

Über prämortale Mazeration bei Oscillatorien.

Von

L. Stroh (Gießen).

Mit 7 Abbildungen im Text.

Die Algen, über die ich im folgenden zu berichten gedenke, stammen aus Hiddensee (Rügen), wo ich im August 1937 an einem von Herrn Prof. KÜSTER geleiteten Studiengang teilnehmen konnte. Das Material wurde einem Seewassertümpel am Strand von Alt-Bessin, einem nehrungsähnlichen Landstreifen im Norden der Insel Hiddensee, entnommen. Dort fanden sich in einem Gemisch von Blaualgen und Schwefelbakterien einige auffallende Oscillatorien, die ich zur näheren Untersuchung wählte. Nach dem Aussehen der Trichome konnte man ohne weiteres eine breite olivgrüne von einer schmälere blaugrünen Art unterscheiden.

Die Trichome der breiten Art sind an den Querwänden deutlich eingeschnürt, an den Enden nicht oder nur leicht verjüngt. Die Breite liegt zwischen 20 und 26 μ ; die Farbe ist olivgrün. Die Zellen sind 3—5 μ lang, ihre Querwände sind granuliert; die Endzelle ist leicht kopfig; eine Kalyptra war nur ausnahmsweise zu sehen. Die Merkmale treffen für die von GEITLER (1932, 972) beschriebene *Oscillatoria margaritifera* KÜTZ. zu.

Die Trichome der schmälere Art lassen an den Querwänden keine Einschnürung erkennen, sind aber an beiden Enden deutlich verjüngt und hakig umgebogen. Ihre Breite beträgt 10—17 μ ; die Farbe ist blaugrün. Die Zellen sind 2—5 μ lang, ihre Querwände meist nicht granuliert; die Endzellen sind nicht oder nur leicht kopfig, ihre Membran ist nicht verdickt. Nach diesen Merkmalen stelle ich die vorliegende Art in die Nähe der *O. proboscidea* GOM. (vgl. GEITLER, 1932, 949). Von dieser Art unterscheidet sich unsere

nur in der Ausbildung der Endzelle: Während diese bei *O. proboscidea* kopfig ausgebildet ist und eine verdickte Membran hat, fehlen diese Merkmale unserer Form.

LAKOWITZ (1929, 51) erwähnt *O. margaritifera* in seiner Zusammenstellung der Ostseealgen für die Kieler Fördrde, TRAHMS (1937) für den Rügener Bodden; *O. proboscidea* finde ich bei den Autoren nicht erwähnt. Ich darf hiernach folgern, daß die mir vorliegende wohl in den Formenkreis von *O. proboscidea* gehörende Form in der Ostsee bisher noch nicht beobachtet worden ist.

Es war zu prüfen, wie sich die beiden Oscillatorien auf künstlichen Nährböden verhalten. Zu diesem Zweck wurden die Fäden in PÉTRI-Schalen kultiviert, deren Agar mit Ostseewasser getränkt worden war. Die beiden Arten wurden bei der Übertragung auf den Agar nicht voneinander getrennt; es waren daher auf jeder Agarscheibe immer beide Arten vertreten und die äußeren Bedingungen somit für beide dieselben.

Es ergab sich, daß sich die breite *O. margaritifera* auf dem genannten Substrat sehr gut kultivieren läßt. Ihre Fäden hatten sich nach 2 Tagen schon beträchtlich vergrößert und auch vermehrt. Dasselbe gilt mit einiger Einschränkung auch für die *O. proboscidea*. Auch sie läßt sich auf dem Ostseewasseragar kultivieren; allerdings waren öfters verfärbte und zerfallene, also tote Fäden zu bemerken.

Der Umstand, der mich veranlaßt, über die beiden Algen hier zu berichten, ist der, daß sie eine mehr oder minder starke Neigung zum Zerfall haben. Insbesondere die von mir als *O. proboscidea* bezeichnete Art läßt sich durch Bedingungen verschiedener Art zum Zerfall bringen. Über die Erscheinungen, unter welchen er vor sich geht, will ich im folgenden Mitteilung machen.

Daß Oscillatoriaceen- und andere Cyanophyceenfäden leicht zerfallen, ist bekannt. Der Vorgang spielt in der normalen Entwicklung der Algen und insbesondere bei der Hormogonienbildung seine bekannte und bedeutsame Rolle. Die von mir beobachteten Zerfallserscheinungen können die Fäden so, wie es bei der Hormogonienbildung geschieht, in kurze oder lange Zellgruppen zerlegen; es kann aber der Zerfall auch soweit gehen, daß die Fäden in soviel Stücke zerfallen, als die Zahl ihrer Zellen beträgt. Der Vorgang einer solchen Zerfallsbildung ist mit Bestimmtheit als pathologisch zu erkennen: der Zerfall geht dem Tode der Zellen unmittelbar voraus.

Es gelingt, die Fäden dadurch zum Zerfall zu bringen, daß man ihren Turgordruck erhöht. Die im folgenden geschilderten Eingriffe

lassen mit Zuverlässigkeit die Fäden der *O. proboscidea* in ihre einzelnen Zellen zerfallen:

1. Wir behandeln das Material mit „2 MW“ (Nordseewasser von doppelter Salzkonzentration). In dieser stark hypertonen Lösung werden die Fäden plasmolysiert. Man kann dabei die Beobachtung machen, daß sich die Zellen eines Fadens sehr verschieden verhalten können: bei einigen haben sich die Protoplasten stellenweise von den Wänden gelöst, zeigen also echte Plasmolyse; bei anderen kommt es nicht zur Loslösung des Protoplasten, ihre Membranen sind stark gefältelt. Es ist anzunehmen, daß sich diese Zellwände zunächst ähnlich semipermeabel wie das Protoplasma verhalten. Die Fältelung der Membranen schreitet an den Fäden in der Strömungsrichtung des vordringenden Plasmolytikums vor. Wo Plasmolyse eintritt, bleibt diese nicht lange erhalten; nach einigen Minuten haben alle plasmolysierten Fäden wieder normales Aussehen; der Zellinhalt ist nun mit dem umgebenden Medium isotonisch. Setzen wir hierauf Leitungswasser zu, also ein stark hypotonisches Medium, so kommt es zu den eigenartigen Zerfallserscheinungen, die weiter unten beschrieben werden.

2. Auch in reinem Glycerin tritt Plasmolyse ein; man sieht zugleich die Fäden sich wurmartig krümmen. Bei der auch in diesem Medium spontan einsetzenden Deplasmolyse nehmen die Fäden sehr bald wieder normale Form an. Nach Leitungswasserzusatz zerfallen die Fäden unter denselben Erscheinungen wie beim ersten Versuch.

3. Wir behandeln die Fäden mit einer 50 proz. Harnstofflösung. Von Plasmolyse ist dabei kaum etwas zu bemerken, da der Harnstoff offenbar sehr schnell in die Zellen eindringt. Nach Leitungswasserzusatz erfolgt Zerfall der Fäden.

4. Nach Zusatz von 20 proz. oder 40 proz. Alkohol zeigen sich Plasmolyse und bald Deplasmolyse. Setzt man Leitungswasser zu, so zerfallen die Fäden.

Nimmt man zu den Versuchen 3 und 4 eine starke Harnstofflösung oder hochprozentigen Alkohol, so kommt es zur Verfärbung, also zum vorzeitigen Absterben der Fäden; die vorher lebhaft blaugrünen Algen nehmen einen gelblichen bis bräunlichen Ton an.

Bei der Behandlung der Fäden mit 2 MW, Glycerin, Harnstoff und Alkohol kommt es, wie erwähnt, zur Plasmolyse der Zellen. Auf die dabei zu beobachtenden Plasmolyseformen hier noch näher einzugehen, dürfte sich erübrigen, da schon von früheren Autoren über ähnliche Beobachtungen berichtet worden ist, namentlich von SCHÖNLEBER (1936, 1937), vorher von SCHMID (1923), Prát (1921), KÜSTER

(1929, 36) u. a. SCHÖNLEBER (1936) sah auch die von uns bemerkte Erscheinung, daß selbst Zellen eines und desselben Fadens in hyper-tonischen Medien sich verschieden verhalten können. Das Verhalten der Zellen gegenüber reinem Glycerin wurde schon von BRAND (1903 a) beschrieben.

Ich schildere einige Mittel, die die Fäden zum Zerfall bringen, bei deren Anwendung man aber den Zerfallsvorgang aus zeitlichen und technischen Gründen nicht unmittelbar beobachten kann.

5. Wir legen die Fäden in Ätherdampf (10 ccm Äther in einer Glasglocke von 1700 ccm Inhalt); nach 2 Stunden sind sie vollkommen zerfallen.

6. In Süßwasser sind nach 24 Stunden einzelne Fäden zerfallen.

7. Auf Ostseewasseragar finden wir nach einigen Tagen hier und da zerfallene Fäden, besonders stark in Kulturen, die einige Tage dunkel gestanden haben. Nach 8 Tagen Dunkelstellung sind nur noch wenige Fäden unverändert. —

Ich gehe dazu über, die Zerfallserscheinungen genauer zu schildern — zunächst für ungefärbte, später für vital gefärbte Fäden. Der Zerfall frischer Fäden der *O. proboscidea*, wie man ihn besonders eindrucksvoll bei den beiden zuerst genannten Versuchsweisen beobachten kann, geht in folgender Weise vor sich:

Nach Leitungswasserzusatz sieht man zunächst in vielen Fäden neben unveränderten einzelne stark angeschwollene Zellen. Ihre Farbe ist heller als die der normal gebliebenen; ihre Querwände sind durch die Turgorerhöhung stark vorgewölbt, so daß die Zellen die Form konvexer oder bikonvexer Linsen angenommen haben.

Die Wasseraufnahme geschieht bei vielen Zellen anscheinend derart rasch, daß die Zellwände den stark ansteigenden Druck nicht aushalten und reißen: es kommt zur Plasmoptyse. Das Protoplasma wird dabei ganz oder teilweise herausgeschleudert, wobei es sich gelb färbt. Auch die Zellen, bei denen noch der weitaus größte Teil des Protoplasten innerhalb der Membran verblieben ist, färben sich gelb. Es platzen aber nicht immer nur einzelne Zellen, sondern oft auch ganze Zellgruppen eines Fadens; die intakt gebliebenen Zellen oder Zellgruppen zeigen vorerst noch keine Veränderung, sie sind offenbar noch lebend. Die Endzellen der lebenden Teilstücke sind meist auf das $1\frac{1}{2}$ —2fache ihrer früheren Länge angeschwollen.

Die Häufigkeit der Plasmoptyse läßt Unterschiede erkennen. In manchen Präparaten erfolgen die Sprengungen der Zellen so zahlreich, daß wohl kein Faden ohne geplatzte Zellen bleibt; nicht selten

erfahren fast alle Zellen eines Fadens Plasmoptyse; in anderen Präparaten kommen nur einige wenige Zellen zum Platzen und viele Fäden bleiben zunächst noch unverändert. Der Beobachter nimmt ein eigenartiges Bild wahr, wenn im Präparat sekundenlang nur Plasmoptysen zu beobachten sind, und sich die bisher gerade gestreckten Fäden dort, wo Zellen platzen, plötzlich zu Zickzacklinien biegen. Es fällt auf, daß die ihr Plasma ausspeienden Fadenstücke sich krümmen, und zwar stets derart, daß die Ejakulate auf der konvexen Seite der Fäden liegen (Abb. 1—3).

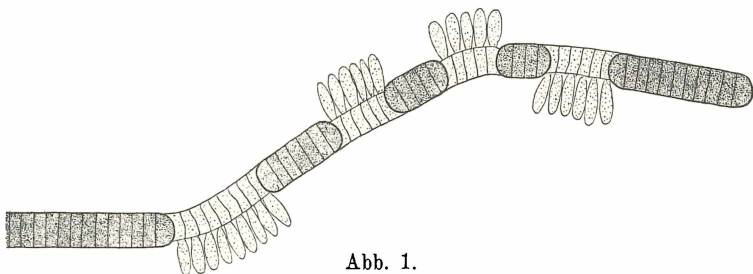


Abb. 1.

Bemerkenswert ist, daß alle Zellen einer durch Plasmoptyse zerstörten Gruppe ihren Inhalt stets nach derselben Seite entleerten, — eine Beobachtung, die auch an nur schwach gekrümmten Fäden zu machen ist. Sind in einem Faden mehrere Zellgruppen dieser Art vorhanden, so läßt sich häufig beobachten, daß das Protoplasma einer Zellgruppe nach der einen, das der nächstfolgenden nach der anderen Seite entleert wird (Abb. 1).

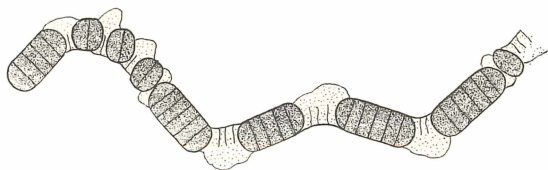


Abb. 2.

Die aus den geplatzen Zellen herausgequollenen Protoplasten sind oft auffallend geformt, indem das Ejakulat als scharf umrissener Körper, dessen Volumen das des normalen Zellinhalts übertrifft, noch lange erhalten bleibt (Abb. 1); häufiger aber fließen die benachbarten Protoplasten zusammen (Abb. 2).

Bei vielen Fäden reißen die Membranen der geplatzen Zellen anscheinend nicht an den Seiten-, sondern an den Querwänden auf, so daß das Protoplasma in der Längsrichtung der Fäden entleert wird. Offenbar haben bei diesen Fäden immer nur einzelne Zellen Plasmoptyse erfahren; ihre Membranen sind noch an jedem Faden-

stück festzustellen (Abb. 3). Auffallend ist die im Verhältnis zu den leeren Zellen gewaltige Größe der herausgequollenen Protoplasten.

Ich habe bisher Vorgänge beschrieben, bei denen die Zellmembran erhalten bleibt. Sehr oft ist aber an den zerstörten Zellgruppen nichts mehr von Zellwänden wahrzunehmen. Entweder hat sich hier die Plasmoptyse mit solcher Gewalt vollzogen, daß die Membranen völlig zerstört wurden, oder die Membranen der Zellen sind verquollen und dabei unsichtbar geworden. Sollte die zweite Deutung zutreffend sein, so dürfen wir in derartigen Fällen freilich nicht mehr von Plasmoptysen sprechen.

Wie bei der Schilderung des plasmolytischen Verhaltens der Zellen, müssen wir auch hier im Verhalten der Bestandteile eines Fadens bemerkenswerte Unterschiede feststellen, so daß man nach der soeben mitgeteilten Behandlung in einem Faden nebeneinander

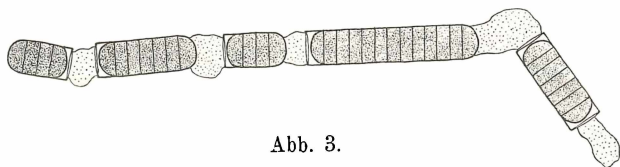


Abb. 3.

findet: blaugrüne Zellen, die noch lebend sind, und gelbe Zellen, deren Protoplasma teilweise herausgequollen ist, und deren Volumen nach der Entspannung stark verkleinert ist (Abb. 1). Über Plasmoptysen von Blaualgenzellen, die wie bei unseren Versuchen durch Behandlung mit hypotonischen Lösungen zum Platzen kommen, findet man in der Literatur nur wenig angegeben. SCHMID (1923) konnte an *O. jenensis* trotz Behandlung nach Art unseres zweiten Versuchs, keine Plasmoptysen erzielen. SCHÖNLEBER (1936) behandelte *Scytonema julianum* mit 50proz. Alkohol und setzte hernach Wasser zu; Plasmoptysen sah sie nicht. Dagegen sah BRAND (1903 a) an anderen Cyanophyceen nach Behandlung mit Glycerin und Wasser Plasmoptyse eintreten; behandelte er die gleichen Arten mit anderen plasmolyzierenden Mitteln, so war von Plasmoptyse nichts zu sehen. Die Voraussetzungen zur Plasmoptyse sind offenbar bei Blaualgen nur selten in so hohem Grad verwirklicht wie bei unserer Spezies. —

Wir nehmen die Schilderung der Zerfallserscheinungen wieder auf. Nachdem die Fäden in zahlreiche noch lebende Teilstücke zerfallen sind, zwischen denen sich die Reste der geplatzen und abgestorbenen Zellreihen befinden, erfahren die Teilstücke mancherlei Veränderungen. Sie beginnen meist sofort nach den Plasmoptysen unter sonderbaren Begleitumständen in ebensoviel Teile, als sie

Zellen enthalten, zu zerfallen. Dieser Zerfall, der einer Mazeration gleichkommt, geht in folgender Weise vor sich.

Von einem, seltener von beiden Enden der Fäden oder Fadenstücke aus beginnen die Zellen plötzlich ruckweise voneinander abzurücken. Wir müssen annehmen, daß sich zwischen den Zellen eine gallertige Substanz gebildet hat, die wahrscheinlich von den Querwänden herrührt. Indem eine Zwischenwand nach der anderen verquillt, schreitet die Loslösung der Zellen ruckweise vor. Es entsteht eine Kette isolierter Zellen, die aber durch eine für uns unsichtbare Substanz zunächst noch miteinander verbunden bleiben. Versuche, diese Substanz mit Rutheniumrot zu färben, schlugen fehl. Die Zellketten krümmen sich bei dem weiteren Fortschreiten des Zerfalls so stark, daß sie schließlich einen mehr oder weniger regelmäßigen wellenförmigen Verlauf zeigen (Abb. 4). An dem Vorhanden-



Abb. 4.

sein einer die Stücke verbindenden gallertigen Masse kann daher nicht gezweifelt werden. Bei dem Auseinanderrücken der Zellen ist an diesen eine leichte Verfärbung wahrzunehmen, indem der vorher lebhaft blaugrüne Farbton etwas heller wird, aber immer noch grün bleibt. Das blaue Phycocyan diffundiert offenbar aus den Zellen heraus, was auf deren Absterben hindeutet; in der Tat lassen sich die isolierten Zellen nicht mehr plasmolysieren. In manchen Präparaten konnte ich Fäden beobachten, die dadurch, daß sich an einem ihrer Enden dauernd Zellen ablösten, und die soeben erwähnte Gallertmasse gebildet wurde, eine passive Fortbewegung erfuhren. Die aktive Fortbewegung der *O. proboscidea* geht unter dauernder Drehung um die Längsachse vor sich; eine solche Drehung fehlt der passiven Translokation.

Wie erwähnt, werden die Zellen zunächst noch von der Gallertmasse zusammengehalten. Wenn deren völlige Lösung erfolgt, geraten die Zellen in ungeordnete Lage, so daß sich in den Präparaten schließlich nur noch ein dichter Brei von Zellen und Zellpaaren findet. In der Tat sieht man in manchen Präparaten weniger einzelne Zellen als Zellpaare und neben ihnen Zellen, die im Begriff sind, sich zu teilen, und deren Querwände erst in Ringform vorliegen. Es

ist freilich oft schwer, etwas Zuverlässiges über den Entwicklungszustand, in dem sich die Teilstücke der Fäden befinden, auszusagen.

Ein dem Mikroskopiker willkommener Umstand bedarf hier der Erwähnung. Entsprechend ihrer beträchtlichen Breite und geringen Höhe legen sich viele Zellen oder Zellpaare nach dem Zerfall der Fäden derart, daß sie uns die Querwandansicht bieten. Wir sind also bei unserer Spezies in der Lage, durch einfache Behandlung die Fäden in gleichsam ebensoviele Querschnitte zerlegen zu können, als Zellen vorhanden sind. Es wird uns dadurch Einblick in das Zellinnere gestattet, der uns sonst vorenthalten bleibt. Wie flache Münzen liegen zahlreiche Zellen im Präparat vor uns, und mit einer Deutlichkeit, die sich nur ausnahmsweise den Zellpräparaten von Cyanophyceen nachrühmen läßt, nimmt man in jeder von ihnen das wandständige Chromatoplasma und das Zentroplasma wahr. Das letztere ist klar und anscheinend schwach grün gefärbt; es hat der Zellform entsprechend die Form eines niedrigen Zylinders. Um diesen legt sich als hohlzylindrischer Mantel das körnige und stark grün gefärbte Chromatoplasma. Messungen ergaben, daß die Zentropiasmamasse durchschnittlich halb so breit als die Zelle ist. Die Tatsache, daß in den Zellen unserer Spezies das Zentroplasma (wenn auch nuschwach) grün gefärbt erscheint, erinnert uns an GEITLER (1936), der der allgemeinen Ansicht entgegentritt, daß das Chromatoplasma der alleinige Träger der Assimilationsfarbstoffe sei. Zum mindesten für unsere Spezies könnten wir folgern, daß ihr Zentroplasma nicht völlig farblos ist; indessen wollen wir uns nicht verhehlen, daß es bei so kleinen Objekten wie dem Zentropasmakörper unserer Oscillatorienzellen schwer ist, sich über Farbtöne ein zuverlässiges Urteil zu bilden; auch dürfen wir nicht vergessen, daß die von uns studierten isolierten Zellen vielleicht vor oder bei dem Zerfall mancherlei Schädigungen erfahren haben, so daß es vielleicht nicht zulässig wäre, von den an ihnen wahrgenommenen Farberscheinungen auf die in normalen Zellen verwirklichten Verhältnisse zu schließen. —

Alle bisher beschriebenen Zerfallversuche sind an ungefärbten Fäden durchgeführt worden. Nachdem sich die Cyanophyceen (vgl. BECKER & BECKEROWA, 1937; SCHÖNLEBER, 1937) Vitalfärbungen leicht zugänglich erwiesen haben, unternahm ich es, meine Versuche an gefärbten Fäden zu wiederholen. Ich wählte Neutralrot, das sich den Cyanophyceen gegenüber als geeigneter Farbstoff schon erwiesen hat.

Hinsichtlich der Färbbarkeit lassen sich an *O. proboscidea* ähnliche Beobachtungen machen, wie sie SCHÖNLEBER (1937) für *Scytonema javanicum* schildert, daß sich nämlich nicht alle Zellen eines

Fadens gleichmäßig färben, vielmehr intensiv und schwach rot gefärbte mit natürlich gefärbten, d. h. blaugrünen Zellen wechseln können; die letzteren zeigen im übrigen gegenüber den künstlich gefärbten keine Unterschiede oder nur solche des Turgors, derart daß die gefärbten Zellen einen bedeutend höheren aufweisen als die ungefärbten. Die Form der von den turgeszenten Nachbarinnen zusammengedrückten ungefärbten Zellen wiederholt die der bei Oscillatorien so häufig auftretenden Nekriden oder Konkavzellen; von ihnen unterscheidet sie aber das Aussehen des Protoplasmas: während dieses bei den Nekriden glasig und klar ist, bleibt es bei unseren ungefärbten Zellen körnig und trübe wie das Protoplasma der gefärbten Zellen. Nekriden sind übrigens an unserem Material selten, solange es frisch ist.

Um festzustellen, ob sich gefärbte und ungefärbte Zellen bei der Plasmolyse verschieden verhalten, wurden die Fäden mit 2 MW behandelt. Beide

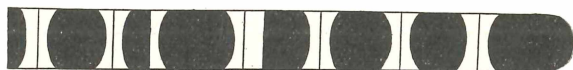


Abb. 5.

Zellsorten wurden gleichstark plasmolysiert. Nach der spontanen Deplasmolyse konnte man die Feststellung machen, daß Turgorunterschiede gering oder gar nicht mehr vorhanden waren. Nach einiger



Abb. 6.

Zeit färbten sich die vorher ungefärbten Zellen ebenfalls rot; woher diese Farbe stammt, ob sie vielleicht aus den Nachbarzellen oder aus dem umgebenden noch schwach gefärbten Medium stammt, konnte nicht entschieden werden.

Bei vielen Vitalfärberversuchen sind mir Fäden mit gefärbten Zellen aufgefallen, bei denen sich nicht die ganzen Zellen gleichmäßig gefärbt hatten, sondern nur einzelne Anteile des Zellinhalts. Abb. 6 zeigt, wie gleichmäßig gefärbte, teilweise gefärbte und ungefärbte Zellen miteinander abwechseln. SCHÖNLEBER (1937) beobachtete ähnliches an *Scytonema javanicum* und sprach von „Rahmenfärbung“, wenn in ihrem Material nur die peripherischen Anteile des Zellinhalts gefärbt waren. Bei unserer Spezies sind aber ebensooft auch zentrale Anteile des Zellinhalts gefärbt. Die genannte Autorin kommt zu dem Ergebnis, daß sich in den Zellen der Cyano-

phyceen Protoplasma färben kann, in anderen Fällen es Vakuolen sind, welche besonders reichlich den Farbstoff aufnehmen. Vakuolen sind vielleicht auch bei dem Auftreten fleckenhafter Färbung an unserer *O. proboscidea* im Spiele; daß die gefärbten Anteile während der Bewegung und Drehung der Fäden ihre Form zu ändern scheinen, würde mit der Meinung, daß mit ihnen Vakuolen vorliegen, nicht im Widerspruch stehen.

Die vital gefärbten wurden wie die ungefärbten Fäden mit 2 MW und Leitungswasser behandelt. Es treten hierauf die oben beschriebenen Zerfallserscheinungen ein: die Fäden zerfallen wiederum zunächst unter zahlreichen Plasmoptysen in Teilstücke; diese und die noch unverändert gebliebenen Fäden zerfallen dann in ihre einzelnen Zellen oder Zellpaare. Es ließen sich dabei einige Erscheinungen beobachten, die mir bei den Versuchen an ungefärbten Fäden nicht aufgefallen waren.

Wie oben erwähnt, beginnen die Fäden, bevor sie zerfallen, sich meist mehr oder weniger stark zu verfärben. Die Verfärbung geht dabei stets von einem oder von beiden Fadenenden aus. Nun finden sich in dem gefärbten Material öfters Fäden, die wohl als Folge der Vorbehandlung in nahezu regelmäßigen Abständen grüne Nekridenpaare aufweisen. Die Zellgruppen zwischen den Nekridenpaaren sind zunächst noch intensiv rot gefärbt. Nach einigen Minuten sieht man, daß die den Nekridenpaaren benachbarten roten Zellen das Neutralrot abgeben, so daß ihre grüne Farbe wieder hervortritt; wir müssen annehmen, daß die Zellen absterben, und der Farbstoff aus den toten Zellen exosmiert. Von den Nekriden bleiben indessen die vor unseren Augen abgestorbenen Zellen durch ihre Protoplasmabeschaffenheit deutlich unterschieden. Das Absterben der Zellen schreitet immer weiter vor, so daß die Gruppe der vital gefärbten roten Zellen immer kürzer wird; die toten Zellen indessen lösen sich voneinander ab und werden durch die vorhin geschilderten Quellungsvorgänge in bogige Reihen gelegt. Der Mikroskopiker sieht sich einem ungewöhnlichen Bild gegenüber, wenn er die kurzen roten, noch lebenden Fadenstücke durch grüne gewundene Reihen isolierter Zellen verbunden findet. Verfärbung und Verfall nehmen ihren Anfang ebenso an den Nekriden wie an den natürlichen Enden der Fäden und schreiten von ihnen aus vor.

Öfters kann man die Beobachtung machen, daß die vital gefärbten Fäden unter Drehungen noch in lebhafter aktiver Bewegung begriffen bleiben, während sich an einem Ende oder an beiden dauernd Zellen verfärben und ablösen.

Nicht alle Zellen verfärben sich, bevor sie sich von den Fäden ablösen; häufig kann man auch losgelöste Zellen sehen, die vorerst noch intensiv rot gefärbt bleiben. Auch an vorher grünlich aussehenden Zellen, die sich nun in der Querswandansicht zeigen, läßt sich die Feststellung machen, daß das Chromatoplasma wohl vollkommen grün, also verfärbt ist, das Zentroplasma aber noch einen leicht rötlichen Farbton aufweist. Bei sehr vielen Zellen ist das klare Zentroplasma sogar noch intensiv gefärbt. In Abb. 7 sind zwei derartige Zellen gezeichnet. Auffallend sind die vielen kleinen Vakuolen, die sich in dem Chromatoplasma finden, während das Zentroplasma vollkommen vakuolenfrei erscheint. Vakuolen habe ich bei Versuchen an ungefärbten Fäden niemals beobachtet; sie sind offenbar pathologischer Natur. Die im peripherischen Protoplasma liegenden Vakuolen liegen stets dem Zentroplasma an, ausnahmsweise nehmen sie die ganze Breite der Chromatoplasmaschicht ein.

Wenn nur in ganz wenigen isolierten Zellen auch das Chromatoplasma noch rot gefärbt erscheint, so dürfen wir nicht folgern, daß in den meisten Fällen etwa nur das Zentroplasma vital färbbar wäre. Es ist vielmehr nach unseren Befunden



Abb. 7.

an den Zellen unzertrümmerter Fäden anzunehmen, daß sich das Chromatoplasma mindestens ebenso stark färbt als das Zentroplasma, daß es aber die Farbe bei der geschilderten Behandlung leicht, das Zentroplasma sie nur schwer abgibt. Nach $\frac{1}{2}$ Stunde sieht man in dem klaren rot gefärbten Zentroplasma rote Körner auftreten, die vielleicht mit den sog. „metachromatischen“ GUILLIERMONDS (1933) identisch sind oder von ihnen sich herleiten.

Bei zahlreichen Plasmoptysen rot gefärbter Zellen ist zu beobachten, daß in dem aus den geplatzten Zellen herausgeschleuderten entfärbten, also gelblichen Protoplasma zahlreiche größere und kleinere rote Kugeln liegen, deren Durchmesser stets weit hinter der Zellbreite zurückbleibt. Über ihre Natur konnte nichts ermittelt werden; Versuche mit wasserentziehenden Mitteln, sie zur Kontraktion zu bringen, waren ergebnislos. Ihre anfangs intensiv rote Farbe verblaßt nach einiger Zeit, so daß sie unsichtbar werden. —

Alle für *O. proboscidea* geschilderten Versuche habe ich auch an der breiten *O. margaritifera* durchgeführt, von der sich in den Präparaten stets einige Fäden fanden. Zunächst möchte ich eine Beobachtung erwähnen, die ich an einigen unbehandelten Fäden der *O. margaritifera* machen konnte. In Fäden, die etwa 24 Stunden in Original-

wasser (PETRI-Schale) gelegen hatten, waren nicht selten gelbe Zellpaare zu sehen, an denen offenbar der Zerfall der Fäden in Hormogonien erfolgt; ich fand in der Tat einen Faden, der in drei Hormogonien zerfallen war, die noch durch derartige gelbe Zellpaare verbunden waren. Trotz eifrigen Suchens blieb der Befund einmalig. Es läßt sich daher nicht entscheiden, ob dieser Zerfallsvorgang als ein für *O. margaritifera* normaler anzusehen ist. Die gelben Zellen unterschieden sich deutlich in Form und Beschaffenheit des Protoplasmas von den Nekriden oder Konkavzellen, an denen sonst bekanntlich der Zerfall der Oscillatorien in die Hormogonien erfolgt.

Über die an *O. margaritifera* durchgeführten Versuche ist nicht viel zu berichten. Die Ergebnisse waren stets negativ, d. h. ein Zerfall war niemals zu bemerken, so daß man in allen Präparaten schließlich einen dichten grünen Brei von isolierten Zellen der *O. proboscidea* fand, in dem die anscheinend völlig unveränderten olivgrünen Fäden der *O. margaritifera* lagen. Auch Plasmoptysen waren selten; ich habe solche nur nach Behandlung mit Harnstoff beobachten können. Daß aber auch *O. margaritifera* zum Zerfall in die einzelnen Zellen gebracht werden kann, bewies ein Präparat, das 24 Stunden in Ätherdampf gelegen hatte. Die Fäden, die im Gegensatz zu den der *O. proboscidea* nach 2 Stunden völlig unverändert erschienen, waren nach 24 Stunden zerfallen. An Fäden, die etwa 24 Stunden in Süßwasser gelegen hatten, gelang es ferner, den Zerfall nach Behandlung mit 2 MW und Leitungswasser zu beobachten. Da er an *O. margaritifera* offenbar nicht so leicht zu erzielen ist wie an *O. proboscidea*, wurde von weiteren Versuchen abgesehen.

* * *

Erscheinungen des Zerfalls fadenbildender Organismen in ihre einzelnen Zellen sind für Pilze und namentlich für Algen verschiedener Art schon lange bekannt und oft an ihnen studiert worden.

Am besten wissen wir über die bereits seit MOHL (1835) und SCHLEIDEN (1844) bekannten Zerfallserscheinungen der Konjugaten Bescheid, über die BENECKE (1898) und LLOYD (1926) eingehende Untersuchungen angestellt haben. Beide erklären den Zerfall der *Spirogyra*- und *Mougeotia*-Fäden rein mechanisch; sie nehmen an, daß die Zellen dieser Algen von vornherein isoliert in den Fäden liegen und nur von einer gemeinsamen „Cuticula“ zusammengehalten werden. Bei Turgorerhöhung benachbarter Zellen oder auch bei Turgorerniedrigung einzelner Zellen wird die „Cuticula“ gespannt und reißt schließlich, so daß die Zellen voneinander abgelöst werden.

LLOYD (1926) konnte zwischen den Lamellen der Querwände eine gallertige Substanz nachweisen, auf die schon KLEBS (1886—1888) hingewiesen hatte, und die bei der Abtrennung der Zellen mitwirkt.

Über die Mechanik des Zerfalls der *Hormidium*-Fäden und der von TOBLER (1902) studierten Rotalgen wissen wir wenig; aber auch hier dürfte (vgl. KLEBS, 1896) die Erhöhung des Turgordrucks eine große, wahrscheinlich die maßgebende Rolle spielen.

Wie eingangs schon erwähnt, sind Zerfallserscheinungen auch an Cyanophyceen längst bekannt; ich erinnere an den Zerfall der Hormogonales in die Hormogonien, der bei den Nostocaceen an den Heterocysten, bei vielen anderen in diese Reihe gehörenden Blaualgen an den Nekriden oder Konkavzellen erfolgt (vgl. BRAND, 1903 b). Bei *Nostoc* sieht man nicht selten die einzelnen Zellen voneinander isoliert in der Gallert liegen. Wir sind zwar über diese Zerfallserscheinungen insofern informiert, als wir die Bedeutung normaler Zellenformen (Heterocysten) und pathologisch veränderter Zellen (hauptsächlich der durch ihre glasige Degeneration und ihre bikonkave Form auffallenden Nekriden) kennen; darüber wie sich die einzelnen Zellen beim Zerfall verhalten, wissen wir aber auch für die soeben genannten physiologischen Formen des Zerfalls sehr wenig. Wenn die Zellen eines *Nostoc*-Fadens voneinander abrücken, so werden wir annehmen dürfen, daß ein schizogener Zerfall oder die gallertige Quellung und Lösung einer mittleren Lamelle der Querwände im Spiele ist. Wie sich die bikonkaven Nekriden der Oscillatorienfäden beim Zerfall verhalten, bedarf der näheren Untersuchung; wir wissen nicht mit Bestimmtheit, ob die Wand, welche eine lebendige Oscillatoriazelle von einer an sie stoßenden Nekride trennt, beim Zerfall sich spaltet oder ungespalten der lebenden Zelle verbleibt, so daß das degenerierte Protoplasma der Nekridenzellen wenigstens an einer Seite entblößt wird.

Physiologisch nannte ich die soeben erwähnten Zerfallserscheinungen auch dann, wenn lokale Nekrose dem Zerfall vorausgeht (Nekridenbildung). Die von uns studierten Zerfallerscheinungen sind pathologisch zu nennen: sie führen nicht zur Vermehrung der Algen oder zur Hormogonienbildung, sondern gehen unmittelbar dem Tod der Zellen voraus. Cytomorphologisch ist die Erkenntnis des Vorgangs noch nicht abgeschlossen; ich halte es für wahrscheinlich, daß auch bei dem von mir beschriebenen Zerfall die Querwände sich spalten. Wenn wir annehmen dürften, daß eine sehr feine mittlere Lamelle der Querwände dabei gewaltig aufquillt, wäre die Übereinstimmung zwischen unserem Zerfall und dem namentlich von LLOYD

(1926) auf die Mitwirkung von Quellungsvorgängen zurückgeführten Zerfall der *Spirogyra*- und *Mougeotia*-Fäden nicht gering. Ich habe oben wahrscheinlich zu machen gesucht, daß die zwischen den isolierten Zellen liegenden unsichtbaren Massen so stark quellen können, daß die einzelnen Zellen weit voneinander abrücken. ULLRICH (1930, 184) sah Fäden von *Oscillatoria sancta* nach mehrtägiger Behandlung mit cytasereichem Kirschgummi in ihre Zellen zerfallen, zieht aber aus dem Befund keine Schlüsse auf eine etwaige Lamellenstruktur der Querwände. Wie ULLRICHS Beobachtungen legen auch die unserigen die Vermutung nahe, daß eine mittlere Lamelle der Oscillatoriaquerwände besonders leicht quellen oder sich lösen kann. Nachdem für Oscillatorien und *Nostoc*-Fäden bereits erwogen worden ist, ob sie unter bestimmten Bedingungen sehr stark quellende Gallertmassen intra vitam abscheiden (vgl. FECHNER, 1915; SCHMIDT, 1918; HARDER, 1918), wäre die Möglichkeit zu prüfen, daß in unseren Fällen post mortem eine starke Abgabe quellfähiger Substanz eintritt.

Hiddensee, August 1937.

Literaturverzeichnis.

- BECKER, W. A. & BECKEROWA, Z (1937): Zur Frage der Vitalfärbung der Meerescyanophyceen. *Cellule* **45**, 337.
- BENECKE, W. (1898): Mechanismus und Biologie des Zerfalls der Conjugatenfäden in die einzelnen Zellen. *Jb. Bot.* **32**, 453.
- BRAND, F. (1903 a): Über das osmotische Verhalten der Cyanophyceenzellen. *Ber. dtsh. bot. Ges.* **21**, 302.
- (1903 b): Morphologisch-physiologische Betrachtungen über Cyanophyceen. *Beih. z. Bot. Zbl.* **15**, 31.
- FECHNER, R. (1915): Die Chemotaxis der Oscillarien und ihre Bewegungserscheinungen überhaupt. *Z. Bot.* **7**, 289.
- GEITLER, L. (1932): Cyanophyceae. Rabenhorsts Cryptogamenflora **14**. Leipzig.
- (1936): Schizophyceen. Linsbauers Handb. d. Pflanzenanatomie (Lief. 32). Berlin.
- GUILLIERMOND, A., MANGENOT, G. & PLANTEFOL, L. (1933): *Traité de Cytologie végétale*. Paris.
- HARDER, R. (1918): Über die Bewegung der Nostocaceen. *Z. Bot.* **10**, 177.
- KLEBS, G. (1886—1888): Über die Organisation der Gallerte bei einigen Algen und Flagellaten. *Unters. d. Bot. Inst. Tübingen* **2**, 333.
- (1896): Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Jena.
- KÜSTER, E. (1929): Pathologie der Pflanzenzelle. Pathologie des Protoplasmas, **1**. Berlin.
- LAKOWITZ, K. (1929): Die Algenflora der gesamten Ostsee. Danzig.
- LLOYD, FR. E. (1926): Cell disjunction in *Spirogyra*. *Papers of the Michigan Acad. Science, Arts and Lett.* **6**.

- MOHL, H. v. (1835): Über die Vermehrung der Pflanzenzellen durch Teilung. Tübingen.
- PRÁT, S. (1921): Plasmolyse des Cyanophycées. Bull. Internat. Acad. Sc. Bohème.
- SCHLEIDEN, M. I. (1844): Beiträge zur Botanik **1**. Leipzig.
- SCHMID, G. (1918): Zur Kenntnis der Oscillarienbewegung. Flora **111**, 327.
- (1923): Das Reizverhalten künstlicher Teilstücke, die Kontraktilität und das osmotische Verhalten der Oscillatoria jenensis. Jb. Bot. **62**, 328.
- SCHÖNLEBER, K. (1936): Scytonema julianum. Beiträge zur normalen und pathologischen Cytologie und Cytogenese der Blaualgen. Arch. Protistenkunde **88**, 36.
- (1937): Über die Vitalfärbung der Cyanophyceen. Cytomorphologische Beobachtungen an einer epiphyllen Form. Z. Mikrosk. **54**, 204.
- TOBLER, F. (1902): Zerfall und Reproduktionsvermögen des Thallus einer Rhodomelacee. Ber. dtsh. bot. Ges. **20**, 357.
- TRAHMS, O. K. (1937): Zur Kenntnis der Salzverhältnisse und des Phytoplanktons der Hiddenser und der Rügenschens Boddengewässer. Internat. Rev. f. Hydrobiol. **32**, 75.
- ULLRICH, N. (1930): Über die Bewegungen der Beggiatoaceen und Oscillatoriaceen. (2. Mitteilg.) Planta **9**, 144.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Protistenkunde](#)

Jahr/Year: 1938

Band/Volume: [91_1938](#)

Autor(en)/Author(s): Stroh L.

Artikel/Article: [Über prämortale Mazeration bei Oscillatorien. 187-201](#)