	50	—	0,0381	25,5
11. 6. 1969	—	2000	250	1	—	—	—	1000	0,0367	24,4
Salinität: 30,0 ‰										
2. 7. 1969	—	2000	250	1	—	—	—	—	—	—
2. 7. 1969	—	2000	250	1	50	—	—	—	0,0409	27,3
2. 7. 1969	—	2000	250	1	—	100	—	—	0,0413	27,5
2. 7. 1969	—	2000	250	1	—	—	50	—	0,0357	23,8
2. 7. 1969	—	2000	250	1	—	—	—	1000	0,0410	27,3

steht. Mitgelaufene Einzelansätze des Stammes A II 1 zeigen erheblich höhere Werte, so daß zwischen diesen beiden Isolaten unterschiedliche Reaktionen in bezug auf die Temperaturbereiche vorhanden sein dürften. Neueste, noch nicht voll bestätigte Experimente deuten darauf hin, daß bei verringerter Nährstoffgabe – geprüft wurden 0,030 g gesamte Nährstoffe – die Ausbeute an Pilztrockensubstanz sich weiterhin steigert und ca. 35 % erreicht, wobei die äußerste Grenze des Erreichbaren von uns auf 40 % geschätzt wird.

Die Ergebnisse der hier vorgetragenen Experimente, ursprünglich mit der speziellen Fragestellung nach optimalen Kulturbedingungen zur Produktion von Pilzfrischmasse für biochemische Untersuchungen eingeleitet, zeigen eine Anzahl allgemein interessierender Fakten auf. So die hohe Vitamin-B<sub>12</sub>-Bedürftigkeit auch dieses Pilzes, welche für andere Thraustochytriaceae von GOLDSTEIN (1963) bereits festgestellt war. Offensichtlich reicht das mit Pepton und Hefeextrakt gebotene Vitamin B<sub>12</sub> nicht aus, um den vollen Bedarf zu decken, so daß nach Zugabe dieses Wirkstoffes eine weitere Steigerung der Ausbeute an Pilzmasse erfolgt. Hingegen dürften die Zugaben weiterer Komponenten des B-Komplexes, wie Aneurin, Pyridoxin, Folsäure und Calciumpantothenat, entweder keine Minimalfaktoren im gebotenen Nährmedium sein, oder der Pilz kann sie selbst ausreichend synthetisieren. Klarheit darüber kann nur das Experiment mit vollsynthetischen Nährböden bringen. Sowohl der hohe erreichbare Wirkungsgrad von 27 % Ausbeute Trockengewicht der Pilzmasse, bezogen auf die gesamten gebotenen Nährstoffe, als auch die hohe Bedürftigkeit an Eisen werfen ein bezeichnendes Licht auf die Situation. So erweist sich für diesen Vertreter der niederen Pilze seine Eigenschaft, mit minimalsten Nährstoffkonzentrationen auszukommen und zu wachsen, wie es GAERTNER (1960, 1965) für niedere Pilze charakteristisch herausstellt, ebenfalls als zutreffend, diesmal jedoch auf Grund eines hohen Wirkungsgrades der Produktion pilzlicher Substanz in künstlicher Kultur postuliert, wobei sich diese Eigenschaft auch in Versuchen mit verminderten Nährstoffgaben zu bestätigen scheint. Die erhöhte Bedürftigkeit an Eisen, nach GAERTNER (1958, 1959) auch von parasitischen Phycomycetes bekannt, wirft die Frage auf, was im Meere geschieht, wenn durch die Tätigkeit des Menschen Überkonzentrationen an Eisen in das Meerwasser gelangen und so das Wachstum dieser Pilze in einer Form angeregt wird, daß sie in kürzester Zeit die meiste gelöste organische Substanz in Form von Pilzsubstanz festlegen. Die Ausschaltung dieser, für die mixotrophe Ernährung vieler pflanzlicher Primärproduzenten notwendigen organischen Substanz könnte in einem so behandelten Areal die Primärproduktion auf lange Sicht lahmlegen. Besonders dann, wenn sich herausstellen sollte, daß die Pilze nicht an einer Schlüsselstellung der Nahrungskette stehen, wodurch eine einmal ausgelöste Gradation über lange Zeit erhalten bliebe.

#### ZUSAMMENFASSUNG

1. Die Probleme der Kultur mariner niederer Phycomycetes sowie die Physiologie dieser Pilzgruppe stellt zum gegenwärtigen Zeitpunkt ein weitestgehend unbearbeitetes Teilgebiet mykologischer Forschung dar.
2. Einzelstudien sowie die mitgeteilten Untersuchungsergebnisse lassen bei einer we-



sentlichen Intensivierung dieses Forschungszweiges wichtige allgemein interessante Ergebnisse erwarten.

3. Diese beziehen sich auf Erkenntnisse zum Verständnis des Stoffumsatzes und des Stoffkreislaufes des Meeres und würden gegebenenfalls weitere, noch nicht in ihrer Tragweite überschaubare Grundlagen für die marine Ökologie liefern. Sie dürften auch für die Abschätzung anthropogener Einflüsse auf das Leben im Meere für die Zukunft entsprechende Bedeutung erlangen.

*Danksagungen.* Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für die Förderung der Untersuchungen im Rahmen des Schwerpunktprogramms Meeresforschung; Fräulein D. NÖHRING und Frau R. EHLKEN für technische Hilfe.

#### ZITIERTE LITERATUR

- BOOTH, T. & MILLER, CH. E., 1968. Comparative morphologic and taxonomic studies in the genus *Thraustochytrium*. *Mycologia* **60**, 480–495.
- COUCH, J. N., 1939. Technic for collection, isolation and culture of Chytrids. *J. Elisha Mitchell scient. Soc.* **55**, 208–214.
- FULLER, M. S., 1962. Growth and development of the Water Mold *Rhizidiomyces* in pure culture. *Am. J. Bot.* **49**, 64–71.
- 1964. Isolation and pure culture studies of marine Phycomycetes. *Mycologia* **56**, 745–756.
- GAERTNER, A., 1954. Einige physiologische und morphologische Beobachtungen an Kulturen niederer Phycomyceten (Rhizophydien, Phlyctochytrien). *Arch. Mikrobiol.* **21**, 167–177.
- 1958. Versuche zur künstlichen Kultur der *Phytophthora infestans* DE BARY. *Zentbl. Bakt. ParasitKde (Abt. 2)* **111**, 121–122.
- 1959. Versuche zur künstlichen Kultur von *Phytophthora infestans* DE BARY. I. Bedarf und Wirkung einiger anorganischer Salze im Nährmedium. *Arch. Mikrobiol.* **32**, 261–269.
- 1960. Einiges zur Ernährungsphysiologie von *Rhizophyidium patellarium* SCHOLZ. *Arch. Mikrobiol.* **36**, 46–50.
- 1965. Ernährungsphysiologische Ansprüche einiger Chytridineen. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.* **9**, 279–288.
- 1966. Vorkommen, Physiologie und Verteilung „Mariner niederer Pilze“ (Aquatic Phycomycetes). *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. Sonderbd* **2**, 221–236.
- 1969. Marine niedere Pilze in Nordsee und Nordatlantik. *Ber. dt. bot. Ges.* **82**, 287–306.
- GOLDSTEIN, S., 1960. Physiology of Aquatic Fungi. I. Nutrition of two monocentric Chytrids. *J. Bact.* **80**, 701–707.
- 1963. Development and nutrition of new species of *Thraustochytrium*. *Am. J. Bot.* **50**, 271–279.
- & BELSKY, M., 1963. B<sub>12</sub> and B<sub>1</sub> Auxotrophy of lower marine Phycomycetes. *Arch. Mikrobiol.* **47**, 161–163.
- — 1964. Axenic culture studies of a new marine Phycomycete possessing an unusual type of asexual reproduction. *Am. J. Bot.* **51**, 72–78.
- & MORIBER, L., 1966. Biology of a problematic marine fungus, *Dermocystidium* sp. I. Development and cytology. *Arch. Mikrobiol.* **53**, 1–11.
- KOCH, W. J., 1957. Two new Chytrids in pure culture. *Phlyctochytrium punctatum* and *Phlyctochytrium irregulare*. *J. Elisha Mitchell scient. Soc.* **73**, 108–122.
- OPPENHEIMER, C. H. & ZOBELL, C., 1952. The growth and variability of sixty-three species of marine bacteria as influenced by hydrostatic pressure. *J. Mar. Res.* **11**, 10–18.
- SCHNEIDER, J., 1967. Ein neuer mariner Phycomycet aus der Kieler Bucht. *Kieler Meeresforsch.* **23**, 16–20.

- 1968a. Über niedere Phycomyceten der westlichen Ostsee. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.* Sonderbd **3**, 93–104.
- 1968b. Über niedere Pilze der westlichen Ostsee. *Ber. dt. bot. Ges.* **81**, 369–374.
- ULKEN, A., 1964. Über einige *Thraustochytriaceae* des polyhalinen Brackwassers. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.* **9**, 31–42.
- 1966. Zur Physiologie einiger Thraustochytrien. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.* **10**, 117–120.
- 1965. Zwei neue Thraustochytrien aus der Außenweser. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.* **9**, 289–295.
- 1968a. Über die Isolierung von Phycomyceten aus Süß- und Brackwasser. *Mitt. int. Verein. theor. angew. Limnol.* **14**, 256–260.
- 1968b. Über zwei marine niedere Pilze vom Meeresboden der Nordsee. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.* Sonderbd **3**, 71–74.
- VISHNIAC, H., 1956. On the ecology of the lower marine fungi. *Biol. Bull. mar. biol. Lab., Woods Hole.* **111**, 410–414.

Anschrift des Autors: Dr. A. GAERTNER  
Institut für Meeresforschung  
285 Bremerhaven  
Am Handelshafen 12  
Deutschland (BDR)