

Über eine blasenbildende Krankheit von kultivierten grünen Fadenalgen (*Cladophora* und *Rhizoclonium*)

(Aus dem kantonalen Laboratorium Zürich; Vorstand: Dr. M. STAUB)

Von
E. A. THOMAS

1. Einleitung

Die Überdüngung unserer Seen durch eine zunehmende Abwasserlast ist von Fachleuten schon vor Jahrzehnten erkannt worden an einer Überhandnahme der pflanzlichen Schwebeorganismen. Soweit solche Algen vor der Überdüngung im See lebten, waren sie nur in geringen Mengen vorhanden; zahlreiche Algenarten sind zudem neu in die durch den Menschen überdüngten Seen eingewandert, ein weiteres Zeichen dafür, dass sich die Lebensbedingungen im Gewässer grundlegend verändert haben.

Nachdem man sich beim Zürichsee an die Verfärbungen und Trübungen des einst kristallklaren Seewassers bereits etwas gewöhnt hatte, machte sich der See erneut durch unangenehme Überraschungen bemerkbar in Form von reichlich wuchernden Uferalgen. Wie vor kurzem erwähnt (THOMAS, 1960b, S. 298), handelt es sich bei diesen Algen im Zeitraum vom Mai bis Juli hauptsächlich um *Cladophora* und, in geringerer Masse, um *Rhizoclonium*.

Da die Zürichseeufer in den ungünstigsten Zeiten vom Ufer weg an seichten Stellen über Dutzende von Metern mit dichten, hellgrünen bis gelbbraunen Schleiern von *Cladophora* durchsetzt sind, die bei Sonnenschein teilweise aufrahmen und Decken bilden, hat diese Alge an den Seeufern heute eine beängstigende Bedeutung gewonnen. Aber auch in unseren Flüssen und Bächen finden wir *Cladophora glomerata* Kütz. überall dort massenhaft, wo viele Abwässer, das heisst viele Nährstoffe ins Gewässer gelangen. Wenn also LIEBMANN (1951, S. 441) *Cladophora glomerata* als «oligosaprobe Grünalge» bezeichnet, so ist diese Klassifizierung ohne Zweifel zu korrigieren; die gleiche Bemerkung gilt übrigens auch für *Rhizoclonium hieroglyphicum* (Agardh) Kütz. (LIEBMANN 1951, S. 440). Auf Grund von experimentellen biologischen und chemischen Untersuchungen ist *Cladophora glomerata* seinerzeit in die α -mesosaprobe Stufe eingereiht worden (THOMAS, 1944).

Obschon im Kanton Zürich bereits über vierzig gemeindeeigene Kläranlagen in Betrieb sind, zeigte sich, dass die Veralgung der Gewässer vorläufig nicht im Rückgang begriffen ist, indem gerade die Wucherungen von *Cladophora glomerata* und anderer grüner Fadenalgen an Seeufern und in Flüssen und Bächen weiter im Zunehmen begriffen sind. Während die Veralgung fliessender Gewässer sich hauptsächlich als Belästigung von Badenden, Fischern, Uferanwohnern, Bootsfahrern und Spaziergängern auswirkt, kommt am See eine weitere, tiefgreifende Schädigung dazu. Die Algen setzen sich unter anderem am seewärts gelegenen Schilfsaum fest, und die vom Wellengang abgerissenen weiteren Algenmassen werden vom Wind ebenfalls gegen den Schilfgürtel getrieben. Unweigerlich drücken die Algenmassen eine ein bis mehrere Meter tiefe Schilfzone ins Wasser; in der Folge bilden diese Schilfhalm an einem längeren Teil des Halmes Adventivsprosse und Wurzeln. Dabei wird vermutlich das im Boden befindliche Rhizom geschwächt, denn im nächsten Frühjahr sind die Ausschläge an solchen Stellen spärlicher und die Einzelhalme schwächlich, so dass dann die neue Veralgung den Rückgang des Schilfes verstärkt (Abb. 1). Im Zürichsee ist auf diese Weise der Schilfbestand in den letzten zehn



Abb. 1 Zürichseeufer bei Stäfa. Am seeseitigen Saum des Schilfgürtels sind die einzelnen Halme von grünen Fadenalgen umwuchert. Im Wasser weitere Algenmassen (auf dem Bild im Vordergrund), die bei Sturm gegen den Schilfgürtel geschlagen werden und so dessen Bestandesfläche Jahr für Jahr verkleinern (Photo Kantonale Baudirektion, Zürich).

Jahren um schätzungsweise mehr als die Hälfte seiner Flächenausdehnung zurückgegangen (cf. THOMAS, 1960a). Die Bedeutung dieser Algen für die Gewässer liess in mir den Entschluss reifen, der Erforschung der bevorzugten Lebensansprüche der grünen Fadenalgen besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Den Organen des Schweizerischen Nationalfonds für wissenschaftliche Forschung sowie der Stiftung für wissenschaftliche Forschung an der Universität Zürich verdanke ich die Förderung dieser in Gang befindlichen Studien.

2. Bemerkungen zum Studium der Lebensansprüche von *Cladophora* in Rohkulturen

Während der Jahre 1959 und 1960 legte ich verschiedene Versuche an, um das Wachstum von *Cladophora glomerata* in Standzylindern von 50 und 40 cm Höhe (3,3 und 2,4 Liter Nutzinhalt) in Rohkulturen unter verschiedenen Nährstoffbedingungen zu prüfen. Als Impfmateriale für diese Versuche verwendete ich knapp faustgrosse Steine aus dem Zürichsee, die mit wenige Zentimeter langen Rasen von *Cladophora* überzogen waren. Es war meist leicht, Impfsteine von untereinander ähnlicher Beschaffenheit zu finden.

Während *Cladophora* zwar im See ein sehr üppiges Wachstum zeigt, bereitete es bei den Standzylinderversuchen erhebliche Schwierigkeiten, die Alge zu einem guten Wachstum zu veranlassen. Vor allem war es für mich unbefriedigend zu sehen, dass gerade in denjenigen Nährlösungen, in denen *Cladophora* am besten gedieh, eine Anzahl anderer Algen, die in der Biozönose der Impfsteine nur eine ganz untergeordnete Rolle gespielt hatten, eine erheblich grössere Vermehrungsrate aufwies als *Cladophora*. Dies führte dazu, dass *Cladophora* in den Standzylindern nicht selten durch einzellige Grünalgen und fädige Blaualgen überwuchert wurde, so dass ihr Wachstum gehemmt schien.

Obschon an sich Untersuchungen über die Milieuanprüche von *Cladophora* mit Rohkulturen einen rascheren Erfolg versprochen hatten, sah ich mich aus den genannten Gründen veranlasst, zu versuchen, *Cladophora glomerata* in Reinkultur zu züchten. Als erstes Ziel schwebte mir immer noch vor, abzuklären, unter welchen Bedingungen *Cladophora* ein gutes Wachstum zeigt, und welche Faktoren ihr Wachstum unter verschiedenen Umständen begünstigen. Sodann war unter anderem zu prüfen, welche morphologischen Variationsbreiten bei dieser Alge unter verschiedenen Lebensbedingungen zu erwarten sind. Das Auftreten einer heftigen Algenkrankheit bei *Cladophora glomerata* und bei *Rhizoclonium hieroglyphicum* stellt nun dem Erreichen der gesteckten Ziele Schwierigkeiten in den Weg. Diese Algenkrankheit trat übrigens auch in den Rohkulturen (Standzylinderversuche) auf.

3. Gewinnung von Reinkulturen

Nachdem es schon Schwierigkeiten bereitete, *Cladophora* und *Rhizoclonium* in Rohkulturen durch Zugabe von speziellen Nährstoffen zu einem vermehrten

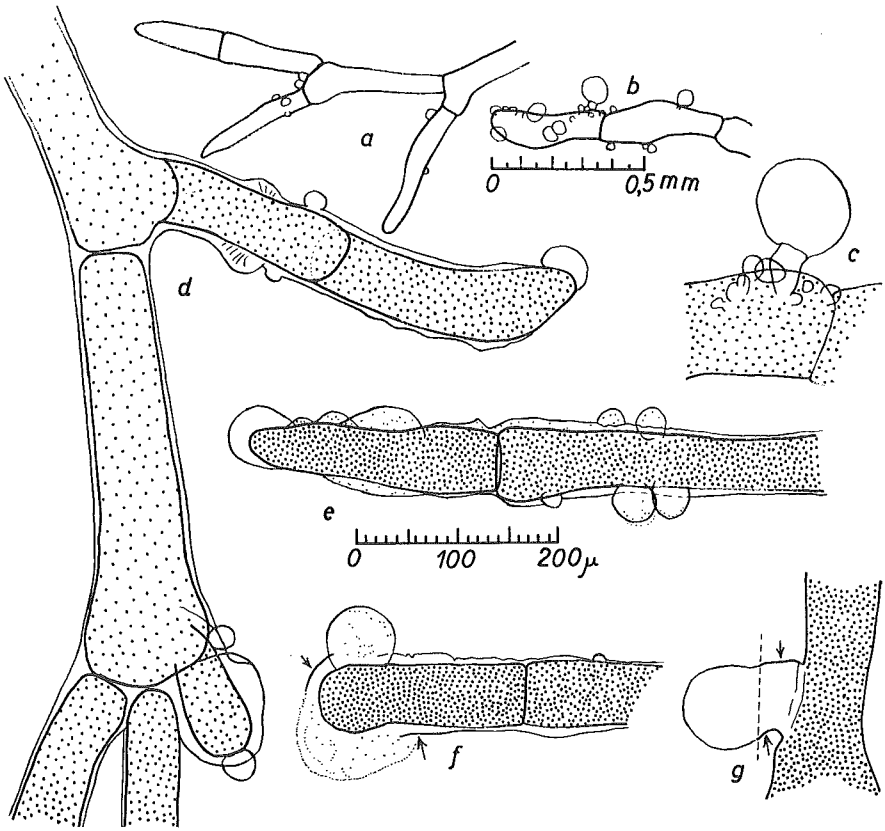


Abb.2 *Cladophora glomerata* (L.) Kützing (Stamm Cl₄), reinkultiviert in Nährlösung (gezeichnet mit Zeichentubus nach TREFFENBERG; WILD, Heerbrugg).

a = Faden mit mässiger Bildung von Blasen

b = Faden mit reichlicher Bildung von Blasen, mit dem seltenen Fall einer «gestielten» Blase (Objektiv 6)

c = «Gestielte» Blase stärker vergrössert (Objektiv 20)

d = Teilweise Ablösung der äussersten Membranschicht

e = Stark geschädigtes Fadenende mit Blasen und Ablösung des äussersten Hautteils

f = Feine äusserste Haut, am Fadenende gesprengt und abgelöst, ähnlich wie bei einer Blase; Υ = abgesprengte Membranteile

g = Blase mit breiter Basis; Υ = abgesprengte Membranteile (bis zur gestrichelten Trennlinie)

Wachstum zu bringen, war nichts anderes zu erwarten, als dass auch die Erzielung von Reinkulturen auf Schwierigkeiten stossen werde. Zu deren Überwindung zog ich drei Wege in Betracht:

1. die Isolierung von Zoosporen mittels Mikromanipulator, wie ich dies von Flechtenalgen her gewohnt bin;

2. das selektive Verdrängen von Pilzen und Bakterien und von epiphytischen Algen durch Chemikalien, die für *Cladophora* und *Rhizoclonium* unschädlich sind;
3. das sorgfältige und gezielte Abimpfen von auf Agarnährböden frei auswachsenden Fadenstücken der beiden Gattungen.

Die erste Methode wäre zweifellos die eleganteste gewesen, doch war sie nur dann durchzuführen, wenn Zoosporen wirklich in genügender Menge zur Verfügung standen. Ausserdem war unbekannt, wie leicht und in welchem Nährmilieu die Sporen zu Fäden auswachsen würden. Für die zweite Methode war in Betracht zu ziehen, dass im Nährmilieu und im Selektivstoff zwei sehr weit variable Unbekannte vorlagen; nur eine sehr grosse Zahl von Versuchen bot somit Aussicht auf Erfolg, solange ein günstiges Nährmilieu nicht bekannt war. Aus Zeitmangel entschloss ich mich deshalb vorerst, mit der dritten Methode das Glück zu versuchen.

Anfänglich arbeitete ich natürlich nur mit Nährböden, die ausser Agar als Zusätze ausschliesslich Mineralsalze enthielten; unter den geprüften Nährstoffzusätzen erwies sich folgende Zusammensetzung als geeignet:

Dinatriumphosphat ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	0,20 g/Liter
Kaliumnitrat	0,20 g/Liter
Magnesiumsulfat	0,05 g/Liter
Ferrizitrat (separat heiss lösen)	0,04 g/Liter
Wasserglas	4 Tropfen pro Liter
Agar, im allgemeinen	10—15 g/Liter

Gutes Wachstum ergaben oft auch Mischungen von 1 bis 2 Teilen Reinwasser mit 1 Teil gereinigtem kommunalem Abwasser ohne Salzzusatz. Ferner ist zu beachten, dass Agar, den man für die Herstellung von festen Nährböden verwendet, beträchtliche Mengen von Nähr- und anderen Salzen und von organischen Stoffen enthält, die nach Fertigstellung des Nährbodens den Organismen grossenteils zur Verfügung stehen. Wir liessen 15 g trockenen Agar in einem Liter destilliertem Wasser unter gelegentlichem Umschwenken einige Stunden bei Zimmertemperatur stehen und untersuchten nach Absitzenlassen das überliegende Wasser, wobei sich je nach der Herkunft des Agars folgendes Bild ergab (Mittel aus zwei bis drei Proben):

Herkunft des Agars	Difco-Agar	Offene Handelsware
p _H -Wert	7,7	7,6
KMnO ₄ -Verbrauch mg/l	1148	1143
Nitrat mg/l NO ₃ ⁻	1,6	1,8
Nitrit mg/l NO ₂ ⁻	0,035	0,04
Ammoniak mg/l NH ₃	1,9	1,6
Phosphat mg/l PO ₄ ⁻⁻⁻	0,06	0,46
Phosphat aus Asche mg/l PO ₄ ⁻⁻⁻	—	0,87
Chlorid mg/l	40,4	4,8
Trockenrückstand mg/l	—	804
Glührückstand mg/l	—	140
davon mineralisch %	—	14

Ein Agarnährboden stellt den Algen somit schon ohne weitere Zusätze anscheinlich viel Nährstoffe zur Verfügung. Als Wasserzusatz diente, wo nichts anderes erwähnt ist, Zürichseewasser, was auch für die Nährlösungen gilt.

Zur Gewinnung von Reinkulturen legte ich frische Zweigspitzen der Algen von 1 bis 5 cm Länge auf steriles Agarsubstrat in Petrischalen und brachte die Schalen, Agar gegen oben, an ein Nordostfenster. Oft überwucherten Pilze und Bakterien oder auch Kieselalgen und andere Algen die Fadenalgen nach kurzer Zeit; solche Platten wurden bald entfernt. In einzelnen Fällen vermochten jedoch die Fadenalgen an der Agaroberfläche nach einiger Zeit radial auszuwachsen und dabei alle fremden Organismen hinter sich zu lassen. Solche Wachstumsstellen überwachte ich durch tägliche, direkte mikroskopische Beobachtung, um im geeigneten Moment die äusserste, rein scheinende Zweigspitze von wenigen Millimetern Länge mittels steriler Schere durchzuschneiden und mit steriler Pinzette auf eine frische, sterile Platte zu übertragen. In andern Fällen wuchsen die Fäden in die Agarschicht hinein und streiften dabei die Fremdorganismen von sich ab. Wenn solche junge Fäden sich zwischen Glasschale und Agarschicht ausbreiteten, konnten sie unter schwacher Mikroskopvergrößerung besonders gut beobachtet werden. In derartigen Platten fand ich denn auch die günstigsten Stellen für eine Isolierung der Fadenalgen. Ich löste zu diesem Zwecke die Agarschicht von der Glasschale, so dass der Faden freilag. Durch Abschneiden der Zweigspitze, wie vorher erwähnt, gelang dann öfter die Isolierung eines Fadens. Dass solche Fadenenden in manchen Fällen sich als infiziert erwiesen und beseitigt werden mussten, sei nur nebenbei erwähnt. Wichtig ist, dass die Fadenenden in einem guten Dutzend von Fällen anscheinend frei von Bakterien, anderen Algen, Schimmelpilzen oder Amöben auswuchsen und diese «Einfaden-Kulturen» bisher während gut eines Jahres weiter gepflegt werden konnten. Die Reinheit der Kulturen wurde ausser durch das Mikroskop auch dadurch geprüft, dass Überimpfungen auf bakterienfreundliche Nährböden wie Malzagar, Difco-Nähragar und Fleischextrakt-Gelatine erfolgten. Auf solchen Bakteriennährböden zeigte sich zwar kein Bakterienwachstum. Wenn ich aber *Cladophora* und *Rhizoclonium* in Lösungen überimpfte und nachher wieder auf Agar, traten plötzlich wieder Bakterien auf. Es ist deshalb zu prüfen, ob es sich um Bakterien handelt, die zeitweise endoparasitisch in den Algenzellen oder -membranen leben und in Lösungen aus dem Wirt austreten.

4. Die Blasenkrankheit von *Cladophora* und *Rhizoclonium*

Nun besteht allerdings noch ein «Schönheitsfehler», den meine *Cladophora*- und *Rhizoclonium*-Kulturen tragen. Bei allen Kulturversuchen traten an den Fäden immer wieder blasige, hyaline Anschwellungen auf, die erst sehr klein sind, teilweise aber den Durchmesser des Algenfadens übertreffen können. Unter welchen Umständen diese Blasenbildungen begünstigt werden, konnte

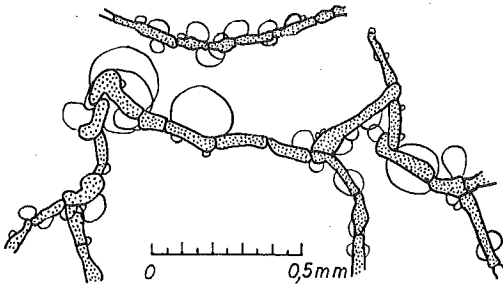


Abb. 3 *Rhizoclonium hieroglyphicum* (C. A. Agardh) Kützing, reinkultiviert in Nährlösung, mit reichlicher Bildung von Blasen.

ich noch nicht genau umgrenzen. In Nährmedien mit organischen Stoffen scheinen sie sich üppiger zu entwickeln als in rein mineralischen Lösungen.

Wie ein Blick auf Abb. 2, a und b, oder auf Abb. 5 und 6 zeigt, haben diese Blasenbildungen sehr viel Ähnlichkeit mit den Bildungen von Chytridiaceen oder Oomyceten oder anderen Pilzen (cf. CANTER, 1947, S. 95, und SPARROW, 1933). Indessen zeigten die Blasen weder Sporenbildungen noch spezielle Öffnungen, und innerhalb der Algenfäden konnte ich auch bei starker Vergrößerung keine Mycelteile beobachten. Trotzdem sandte ich lebendes und konserviertes Material an Herrn Dr. J. W. G. LUND, Algologe im Windermere Laboratory, Freshwater Biological Association, Ambleside (England), und seine Frau Dr. HILDA M. LUND-CANTER, beides ausgezeichnete Kenner der genannten Pilzgruppen. In einer brieflichen Mitteilung, die ich herzlich verdanke, gab mir Herr Dr. LUND freundlicherweise bekannt, dass es sich nach seiner Auffassung sicher nicht um einen Pilzbefall handle und dass der Erreger ein Bakterium zu sein scheine, wahrscheinlich *Myxobacterium*. Es darf hier beigefügt werden, dass im Windermere Laboratory kürzlich Forschungsbesprechungen über Algenparasiten stattfanden, die alle auf bakteriologische Probleme hinausliefen. Offensichtlich ist über die gegenseitigen Beziehungen zwischen Bakterien und Algen noch viel zu wenig bekannt.

Nach morphologischen Beobachtungen können Blasenbildungen an Fäden von *Cladophora* und *Rhizoclonium* an beliebigen Stellen entstehen. Von einer kaum sichtbaren Warze aus kann eine Blase zu einem Durchmesser von mehr als Zellbreite, unter gewissen Ernährungsbedingungen von mehreren Zehntelmillimeter, auswachsen (Abb. 2 und 3). Schwach bis mittelmässig von Blasen besetzte Fäden scheinen anfänglich wenig gehemmt (Abb. 2a); bei stark befallenen Fäden wird das Wachstum eingestellt (Abb. 2b). Selten beobachtete ich, dass auf einer Blase eine zweite ausgestülpt wird, oder dass eine gestielte Blase auftritt (Abb. 2b und 2c). Neben Blasenbildungen kann sich aber auch die ganze äusserste Membran stellenweise lösen (Abb. 2d und 2e) oder es können terminale Ablösungen entstehen, die ein blasenähnliches Aussehen haben (Abb. 2e und 2f). Gelegentlich tritt bei einer gerissenen Membran ein gallertiger Inhalt aus (Abb. 2f). Die Blasenhülle scheint aus Material der Zell-

wand zu bestehen. Bei Blasen mit breiter Basis beobachtete ich vereinzelt, dass durch das Auswachsen der Blase mindestens ein Teil der übrigen Membran nach aussen gekrümmt wurde (Abb. 2e). Extremste Blasenbildungen traten in alten Kulturen mit viel Abwasserzusatz auf (Abb. 3). – Hier sei beigefügt, dass ich auf Membranen kultivierter *Cladophora* Längsstreifungen beobachtete, gelegentlich auch Querstreifungen.

Bei starkem Befall bildete *Cladophora* nicht selten Aplanosporen (cf. PASCHER, 1921, S. 27), die nach einer eventuellen Ruheperiode zu einem Faden auswachsen. Dank der Aplanosporenbildung konnte die Alge bei stark befallenen Fäden den Inhalt einzelner Zellen lebend erhalten. Es sei hier erwähnt, dass *Cladophora* in Reinkultur mehrmals Zoosporen bildete, die nach kurzer Zeit zu Fäden auswachsen, nachdem sie sich mit Rhizoid an der Glaswand festgeheftet hatten. Rhizoide bilden sowohl *Cladophora* als auch *Rhizoclonium* im flüssigen Nährmilieu oder auf Agar nicht selten.

Um die tieferen Ursachen und Vorgänge bei dieser Blasenkrankheit der beiden grünen Fadenalgen näher studieren zu können, aber auch für das exakte Studium der Nährstoffansprüche der Algen, sind wir zurzeit bestrebt, restlos bakterienfreie Kulturen zu erhalten, bei denen auch die Blasenkrankheit fehlt.

5. Erste Versuche über das Wachstum der Algen unter verschiedenen Versuchsbedingungen

Erst wenn es gelingt, die beiden Algen in Kultur von den letzten Bakterien und von der Blasenkrankheit zu befreien, ist es möglich, einwandfreie Versuche über Wachstumsbedingungen und Ernährungsansprüche durchzuführen. Trotzdem haben wir bereits eine grössere Zahl solcher Versuche angelegt, von denen wir hier über zwei berichten wollen.

a) Das Wachstum bei verschiedenen Agarkonzentrationen

Mit Agarmengen von 1, 2 und 3 Prozent wurden mit einer Mischung von einem Teil biologisch gereinigtem Abwasser und einem Teil Seewasser Petrischalen steril gefüllt, die ich dann mit je einem zentimeterlangen Fadenstück der Kulturen Cl₁ bis Cl₄ und R₁ bis R₄ beimpfte. Alle Stämme doppelt geführt benötigten 48 Platten. Länge und Breite der Kulturen multipliziert, ergab nach 16 Tagen folgende Mittelwerte aus je acht Proben:

Agarkonzentration	1 %	2 %	3 %
<i>Cladophora</i> , cm ²	3,5	0,2	0,1
<i>Rhizoclonium</i> , cm ²	4,8	1,2	0,4

Somit wachsen beide Algen bei geringem Agargehalt des Nährbodens besser als bei höherem. Einen guten Eindruck über die Wachstumsunterschiede gewähren die Wiedergaben von Abb. 4, wo das lebhaftere Wachstum auf einprozentigem Agarnährboden deutlich hervortritt.

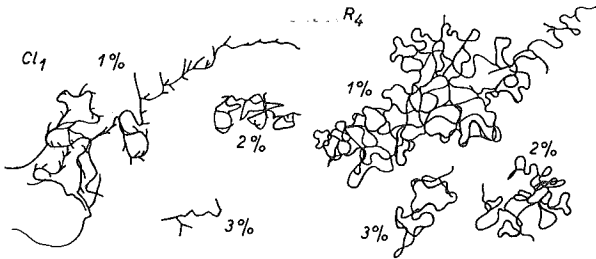


Abb. 4 Wachstum von *Cladophora glomerata* (Stamm Cl₁) und *Rhizoclonium hieroglyphicum* (Stamm R₄) auf verschiedenen Konzentrationen von Mineralsalzagar (mit Präzisions-Pantograph von G. CORADI, Zürich, in dreifacher Vergrößerung gezeichnet und hier auf natürliche Grösse verkleinert).

b) Das Wachstum bei verschiedenen Abwasserkonzentrationen ohne Agar

In Vorversuchen waren die beiden Algen in verdünntem Abwasser ebenso gut gewachsen wie in ganz oder teilweise synthetischen Nährlösungen. Es war daher zu prüfen, wie sie sich hinsichtlich Wachstumsgeschwindigkeit und Morphologie in verschiedenen Abwasserkonzentrationen verhalten. Bei diesem Versuch verwendeten wir einerseits mechanisch, andererseits biologisch gereinigtes Abwasser aus der Kläranlage in Pfäffikon (Zürich). Der Versuch wurde in Erlenmeyerkolben mit 200 ml Flüssigkeit angesetzt.

Aus Abb. 5 geht hervor, dass *Cladophora glomerata* sogar in unverdünntem Abwasser wächst, jedoch mit Reinwasser verdünnte Lösungen vorzieht. Ein Teil Abwasser auf einen Teil oder auf drei Teile Reinwasser scheint besonders geeignet. Mit viel Abwasser werden die Fäden eher breiter und kurzelliger, zum Teil auch angeschwollen und reichlich verzweigt, mit wenig Abwasser oder nur Seewasser schlank, mit langgezogenen Zellen und spärlichen Verzweigungen.

Wenn man eine Mischung von Abwasser und Reinwasser eindampft und glüht und hernach mit Salzsäure aufnimmt und mit Natronlauge neutralisiert, so erhält man nach Auffüllen auf das ursprüngliche Volumen eine Nährlösung, in der *Cladophora* mässig gut wächst; danach würde also die Zufuhr von mineralischen Nährsalzen genügen, um ein gutes Wachstum zu erzeugen. Hier ist allerdings beizufügen, dass dieser Versuch fortgesetzt werden soll; erst wenn die Alge während längerer Zeit nach mehrmaligem Umimpfen keinen Mangel an organischen Stoffen (Vitaminen, Hormonen usw.) erleidet, kann diese Vermutung als erwiesen gelten. Der Versuch, die organischen Stoffe der Nährlösung mit Wasserstoffsuperoxyd zu zerstören, misslang vorläufig, weil dieses Oxydationsmittel offenbar bei Versuchsbeginn noch in giftigen Spuren vorhanden war, so dass die Algen abgetötet wurden. Die Entfernung der organischen Stoffe mit Kaliumpermanganat erlaubte, wie beim Glühversuch, ein Wachstum,

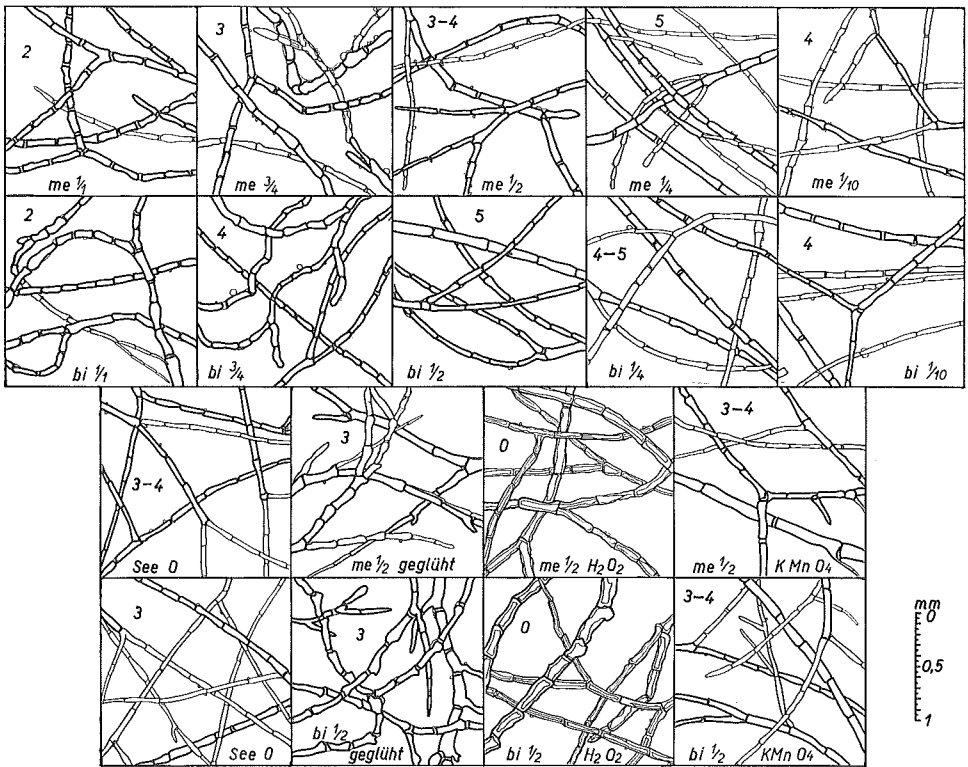


Abb. 5 *Cladophora glomerata* in mechanisch (me) und in biologisch (bi) gereinigtem Abwasser aus der Kläranlage Pfäffikon ($1/1$) und in Mischungen mit Zürichseewasser (zum Beispiel $me \frac{3}{4} = \frac{3}{4}$ mechanisch gereinigtes Abwasser und $\frac{1}{4}$ Zürichseewasser); ferner bedeuten: See 0 = Zürichseewasser ohne Zusatz; $me \frac{1}{2}$ geglüht = Mischung eingedampft, geglüht, mit Salzsäure aufgenommen, mit Natronlauge neutralisiert und mit entiontem Wasser auf ursprüngliches Volumen aufgefüllt; H_2O_2 und $KMnO_4$ bedeutet Entfernung der organischen Stoffe mit diesen Mitteln. Die Zahl in der oberen Hälfte jedes Quadrates gibt die Wachstumsintensität an; es bedeuten: 0 = kein Wachstum, 1 = sehr wenig Wachstum; 2 = wenig Wachstum, 3 = mässiges Wachstum, 4 = ordentliches Wachstum, 5 = gutes Wachstum (Objektiv 3).

nachdem der Überschuss durch etwas Alkoholzugabe vor dem Sterilisieren beseitigt worden war. Auch hier trat anfangs ein Wachstum ein, doch verfärbten sich die Algen bald gelblich und gingen dann ein. Im allgemeinen war beim Versuch mit *Cladophora* (Abb. 5) die Farbe der Algen bei hohen Abwasserkonzentrationen dunkler grün als bei niedrigen oder ohne Abwasser. Blasenbildungen traten bei allen Kulturen mehr oder weniger häufig auf. Der Versuch wurde nach sechs Wochen abgeschlossen.

Wie Abb. 6 darlegt, verhält sich *Rhizoclonium* in den genannten Nährlösungen noch extremer als *Cladophora*. Während *Rhizoclonium* in der Natur nur selten Verzweigungen ausbildet, gaben höhere Konzentrationen von mechanisch ge-

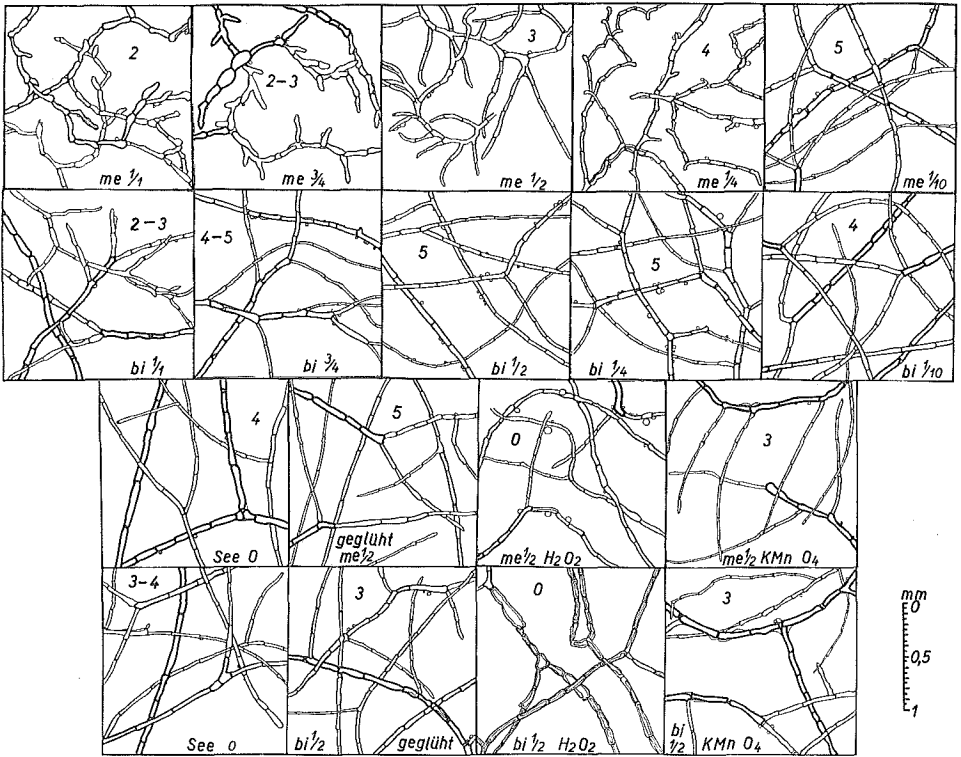


Abb. 6 *Rhizoclonium hieroglyphicum*; Erklärungen siehe Abb. 5.

reinigtem Abwasser Veranlassung zur Ausbildung sehr reichlicher Verzweigungen; besonders gilt auch hier, dass die Zellen kürzer und breiter bis rundlicher werden, so dass die mit viel mechanisch gereinigtem Abwasser gewachsenen Algen eine eigene, neue Gestalt erhalten, die sich von der Naturgestalt von *Rhizoclonium* weit entfernt. Im biologisch gereinigten Abwasser sind die Unterschiede kleiner, und die Alge wächst hier «normaler», besser als im nur mechanisch gereinigten. Beträgt die zugegebene Abwassermenge nur einen Zehntel, so verwischen sich die Unterschiede zwischen mechanisch und biologisch gereinigtem Abwasser. In den Seewasser-Gläsern hat die Wachstumsform am meisten Ähnlichkeit mit der Natur. Ein erstaunlich gesundes Wachstum entfaltete sich in dem durch Glühen von den organischen Stoffen befreiten Abwasser, während auch hier der Wasserstoffsperoxyd-Versuch missglückte. Bei Oxydation des Abwassers mit Kaliumpermanganat kam ein mässiges Wachstum zustande, wobei die jüngsten Fäden allerdings den Anblick von Hungerformen boten.

Das nach Beobachtungen von in der Natur gefundenen Fäden als einförmig angesehene *Rhizoclonium hieroglyphicum* zeigte somit bei diesem Nährstoff-

versuch, dass es bei Veränderungen der Umweltsbedingungen seine Gestalt in einem recht weiten Rahmen wechseln kann, was für das Auffinden und Bestimmen der Alge in der Natur und für ihre Systematik von Bedeutung ist.

Über das Auftreten der Blasenbildungen lässt sich bei diesem Versuch, wie aus Abb. 6 ersichtlich ist, keine deutliche Beziehung zur Milieuvaiation herauslesen. So ist zu vermuten, dass die morphologische Variabilität der Alge in den verschiedenen Nährlösungen nicht durch die Blasenkrankheit hervorgerufen wurde, sondern einen Charakterzug der Alge darstellt.

6. Zusammenfassung

Cladophora glomerata und *Rhizoclonium hieroglyphicum* lassen sich auf Agarnährböden und in Nährlösungen reinkultivieren. Die Bildung von Rhizoiden, Aplanosporen, und bei *Cladophora* auch von Zoosporen wurde beobachtet, ebenso das Auskeimen der in Kultur entstandenen Sporen. Die Fäden dieser Algen sind in Kultur vorläufig noch von einer Krankheit befallen, bei der ein Teil der Membran zu Blasen ausgestülpt wird; es scheint sich um eine Bakterien- oder Viruskrankheit zu handeln. Versuche sind im Gang, die Algen von dieser Krankheit zu befreien und den Charakter der Krankheit näher zu ergründen.

Bei Fadenalgen von natürlichen Standorten beobachteten wir krankhafte Blasenbildungen nur selten.

7. Zitierte Literatur

- CANTER, HILDA M. (1947): Studies on British Chytrids; II. Some new monocentric Chytrids (Transact. of the British Myc. Soc., Vol. XXXI, p. 94—105).
- LIEBMAN, H. (1951): Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie, Bd. I, 539 S. (R. Oldenbourg, München).
- PASCHER, A. (1921): Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz, Heft 7, *Chlorophyceae* IV, 103 S. (Gust. Fischer, Jena).
- SPARROW, F. K. (1933): Inoperculate chytridiaceous organisms collected in the vicinity of Ithaca, N. Y., with notes on other aquatic fungi (Mycologia, XXV, p. 513—535).
- THOMAS, E. A. (1944): Versuche über die Selbstreinigung fließenden Wassers; Beitrag zur Kenntnis des Saprobiensystems (Mitt. a. d. Geb. d. Lebensm. u. Hyg., Bd. XXXV, S. 199—218).
- (1960a): Sauerstoffminima und Stoffkreisläufe im ufernahen Oberflächenwasser des Zürichsees (*Cladophora*- und *Phragmites*-Gürtel) (Monatsbull. Schweiz. Ver. Gas- u. Wasserfachmännern, Nr. 6, 8 S.).
 - (1960b): Rotalgenrasen und Blaualgenteppeiche im Zürichsee (Vierteljahrsschr. Natf. Ges. Zürich, 105, S. 297—305).