Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Membranstudien an *Codium*.

Von

W. Michel (Gießen).

Mit 24 Abbildungen im Text.

Pflanzenzellen von siphonalem Habitus zeigen an ihrer Spitze nach Einstellung des Flächenwachstums ihrer Membran oftmals an dieser bemerkenswerte Strukturen, die zuweilen ohne weiteres in den Rahmen des Normalen zu stellen, in anderen Fällen als pathologische Erscheinungen zu werten sind.

Die Palisadenschläuche von *Codium* zeichnen sich durch Membranstrukturen aus, die bereits mehrfach Beachtung gefunden haben und auch bei der systematischen Bearbeitung der Gattung verwertet worden sind. Zunächst fallen die helmspitzenartigen oder stachelähnlichen Bildungen am Ende der Schläuche mancher *Codium*-Arten auf, zugleich die verdickte und deutlich geschichtete Membran und nicht selten die Ausbildung eines apikalen Tüpfels; Küster (1935, 482) macht auf die Plasmaeinschlüsse aufmerksam, die in der Membran der Palisadenschläuche sich finden; Vouk (1935, 10, 11) bildet eine nach innen vorspringende zapfenartige Membranverdickung der Palisadenschläuche von *C. Schmidtii* ab, und O. C. Schmidt (1935, 157) macht mit eigenartigen Strukturen und konzentrischen Zeichnungen der Membran von *C. fragile* bekannt.

Auf den nachfolgenden Seiten will ich über einige Untersuchungen berichten, die auf die Membran der *Codium*-Palisaden sich beziehen. Mein Material verdanke ich in erster Linie dem Botanischen Institut in Gießen und Herrn Prof. Dr. E. Küster, der aus Neapel und Sylt Proben verschiedener *Codium*-Arten konserviert hatte (*C. tomentosum* und *C. fragile*) und mir zur Untersuchung überließ; weitere Unterstützung verdanke ich Herrn Dr. O. C. Schmidt, Berlin, der

mir eine Probe seines Helgoländer Herbariummaterials von *C. fragile* zu senden die Freundlichkeit hatte. Meine Mitteilungen werden sich fast durchweg auf *C. fragile* beziehen. Zu ihrer Veröffentlichung veranlaßt mich die Annahme, daß manche der an den *Codium*-Membranen wahrgenommenen Strukturen und Veränderungen Beiträge zur Kenntnis der Pflanzenmembran von allgemeinem Interesse zu liefern vermögen. —

Über die Membranstruktur der Palisadenspitzen von *Codium* läßt sich an unbehandeltem Material wenig ermitteln. Mit wechselnder Deutlichkeit sind bei *C. fragile* zwar oftmals Schichtenbildung in der Wand erkennbar, sowie die vorhin bereits erwähnten plasmatischen Einschlüsse, welche hin und wieder benachbarte Membranlamellen voneinander trennen. Um nähere Kenntnis von der Struktur der Membran zu gewinnen, unternahm ich es, die Membran zu färben, sie zur Quellung zu bringen und lösenden Agentien auszusetzen.

1. Färbung.

Behandlung mit Rutheniumrot und Methylenblau führt zu starker Färbung, die einen reichen Gehalt der Membranen an Pektinverbindungen vermuten läßt. Durch die Arbeit von WICHMANN (1937) wurde ich angeregt, die *Codium*-Membran auf ihren Pektingehalt nach der Methode von WURDACK (1923) zu prüfen: das Material wird mit spezifischen Lösungsmitteln für Pektinsäure (2 Proz. KOH), Calciumpektat (2 Proz. Oxalsäure) und Pektose (2 Proz. HCl) behandelt und danach wieder in eine Lösung von Rutheniumrot oder Methylenblau gebracht. Mit beiden Farben erhielt ich sowohl bei *C. fragile* als auch bei *C. tomentosum* nach Behandlung mit den genannten Lösungsmitteln stets wieder gute Färbung, selbst dann, wenn ihre Einwirkungsdauer gegenüber der bei WURDACK angegebenen bedeutend verlängert worden war.

Auch andere Färbungsmittel wie Chlorzinkjod, Magdalarot und Kongorot gaben keine Auskunft, insbesondere ließ sich auch mit Hilfe dieser Methoden kein Unterschied in der Qualität der Schichten nachweisen, welche die Palisadenmembranen von *Codium* aufbauen. Dasselbe gilt für Anilinblau-Vesuvin (sauer), Nilblausulfat und Nilblauchlorhydrat, Malachitgrün, Trypanblau, Thionin (sauer und alkalisch). Nur mit Methylenblau erreichte ich einmal eine Schichtenfärbung, indem ausschließlich die innerste Lamelle der Membran sich färbte. Sehr günstig erwies sich Methylenblau bei Untersuchung der an eng umgrenzten Anteilen einzelner Schichten der Membran wahrnehmbaren Abweichungen, über die später zu sprechen sein wird.

2. Quellung.

Versuche, die mir vorliegende Membran zur Quellung zu bringen, wurden mit Glyzerin, Chloralhydrat, Schweizerschem Reagens und konzentrierter Schwefelsäure ausgeführt. Ich beginne meine Mitteilungen mit einem Bericht über die Wirkungen des Glyzerins.

Palisadenschläuche von *C. fragile* wurden 4—5 Wochen in Glyzerin aufbewahrt. Die Membranen zeigten hiernach überraschende Bilder. Bei vielen Schläuchen waren blasige Auftreibungen sichtbar geworden, welche den Palisadenschläuchen wechselnde und abenteuerliche Formen gaben. Abb. 1—5 zeigen einige dieser Palisaden.

Offenbar sind diese Formen dadurch zustande gekommen, daß die Membran stark gequollen ist. Die Dickenzunahme der Membran verbindet sich mit einer Lockerung ihrer Schichten, die stellenweise voneinander abblättern; auf Ausdehnung der Membranen in der Richtung der Oberfläche läßt es schließen, wenn in keineswegs seltenen Fällen die Lamellen sich nicht nur voneinander trennen, sondern unter auffälligen Blasenbildungen das Vielfache ihrer ursprünglichen Flächenausdehnung annehmen. Sowohl die äußersten als auch die innersten Lamellen der Membran können bescheidene oder starke blasenförmige Abhebung erfahren. Wir werden später zu prüfen haben, ob sich in die Mechanik der hier in Betracht kommenden Erscheinungen Einsicht gewinnen läßt.

Abb. 1 veranschaulicht einen Fall, in welchem eine einseitige Aufblähung der Membran die Zellenumrisse deformiert. Der Regel aber entspricht dieses Verhalten keineswegs; in den meisten Fällen geht vielmehr die Abhebung derart vor sich, daß rings um die Palisadenzelle herum die Membran hinsichtlich ihrer Quellung und Abblähung sich gleichmäßig verhält, so daß wie die normale Zelle so auch die mit Glyzerin behandelte selbst nach stärkster Deformation einem Rotationskörper entspricht. Wie abwechslungsreich diese Rotationskörper selbst in demselben Präparat ausfallen können, lehrt ein Vergleich von Abb. 2—4. Diese zeigen gleichzeitig, daß die bei der Quellung entstehenden Auftreibungen ebensosehr nach außen wie in das Lumen der Zelle sich wölben können. Die Helmspitze der Palisaden selbst bleibt von diesen Deformationen aber ausgeschlossen, so daß sie oftmals wie ein kleiner Kegel zwischen gewaltig vorgewölbten Ringwällen sich zeigt und uns die Beurteilung der ehemaligen Zellenumrisse erleichtert. Bei den in Abb. 1 und 2 dargestellten Zellen ist der innere Umriß der Membran ungefähr der normale geblieben. In Abb. 3 ist unmittelbar unter dem Scheitelpunkt der

Zelle eine Ablösung und Aufblähung der innersten Membranlamelle zustande gekommen, so daß der innere Umriß der Membran stark deformiert erscheint. Bei der in Abb. 5 dargestellten Zellenspitze ist der Hauptanteil der Membran nach innen vorgeschlagen, der äußere

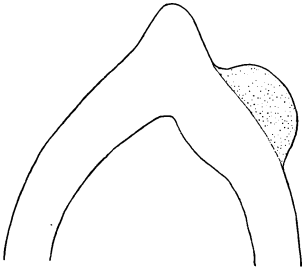

Abb. 1.

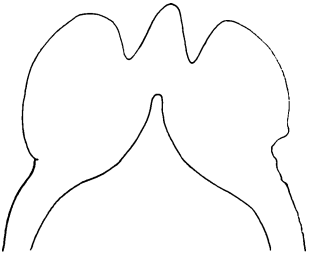

Abb. 2.

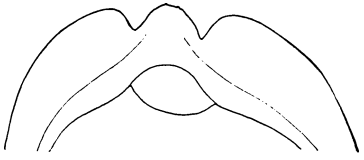

Abb. 3.

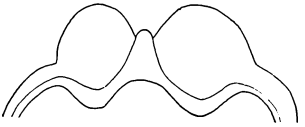

Abb. 4.

normal geblieben; die Flächenausdehnung der verlagerten Membranschichten ist indessen hier kaum größer als die der normal gelagerten, so daß von einer Quellung in der Richtung der Fläche nicht in dem Sinne gesprochen werden darf wie bei den soeben erläuterten Fällen; wir kommen später bei Behandlung anderer Einwirkungsweisen auf ähnliche Phänomene zurück.

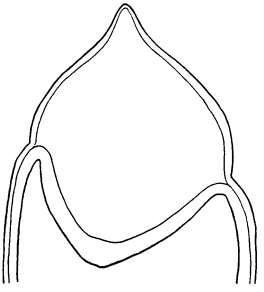

Abb. 5.

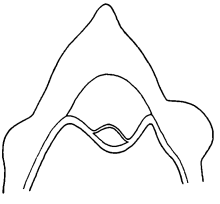

Abb. 6.

Ich vermag nicht die Gründe anzugeben, welche erklären könnten, daß ich nur zuweilen mit Glyzerin die hier beschriebenen Quellungsbilder erhalten konnte, und daß in anderen Glyzerinpräparaten das Fahnden nach ebensolchen vergeblich blieb.

Quellungsbilder, die den soeben beschriebenen vielfach sehr ähnlich sind, erhält man durch Kochen von *Codium*-Palisaden in Chloralhydrat. Abb. 6 zeigt starke Quellung und Abhebung bei den

innersten Membranteilen eines Schlauches und gleichzeitig auch einen durch Abhebung der äußersten Schichten entstandenen Rotationskörper, der hier jedoch nicht ganz symmetrisch erscheint. Abb. 7 lehrt, was für verwickelte Bilder zustande kommen können, wenn Membranlamellen oder Lamellengruppen der nämlichen Palisade bald nach der einen, bald nach der anderen Seite von ihrer Nachbarschaft

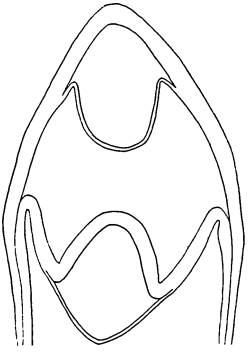

Abb. 7.

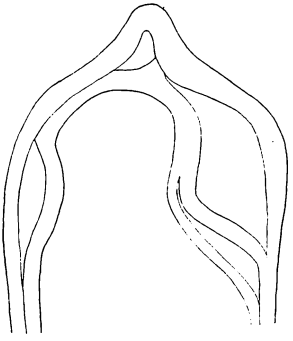

Abb. 8.

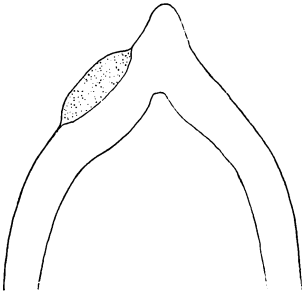

Abb. 9.

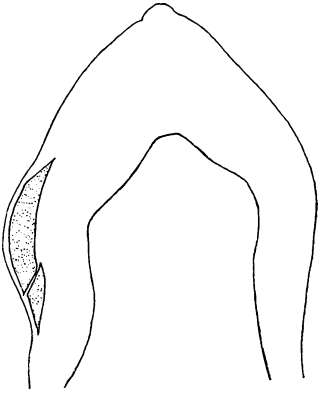

Abb. 10.

sich ablösen, ohne sich wesentlich in der Richtung der Fläche auszudehnen.

Schweizersches Reagens bewirkt bei den Membranen der *Codium*-Palisaden gleichfalls häufig Quellung. Neben einseitigen Aufblähungen der äußersten Membranschichten zu fast halbkugelig gerundeten Blasen wurden auch Vorwölbungen der innersten Membranschichten in das Lumen der Zelle beobachtet. In Abb. 8 ist eine ungewöhnliche Struktur dargestellt, bei der ein innerer Anteil

der Membran von einem äußeren sich getrennt hat, und die Längsachsen der beiden Hohlkegel sich gegeneinander verschoben haben.

Bei Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure sind vor der völligen Lösung der Membran oftmals ebenfalls Quellungserscheinungen wahrnehmbar; Abb. 9 und 10 zeigen solche. In beiden Fällen handelt es sich um einseitige Loslösung und Aufblähung der äußersten Lamelle.

Die Regelmäßigkeit der hier beschriebenen Bildungen und die pralle Wölbung der abgehobenen Lamellen lassen sich schwerlich allein auf Quellung bestimmter Membranlamellen, die in der Richtung der Zellenoberfläche sich vollzieht, zurückführen; auch machten wir darauf aufmerksam, daß in manchen Fällen (vgl. Abb. 5) die aufgeblähten und abgehobenen, kuppelartig sich wölbenden Membrananteile zuweilen eine nur wenig größere Fläche in Anspruch nehmen als die Lamellen, von welchen sie sich abgehoben und abgelöst haben, in anderen freilich ihre Ausdehnung weit über die ursprüngliche hinausgeht (vgl. Abb. 2). Es hat den Anschein, daß in vielen Fällen die abgeblähten Membranblasen usw. von einer sie füllenden, stark quellenden Masse gehoben und gespannt würden. Die fraglichen Räume sind optisch leer; färberisch einen Inhalt nachzuweisen, den man für die starke Quellung verantwortlich machen könnte, war nicht möglich; doch gewinnt in diesem Zusammenhang eine einmalige Beobachtung besonderes Interesse, bei der es möglich wurde, unter dem Mikroskop das Platzen einer Membranblase zu beobachten, die im wesentlichen der in Abb. 1 dargestellten entsprach. Die Erscheinung vermittelte den Eindruck, daß in einem von einer festen äußeren Lamelle überspannten Raum eine sich ausdehnende Masse ihre Hülle sprengt.

Andererseits fehlt es nicht an Beobachtungen, welche uns auf die Annahme einer starken Quellung der Membranlamellen parallel zur Oberfläche zurückzukommen zwingen, wenn wir gewisse Deformationen der Palisadenschläuche erklären wollen, die ich an *C. tomentosum* beobachtete und zwar dann, wenn ich seine Palisaden auf Filtrierpapier einige Tage der Einwirkung zellulosezerstörender Bakterien aussetzte — eine Methode, über deren Wirkung später noch zu berichten sein wird. Bei der angeführten Versuchsweise geschah es, daß die Kuppen der Palisaden in das Innere ihrer Lumina gestülpt wurden, und die äußersten Lamellen zur konkaven, die innersten stark quellenden zur konvexen Seite wurden. Die Bildungen bekamen dadurch ein überraschendes Aussehen, daß allem Anschein nach die für die Deformation verantwortlichen Quellungserschei-

nungen sich nur an der äußersten kugelsegmentähnlichen Kappe der Zelle abspielten (vgl. Abb. 11). Bei *C. fragile* sah ich nach derselben Behandlung niemals derartige Deformationen eintreten.

In Abb. 6 und 7 habe ich die voneinander sich lockernden Lamellen eingetragen, und ähnlich konnte ich bei Abb. 5 verfahren; wenn bei einigen anderen Abbildungen die Schichten nicht eingetragen oder nur einige von ihnen berücksichtigt worden sind, so entspricht das dem ungleichartigen Verhalten der Quellungspräparate, die zuweilen nichts mehr von einem lamellösen Bau der Membran erkennen ließen. Bildern gegenüber, wie sie z. B. in Abb. 2 dargestellt worden sind, mußte man im Zweifel bleiben, ob eine blätterige Auflösung der Membran und Abblähung einzelner Lamellen vorlag, oder ob nicht vielmehr eine homogene gallertige Masse aus der Membran geworden war. Für solche Fälle glaube ich in der Tat auf eine starke Dickenzunahme quellender Membranschichten schließen zu sollen — gelerfüllte Hohlräume zwischen Lamellen, die nur wenig oder gar nicht durch Quellung an Dicke zunehmen, sind nicht wahrzunehmen; wir kommen auch auf solche Quellungsphänomene in unseren Schlußbetrachtungen noch zurück.

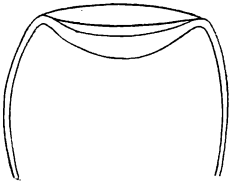

Abb. 11a.

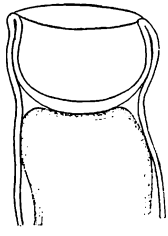

Abb. 11b.

3. Lösung.

Die Membran der *Codium*-Palisaden zu lösen, wurde unternommen mit:

1. Schweizerschem Reagens,
2. Schwefelsäure,
3. Kirschgummi, auf dessen Cytasegehalt sich Erwartungen setzen ließen, und
4. unter Zuhilfenahme zelluloselösender Bakterien, die ich auf faulenden Erbsen, langsam sich zersetzendem Filtrierpapier oder auf Pferdemistproben zur Entwicklung kommen ließ.

1. Schweizerschem Reagens gegenüber erweisen sich die Membranen der *Codium*-Palisaden sehr widerstandsfähig. Bei Verwendung eines Reagens, das Baumwollfäden in typischer Weise zum Verquellen brachte, mußten *Codium*-Palisaden mehrere Wochen verweilen, bis sich eine Wirkung des Reagens, das von Zeit zu Zeit

erneuert worden war, erkennen ließ. Abb. 12 erläutert diese Wirkungen. Die Spitze der Palisade erscheint gleichsam ausgelaugt; sie ist substanzarm geworden, während die weiter zurückliegenden Teile unverändert geblieben oder nur geringen Substanzverlust erfahren haben. Der Übergang zwischen diesen wenig veränderten und den in der Achse der Palisadenspitze gelegenen stark angegriffenen Teilen ist unscharf; erhalten bleiben fast überall die äußerste Schicht der Membran und die innerste, an das Lumen der Zelle grenzende. In Abb. 13 sind ähnliche Zerstörungen dargestellt; wir beachten an ihnen, daß hier das Material ungefähr mit der inneren Hälfte seiner Dicke erhalten geblieben ist; auch die sog. Cuticula ist erhalten ge-

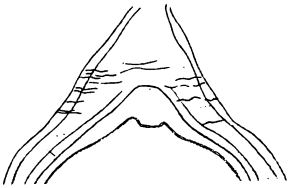

Abb. 12.

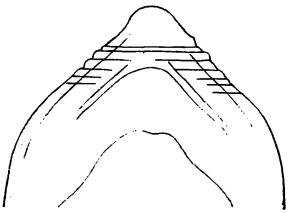

Abb. 13.

blieben; in anderen Fällen fand ich sie nicht so regelmäßig stufenartig eingesunken wie in Abb. 13, sondern unregelmäßig gefältelt und geknittert.

2. Bringt man die *Codium*-Membranen in konzentrierte Schwefelsäure, so quellen sie in kürzester Zeit stark auf, so daß — vor allem in der Nähe der Membranspitze — von ihnen häufig das 3—4fache der ursprünglichen Dicke erreicht wird. Gleichzeitig bemerkt man, daß eine Veränderung des Lichtbrechungsvermögens eintritt: die unter der Cuticula liegenden Membrananteile sind kaum mehr wahrnehmbar; schließlich ist die Cuticula als leere Haut allein noch übrig geblieben, die sich auch bei längerem Einwirken der Schwefelsäure nicht löst.

3. Kirschgummi wurde dem Botanischen Garten in Gießen in den letzten Jahren wiederholt entnommen. Obwohl meine Proben verschiedenen Jahrgängen angehörten und auch durch frisch gesammelte ergänzt wurden, blieben meine Ergebnisse negativ.

4. Starke Wirkungen ließen sich mit Hilfe zellulosezerstörender Bakterien erzielen. *Codium*-Palisaden wurden auf moderndes Filtrierpapier gelegt, mit faulenden Erbsen in Berührung gebracht oder in der feuchten Kammer auf Pferdemist aufgetragen. Schon nach

2—3 Tagen — zumal in den Erbsenkulturen — ließen sich deutliche Wirkungen erkennen.

Offenbar beginnt der Lösungsvorgang stets an den äußersten Spitzen der Palisadenmembranen und setzt sich von hier aus nach dem Zellumen hin in der Weise fort, daß ein allmählich immer länger werdender Kanal in die Zellwand hineingelöst wird. So entstehen Korrosionsfiguren von zylinder- oder kegelähnlicher Form, die entweder die ganze Palisadenspitze durchbohren, wobei nur die Cuticula stehen (Abb. 14) oder von mehr oder weniger breiten Membranresten gestützt bleibt (Abb. 15). Derart stark korrodierte Membranspitzen zeigen Neigung abzubrechen. Abb. 14 und 15 zeigen zugleich, daß die in die Membran hineingelösten Hohlräume ungefähr Rotationskörpern entsprechen.

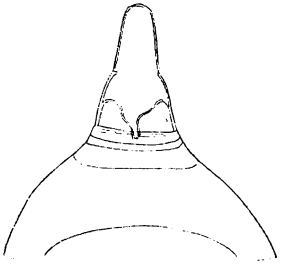

Abb. 14.

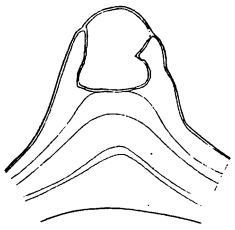

Abb. 15.

Lösungserscheinungen dieser Art sind schon wenige Tage nach Beginn des Versuches zu finden. Erst nach beträchtlich längerer Versuchsdauer erfolgt Veränderung auch tieferliegender Membrananteile; so zeigen nach 8—14 Tagen die innersten Membranschichten deutliche Quellung; zahlreiche Lamellen werden sichtbar, die offenbar nicht mehr miteinander in Verbindung stehen. Korrosionsfiguren der oben beschriebenen Art sind dagegen an anderen Membranteilen nie beobachtet worden und bleiben stets auf die Palisadenspitze beschränkt. Nach weiteren 8—10 Tagen war von der Palisadenmembran nur noch die Cuticula übrig.

Abb. 16 zeigt eine auf Mist langsamer Zersetzung anheimfallende Palisadenspitze: die inneren Schichten der Membran zeigen starke Quellung; bemerkenswert erscheint eine besonders stark lichtbrechende, anscheinend intakt gebliebene Lamelle, die die innere von der äußeren Membranhälfte trennt.

Mit Abb. 17 möchte ich auf die Sprengung der Cuticula hinweisen, die ich wiederholt, zuweilen in schwer beurteilbarer Form an den mit Erbsenbakterien behandelten *Codium*-Membranen beob-

achtet habe. Die Annahme liegt nahe, daß Quellung der inneren Schichten die Cuticula zum Bersten bringt — eine Erscheinung, die deswegen auffallen muß, weil wir vorhin (vgl. z. B. Abb. 1, 4 u. a.) gerade die Cuticula so starker Deformation fähig und zu so starker Flächenausdehnung befähigt fanden.

Welche Rolle die Cuticula beim Zustandekommen der Korrosionshohlräume spielen mag, ist schwer zu sagen; jedenfalls muß mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß die starken Korrosionen, die wir an den Spitzen der Palisaden vor sich gehen sahen, dann besonders leicht und schnell sich vollziehen, wenn die Spitze der Palisaden schon vor Beginn des Versuches verloren gegangen war, und auf diese Weise leicht korrodierbare Membranlamellen des Schutzes beraubt worden waren, den die widerstandsfähige Cuticula wohl

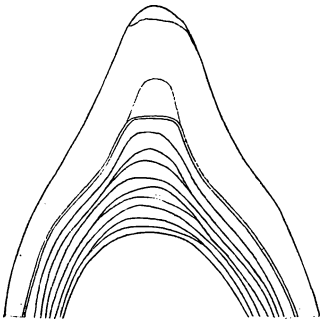

Abb. 16.

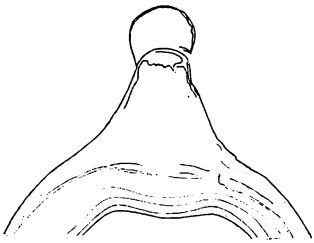

Abb. 17.

auszuüben vermag. Wie groß oder klein die Rolle einzuschätzen sein mag, welche ein Membrantrauma an der Spitze der Palisade für die Membrankorrosion spielen mag, so geht doch zuverlässig aus unseren Beobachtungen hervor, daß die achsialen Anteile der Membran es sind, die der Zerstörung anheimfallen, und daß auch von der Angriffsstelle aus, an der möglicherweise ein Trauma das Vordringen lösender Agentien fördert, die Korrosion besser in zentripetal-radialer Richtung als in tangentialer, der Oberfläche der Palisade folgender Richtung fortschreitet. Wir kommen in unserem Schlußabschnitt auf diese Frage noch zu sprechen.

4. Optisches Verhalten.

Die Membran der Palisadenschläuche von *C. fragile* ist doppelbrechend und zwar positiv in bezug auf die Tangente, während Küster (1933, 535) für die Bryopsismembran negative Doppelbrechung angibt. Mitunter ist schon bei unbehandeltem Material ein Unterschied bei einzelnen Membranschichten derselben Zelle zu beobachten,

derart, daß neben kräftig doppelbrechenden Schichten solche zu sehen sind, die deutlich schwächer anisotrop sind.

Läßt man *Codium*-Membranen in Schweizerschem Reagens längere Zeit liegen, so werden die Fälle, in denen schwach doppelbrechende Schichten auftreten, immer häufiger; in keineswegs seltenen Fällen können neben normal positiv doppelbrechenden Membranlamellen auch solche mit negativer Doppelbrechung beobachtet werden. Die negative Doppelbrechung tritt in Lamellen auf, die zwischen positiv doppelbrechenden Schichten liegen oder auch den äußeren oder inneren Membranteil ausmachen; neben positiv und negativ doppelbrechenden Lamellen können auch völlig isotrope liegen.

Nach Behandlung mit Zinkchlorid können gleichfalls in einer und derselben Membran Schichten mit verschiedenem optischen Charakter sichtbar werden. Es wurde negative Doppelbrechung auch ohne Erhitzen festgestellt. Nach Kochen in der genannten Lösung nahmen in vielen Fällen die negativ doppelbrechenden Schichten fast die ganze Breite der Membran ein. Ein ähnlich unterschiedliches Verhalten bezüglich des optischen Charakters ihrer Lamellen zeigten die *Codium*-Membranen nach Kochen in Kalilauge, Diaphanol und Chloralhydrat. In dem zuletzt genannten Medium sowie in Zinkchlorid wurde in wenigen Fällen schwache positive Doppelbrechung der Cuticula beobachtet.

Ich schließe aus diesen Befunden, daß die dicke Wand der *Codium*-Palisaden aus qualitativ verschiedenen Schichten beträchtlicher Mächtigkeit besteht. Die Annahme scheint gerechtfertigt, daß in manchen Schichten durch Behandlung mit den genannten Mitteln bestimmte Bestandteile, welche in verschiedenen Schichten ungleich reichlich vorhanden sind oder in ungleichem Grade festgehalten werden, beseitigt werden können, und daß in bestimmten Anteilen der Membran eine negative Doppelbrechung dort sichtbar wird, wo sie vorher durch positiv doppelbrechende Anteile verdeckt worden war.

Schlußbetrachtungen.

1. Die Membranen der *Codium*-Palisaden zeigen schon an frischem Material Schichtenbau. Besonders am Zenith der Palisade, die bei *C. fragile* eine Art Helmspitze trägt, wird nach Einwirkung quellender Mittel die Schichtung deutlicher; die Lamellen blättern sich oft voneinander ab.

Bei der Frage nach dem qualitativen Unterschied der Membranlamellen läßt sich zunächst die äußerste von diesen als „Cuticula“ kennzeichnen. Über eine solche haben die Autoren bereits für zahl-

reiche siphonale Algen Mitteilungen gemacht. Über die Cuticula der *Caulerpa* sagt CORRENS (1894, 362), daß sie auch nach langem Kochen in 2,5proz. Schwefelsäure sich noch erhält, während alle übrigen Lamellen der Membran zugrunde gehen. Eingehend hat über die Cuticula der *Caulerpa*, über die „couche cuticulaire" und die „zone cuticulaire" MIRANDE (1913, 176) berichtet. Über die Cuticula von *Bryopsis* macht KÜSTER Mitteilungen (1933, 535): nach Behandlung mit 20proz. Chromsäure beobachtete er Spaltung der Membran in zwei Lagen: eine positiv doppelbrechende Cuticula und eine negativ doppelbrechende innere Lamelle. Über die Cuticula von *Valonia* hat ITERSON (1936) Angaben gebracht.

Auch den *Codium*-Palisaden gegenüber darf ich hiernach als Cuticula die Schicht bezeichnen, die sich in Schwefelsäure als besonders resistent erweist und zellulosezerstörenden Fermenten gegenüber solange erhalten bleibt.

2. Die dicke Membran, die die im Thallusverbande freiliegende Spitze oder Kuppe der *Codium*-Palisaden festigt, zeigt deutliche Schichtung, namentlich nach Behandlung mit SCHWEIZERschem Reagens.

Ich versuchte die Frage zu beantworten, ob diese Schichten unter sich alle gleich sind, oder ob chemische oder physikalische Unterschiede nachweisbar gemacht werden könnten.

Zunächst war an chemische Unterschiede zu denken. MIRANDE (1913, 185ff.) gibt über die chemische Zusammensetzung der Membranen von *Codium* eingehende Auskunft; im wesentlichen sind nach seiner Darlegung die Membranen der Codien ähnlich zusammengesetzt wie die der *Bryopsis* und *Derbesia*: Pektinverbindungen sind sehr reichlich, Callose ebenfalls; neben beiden erscheint Zellulose; bei *Codium* sind nach MIRANDE Callose und Zellulose erheblich spärlicher als bei den anderen beiden genannten Algen; bei den *Codium*-Arten spielen die Pektinverbindungen anscheinend die Hauptrolle; innerhalb der Gattung *Codium* wiederum sei die Membran von *C. bursa* an Callose erheblich reicher als die von *C. tomentosum* — auf diese zwei Arten nimmt MIRANDE in seiner Abhandlung Bezug. Über die Verbreitung der drei Bestandteile in der Membran sagt MIRANDE nichts, was sich auf die zahlreichen unterscheidbaren Schichten der *Codium*-Membranen bezöge; wir finden bei ihm nur die Bemerkung (1913, 172), daß in den äußersten Membranlamellen unmittelbar unter der Cuticula bei allen Siphonalen Pektinverbindungen besonders reichlich wären.

Meine eigenen Bemühungen, mikrochemische Unterschiede zwischen den einzelnen Schichten einer *Codium*-Membran mit Färbemitteln

nachzuweisen, waren vergeblich. Der einzige Weg, auf dem es mir gelang, Schichten verschiedener Art nebeneinander unterscheidbar zu machen, war die Behandlung mit Schweizerschem Reagens, das nach Mirandes Angaben (1913, 186) die Zellulose aus *Codium*-Membranen herauszulösen vermag; nach Behandlung mit dem genannten Reagens waren zwischen gekreuzten Nikols Schichten ungleichen optischen Verhaltens nachweisbar. Wie es auch zu erklären sein mag, daß in einer ursprünglich durchweg positiv doppelbrechenden Membran Schichten sichtbar werden, deren Doppelbrechung entgegengesetztes Vorzeichen hat — beachtenswert bleibt, daß die in einem Präparat liegenden *Codium*-Palisaden sich auffallend verschieden verhalten, indem bald die innerste, bald die äußerste Membranlage hinsichtlich ihrer Anisotropie das negative Vorzeichen annimmt, wie wir oben auseinandergesetzt haben.

3. Die Deformationen, welche die Membran der *Codium*-Palisaden in quellenden Mitteln erfährt, führen zu einer Abhebung der äußeren cuticulaartigen Schicht, in anderen Fällen zur Abhebung der innersten Lamelle, in noch anderen zur Abspaltung einer äußeren und inneren Hälfte der Membranen voneinander; dazu kommen die Fälle, in welchen man nicht von irgendwelchen abgehobenen Lamellen sprechen kann, sondern eine ungeschichtete klare Masse als Produkt der Quellung einer oder mehrerer ursprünglich vielleicht deutlich unterscheidbarer Lamellen vor sich hat.

Abhebungen der Cuticula sind nicht nur für andere Siphoneen (*Valonia* — Iterson, 1936) bekannt, sondern in ganz ähnlicher Ausbildung auch bei anderen Grün- und bei Rotalgen zu finden. Im Gießener Botanischen Institut sind in den letzten Jahren namentlich an *Cladophora* und *Enteromorpha* die Cuticulaabhebungen wiederholt studiert worden; bei ihnen ist unter der abgehobenen Oberflächenschicht ein derbes Gel nachweisbar.

Es wäre zu prüfen, ob die an *Codium* beobachteten Erscheinungen der Quellung und Lamellenabhebung auch mit den von Mirande z. B. für *Bryopsis* beschriebenen verglichen werden dürfen: In den Membranverdickungen der Basen junger Gametangien machen sich nach Mirande Verquellungserscheinungen geltend („magma obturateur" Mirandes). Solche Membranerweichungen sind vielleicht auch bei den *Codium*-Palisaden im Spiel, in dessen Spitzen nicht nur zuweilen scharf umgrenzte Plasmaeinschlüsse liegen, wie sie sich auch in den Membranen vieler anderer Algenarten nachweisen lassen, sondern auch unscharf umrissene flache Körper auftreten, die auf eine lokale

Betätigung der von MIRANDE studierten „Gelification" zurückzuführen naheliegt.

Codium unterscheidet sich von den angeführten und anderen Algen dadurch, daß die — offenbar unter Einlagerung einer sehr wasserreichen Masse vor sich gehenden — Ablösung nicht nur auf die „Cuticula" sich beschränkt, sondern auch die inneren Membranlamellen betreffen kann.

Das mit Abb. 7 erläuterte abnorme Verhalten der Membran scheint mit den für normale Gametangien aus BERTHOLDS Abbildung bekannten Phänomenen der Membranablösung vergleichbar zu sein (vgl. OLTMANNS, 1922, **1**, 400, Fig. 259, 3): in beiden Fällen hebt sich am Ende der Zelle eine Lamelle ab und bläht sich in das Lumen vor. Ähnliche Membranwölbungen beschreibt BEHRENS (1931, 759, 760, Fig. 13 und 17) für die Sporangien eines *Rhipidium*. Mit Methylenblau färbt sich der hyaline Inhalt des Doppelkegels, der an der Spitze der Gametangien zwischen den voneinander abgetrennten Lamellen liegt, kräftig blau.

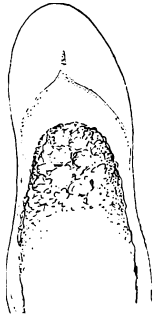

Abb. 18.

Noch weitere Übereinstimmungen bestehen zwischen den von uns beschriebenen abnormen Bildungen und manchen Erscheinungen der normalen Cytogenese. Wölbungen, wie sie in Abb. 2 dargestellt sind und das Lumen helmartig deformieren, wiederholen sich bei der Gametangienbildung. Mit Abb. 18 gebe ich die Spitze eines Gametangiums von *C. fragile* wieder; mit der Form, die hier durch die quellende Membran an der Spitze der Zelle dem Lumen aufgenötigt wird, entspricht die Abbildung im wesentlichen einer BERTHOLDschen Darstellung (OLTMANNS, a. a. O. Fig. 259, 1). An meinem Material konnte nicht zweifelhaft bleiben, daß die hyaline Gallertmasse ein Abkömmling der Wand ist; der zu Gameten bereits unvollkommen zerfallene Plasmaleib hatte sich in unserem Alkoholmaterial oftmals stark kontrahiert, an der Wand aber einen feinkörnigen Belag zurückgelassen, mit dem die kontrahierte Hauptmasse des Zellinhalts durch Plasmafäden verbunden sein kann (WEBERS „Fadenziehen des Endoplasmas", 1929). Ich erwähne diese Einzelheit namentlich in bezug auf eine Figur BERTHOLDS (OLTMANNS, a. a. O. Fig. 259, 3), welche auch Gallerte darzustellen scheint, deren Herkunft von der Membran nicht eindeutig klar ist.

An den Membrangürteln, die in den *Codium*-Fäden so weit verbreitet und zuerst von ARCANGELI (1874) erforscht worden sind, habe

ich bei *C. fragile* nur einmal eine blasige Abhebung der innersten, das Lumen der Zelle auskleidenden Schicht beobachten können. In anderem Zusammenhange wird von denselben Membrangürteln sogleich noch zu sprechen sein.

4. Verquellungserscheinungen, die als Phänomene der normalen Cytogenese einzuschätzen sind, spielen anscheinend nicht nur bei der Gametangienbildung ihre Rolle, sondern auch in den Kuppen der Palisaden selbst. Wenigstens möchte ich glauben, daß die in ihnen so oft sichtbar werdenden Verdickungen der unmittelbar unter dem Zenithpunkt der Palisaden liegenden verquollenen Kappen der Membranschichten mit den durch Mirandes „Gelification" veränderten Membrananteilen verglichen werden dürfen, ohne daß Anlaß vorläge, diese „Gelifikationen" nicht zur normalen Membranausbildung zu rechnen.

Sehr wirksam erwies sich diesen Bildungen gegenüber Behandlung mit Methylenblau; nach einer solchen färben sich schmale oder breite Kugelsegmente in der Spitze der Palisaden, wie ich es mit Abb. 19 dargestellt habe. Die der Gelifikation oder Verquellung anheim gefallenen Anteile färben sich kräftig blau und werden voneinander durch ungefärbte Anteile getrennt (Abb. 19 a). Groß ist die Abwechslung, welche die mit Methylenblau färbbare Struktur selbst bei den Palisaden eines und desselben Präparates erkennen läßt: Zuweilen sieht man zwei oder drei blau gefärbte Sicheln (optischer Längsschnitt) übereinanderliegen, in anderen Fällen zehn bis fünfzehn; die Dicke der Sicheln wechselt, ihre Breite ist in manchen Fällen durch die ganze Dicke der Membran ungefähr dieselbe (Abb. 19 b), oder es wechseln sehr breite mit ganz schmalen. Ein weiterer Unterschied der blauen Kappen besteht darin, daß sie nicht immer genau zentriert übereinanderliegen, sondern gegeneinander verschoben erscheinen derart, daß eine Linie, welche ihre Zenithpunkte miteinander verbindet, einen gebrochenen Verlauf nähme (Abb. 19 c). In Abb. 19 d ist eine Palisadenspitze dargestellt, in der die in großer Zahl einander folgenden gelifizierten Sicheln durchweg in gleicher Breite übereinanderliegen und zusammen einen schlanken Zylinder bilden, der fast die ganze Dicke der Membran durchsetzt.

Nach Zusatz von Kaliumnitrat tritt Entfärbung ein (Borris, 1937). Zuerst verbleichen die obersten blauen Sicheln, dann die weiter nach innen liegenden. Es werden dabei, wenigstens in den breiteren Sicheln, zuweilen Strukturen sichtbar, indem kugelige Anteile der Gelifikationsmasse der entfärbenden Wirkung des Elektrolyts länger widerstehen und farbig bleiben, wenn ihre Umgebung bereits ver-

blichen ist; in anderen Fällen erscheinen in den Sicheln schief verlaufende Balken oder Lamellen, die frühe farblos werden und zunächst noch gefärbt bleibende Anteile voneinander trennen.

Daß in der Achse der Palisadenspitzen die Membran andere Eigenschaften hat als in den übrigen Anteilen, entspricht einer von spitzen Haaren verschiedener Art wohl bekannten Erscheinung; ich verweise hier z. B. auf die Beschreibung, die Franz (1935) für die Membranbeschaffenheit der Humushaare gegeben hat. Vielleicht

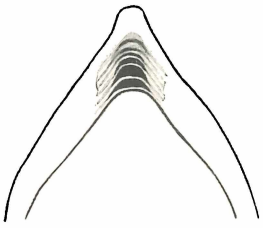

Abb. 19a.

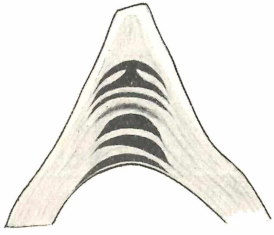

Abb. 19c.

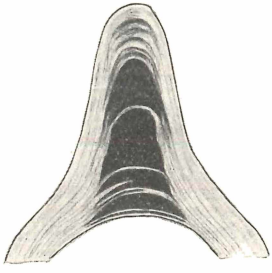

Abb. 19b.

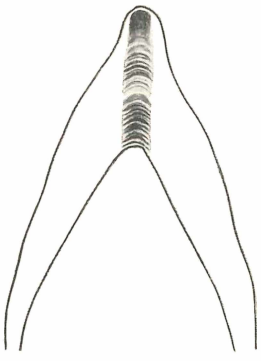

Abb. 19d.

sind die Abweichungen, welche in der Beschaffenheit der Membran sich bemerkbar machen, auf die starke Reduktion zurückzuführen, die das lebendige und membranaufbauende Protoplasma der Haarzellen in der äußersten Spitze des schmalen Lumens spitzer Haarzellen erfährt, und welche oftmals zum Tode der äußersten Plasmaanteile führt.

Die wechselnde Ausbildung der Membrankappen ist vermutlich auf geringe Unterschiede irgendwelcher inneren oder äußeren Bedingungen zurückzuführen und die Struktur der Membran einer Niederschrift über die während ihrer Ausbildung wechselvoll herrschenden Bedingungen zu vergleichen, die wir freilich vorläufig nur betrachten, nicht entziffern können.

Die in Abb. 19 dargestellten Membranstrukturen sind keineswegs in allen Membranen von *C. fragile* zu finden; die überwiegende Mehrzahl der Palisaden (schätzungsweise bis zu 80 Proz.) zeigt vielmehr nach Methylenblaubehandlung auch nicht andeutungsweise das beschriebene Bild. Die auffälligen individuellen Unterschiede, die die Palisaden unseres *Codium* zeigen, erinnern einerseits an diejenigen, die sich bei den Haaren oberirdischer Teile vieler höherer Pflanzen nachweisen lassen, andererseits an die Unterschiede, die uns schon bei Untersuchung der an *Codium*-Palisaden auftretenden Quellungs- und Lösungserscheinungen beschäftigt haben, ebenso an die Unterschiede, die sich bei Untersuchung zwischen gekreuzten Nikols ergaben, — oder die sich durch Methylenblaubehandlung nichtverquollener Membranen zuweilen bemerkbar machen lassen (s. o. S. 293), sowie an den seltenen Befund der in Abb. 16 dargestellt ist usw.[1]).

5. Daß bei der Behandlung von Pflanzenzellmembranen mit zelluloselösenden Fermenten eigenartige Korrosionsfiguren eingetragen werden können, ist im Gießener Botanischen Institut wiederholt diskutiert worden. Mitteilungen über diese Lösungserscheinungen, die uns über die Struktur der Membran Aufschluß geben zu können geeignet scheinen, liegen in der Literatur nur spärlich vor: Küster (1935, 521) beschreibt einige Lösungsbilder für *Helodea*. Bei *Codium* widersteht die Cuticula den lösenden Angriffen besonders lange; einer mündlichen Mitteilung des Herrn Prof. Küster entnehme ich, daß auch bei höheren Pflanzen solche Unterschiede bestehen und leicht nachweisbar werden können: in die Wände der *Helodea*-Blattzähne werden zuweilen kugelsegmentähnliche Hohlräume gelöst, die von einem cuticulaartigen Häutchen überspannt bleiben.

An *Codium* lassen sich nicht nur nach experimenteller Beimpfung des Materials mit zellulosezerstörenden Bakterien allerhand Korrosionen hervorrufen, sondern auch schon an den dem natürlichen Standort entnommenen Proben studieren: auch an unbehandeltem

---

[1]) Bei Methylenblaubehandlung fällt auf, daß im Lumen der *Codium*-Schläuche zuweilen stark färbbare, vielfach gewundene, strangartige Körper sichtbar werden (Alkoholmaterial); vielleicht handelt es sich um dieselben Inhaltsgebilde, die Küster (1898) für adriatische Codien beschrieben hat. In manchen Schläuchen fällt die starke Färbung auf, welche die innere Oberfläche der Membran auf weite Strecken hin mit großer Intensität annimmt, während andere Schläuche unter den gleichen Bedingungen farblos bleiben. In manchen Fällen färben sich anscheinend die Membranen dünner Schläuche in allen ihren Schichten gleichmäßig; mit Bestimmtheit konnte ich eine solche Totalfärbung bei einigen Palisaden wahrnehmen.

Material finden wir in die äußerste Spitze der Palisaden abwechslungsreich gestaltete Hohlräume hineingelöst, die als regelmäßig gebaute Rotationskörper sauber ausgeführten Drechslerarbeiten verglichen werden dürfen (Abb. 20); der Erfolg unserer Experimente gibt Aufschluß über die Ätiologie ihres natürlichen Entstehens. Wie an den künstlich hervorgerufenen bleibt die Cuticula auch an den spontan entstandenen stets ungelöst, Sprünge und Risse in ihr werden wohl niemals fehlen; offene, d. h. nicht von Cuticula überspannte Korrosionshohlräume habe ich nicht mit Sicherheit feststellen können. In Abb. 20a ist der Hohlkegelraum oben nur von der Cuticula, weiter unten auch von subcuticulären Membranlamellen umgeben.

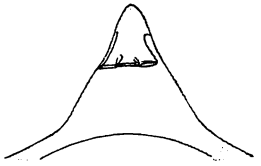

Abb. 20a.

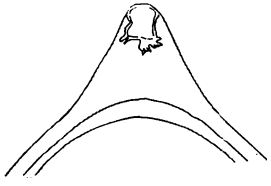

Abb. 20b.

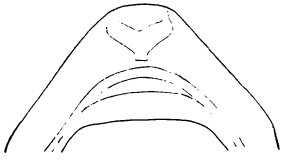

Abb. 20c.

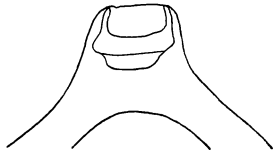

Abb. 20d.

Die Abbildungen zeigen, daß die Basis des Hohlkegels nicht immer plan ist, sondern Falten und Auswüchse tragen oder Korrosionsspalten und Kanäle irgendwelcher Art, die in das Innere der Membran führen, aufweisen kann; eine ungewöhnliche und komplizierte Form zeigt der Hohlkegel bei Abb. 20c; die Spitze der angegriffenen Membran ist in der Hälfte ihrer Dicke von den korrodierten Anteilen durchsetzt; leider wurde es unterlassen, die chemischen Qualitäten der kegelförmigen, von den lösenden Agentien angegriffenen und in ihrem Lichtbrechungsvermögen stark veränderten Masse zu prüfen.

Wiederholt fiel mir auf, daß die Oberfläche der angegriffenen Membranstelle sich mit Rutheniumrot besonders kräftig färbt.

Besonderes Interesse gewinnen die hier beschriebenen Lösungsbilder dadurch, daß gerade für *Codium* ganz ähnliche Lösungserscheinungen an anderen verdickten Teilen der Membran, nämlich an den das Lumen des *Codium*-Schlauches einschnürenden Membrangürteln

sich abspielen. Mirande (1913) hat hierüber ausgezeichnete Studien veröffentlicht. Wenn ich seine Abbildungen, z. B. Fig. 24, 25 und 29, mit den von mir beobachteten Strukturen vergleiche, so finde ich diese und jene Erscheinungen einander sehr ähnlich. Physiologisch betrachtet lassen sie freilich wesentliche Unterschiede erkennen: wenn wir Mirande auch hierin folgen dürfen, werden wir die nach ihm spontan erfolgende Lösung der Membrangürtel als einen normalen Vorgang betrachten müssen, während die von uns beschriebenen Lösungserscheinungen, die sich an den Membrananhäufungen der Palisadenspitzen vollziehen, als pathologisch zu bewerten sind. Vielleicht wäre es nicht ohne Interesse, das Verhalten der *Codium*-Membrangürtel gegenüber zellulosezerstörenden Organismen zu prüfen, ferner zu untersuchen, wie weit die Zellwandzerstörung an den Spitzen der Palisaden unter natürlichen Bedingungen fortschreiten kann, und wie die lebendige Zelle auf die unvollkommene Perforation ihrer Membran reagiert. Aus Mirandes Veröffentlichungen wissen wir, daß dem Membranabbau der Gürtelbildungen neue Membranablagerungen folgen können; den von mir beschriebenen Lösungsvorgängen habe ich niemals Restitution oder abnorme Verdickung der Wand folgen sehen.

Daß Mirande der Palisadenkorrosionen keine Erwähnung tut, hängt wohl damit zusammen, daß solche Lösungsfiguren den von ihm untersuchten *Codium*-Arten fehlen und wohl nur bei denjenigen Arten auftreten, die wie *C. fragile* eine Art Helmspitze auf ihren Palisaden tragen; davon, daß auch unter natürlichen Bedingungen diese Spitze ganz oder stückweise abbrechen kann, überzeugt man sich ohne Mühe bei Durchsicht des *fragile*-Materials; vielleicht ist überhaupt eine große oder kleine Läsion der Membranspitze Voraussetzung für die natürlichen Korrosionen, ebenso wie für deren experimentelle Erzeugung.

Die Räume, die irgendwelche Zellulosezerstörer in die Wand der Palisaden gelöst haben, sind nicht immer leer, sondern oftmals — vollkommen oder unvollkommen — von einer Masse erfüllt, die sich in ihrem Lichtbrechungsvermögen von der der intakten Schichten der Membranen deutlich absetzt und wohl einer von eingedrungenen Zellulosezerstörern bewirkte Metamorphose der Zellwand ihre Entstehung verdankt. Auch andere Veränderungen sind gewiß auf ähnliche Angriffe zurückzuführen, z. B. diejenigen, welche eine Palisadenspitze eine ansehnliche Strecke weit in ihrem Lichtbrechungsvermögen verändern, auch eine leichte Quellung an ihr bewirken können, ohne daß Korrosionsfiguren irgendwelcher Art zu erkennen

wären (Abb. 21 a); von Erscheinungen solcher Art wird sogleich noch zu sprechen sein.

Zunächst sei noch auf die Membrandifferenzierungen verwiesen, die nach mündlicher Mitteilung des Herrn Prof. Dr. KÜSTER an *Codium*-Palisaden namentlich durch mehrwöchige Milchsäurebehandlung deutlich werden; Herr Prof. Dr. KÜSTER gestattete mir die Verwertung seiner Beobachtung und seiner Abbildung (Abb. 21 b), auf der eine Differenzierung zwischen einem kappenähnlichen oberen und einem unteren Teil der Membrankuppe zu erkennen ist; die Dickenwachstumslamellen lassen sich über die Grenzfläche der beiden Anteile leicht verfolgen. Mir sind in anderen Präparaten ähnliche Fälle, in welchen die oberen Membrananteile sich außen nach unten, die unteren nach oben und innen auskeilen, nur ausnahmsweise be-

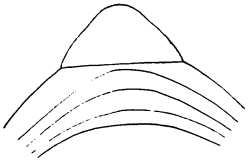

Abb. 21 a.

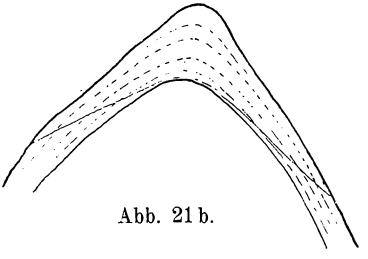

Abb. 21 b.

gegnet. Vielleicht sind die in Milchsäure deutlichen Membranstrukturen mit den in Abb. 21 a dargestellten identisch oder ihnen ähnlich, und vielleicht den im folgenden behandelten Plattenstrukturen vergleichbar.

Die von Zellulosezerstörern ausgehenden Wirkungen haben über das Gesagte hinaus noch dadurch Interesse für uns, daß mit ihnen zuweilen eine Plattenstruktur der Palisadenspitzen zum Ausdruck kommen kann, d. h. eine Struktur, durch welche diese in dünne, von ebenen, parallelen Flächen begrenzte Platten zerlegt erscheinen. In diesem Sinne möchte ich Quellungserscheinungen wie die in Abb. 21 a soeben gezeigte deuten, bei welchen eine im Lichtbrechungsvermögen von ihrem Sockel deutlich unterschiedene Spitze wahrnehmbar wird, ferner das oft beobachtete Abfallen von Spitzen, die sich unter der Einwirkung zelluloselösender Agentien mit ebener Bruchfläche von ihrer Unterlage trennen (ähnliches in Abb. 17). Zuweilen sieht man nach Korrosion der Spitze mehrere ebene Trennungsflächen durch die Spitze gelegt. Freilich ist bei Beurteilung solcher Bilder Vorsicht geboten: je mehr Ebenen und Platten sichtbar zu werden scheinen, und je schmaler die Platten sind, desto mehr liegt die

Gefahr nahe, daß Trennungsflächen und planparallele Schichtungen von reifenartigen Zeichnungen der äußersten Membranlamelle vorgetäuscht werden. Abb. 22 zeigt eine Palisadenspitze mit 6 konzentrischen Reifen an der Spitze.

Zu diesen in der Oberfläche der Membran begründeten Strukturen rechne ich auch diejenigen, die O. C. Schmidt (1935) für *C. fragile* beschrieben hat, und die auch ich an den von dem Genannten gütigst überlassenen Herbarmaterial wie an des Herrn Prof.

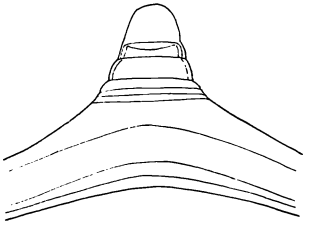

Abb. 22.

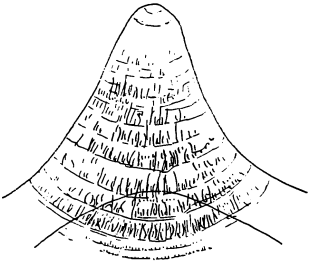

Abb. 23.

Küster Sylter Material reichlich finden konnte. Es handelt sich um feine, die Oberfläche der Palisadenspitze in radialer Richtung durchziehende zu Ringen angeordnete Streifungen, die von ungestreiften Ringzonen der Palisadenspitze unterbrochen werden. O. C. Schmidt spricht von „Längskerben". Ich beobachtete *Codium*-Spitzen mit 10 und noch mehr solcher Ringe. Es hat den Anschein, daß die kurzen Strichelungen auf einem System zarter, konzentrischer Reifen stehen, wie sie nicht selten auch ohne Strichelungen erscheinen (vgl. Abb. 22). Wie dicht eine Palisadenspitze mit solchen Zeichnungen bedeckt sein kann, lehrt Abb. 23. O. C. Schmidt (1935, 157, Abb. 3, 5) zeigt uns, daß gestrichelte Reifenbildungen gruppenweise beieinander und durch eine reifenlose Zone voneinander getrennt sein können. Dasselbe soll Abb. 24 (Sylter Material) veranschaulichen, zugleich auch den seltenen Fall, daß sich die gestrichelten Reifen gabeln oder miteinander sich vereinigen.

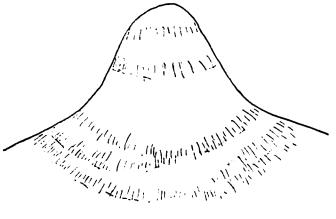

Abb. 24.

Ich halte die beschriebenen Strichelungen für eine Cuticulastruktur. Während bei höheren Pflanzen ähnliche Oberflächenstrukturen weit verbreitet sind, scheinen solche Bildungen für Algen bis-

her noch nicht bekannt geworden zu sein. Wie man sich die Form der Cuticulastreifen, ihr Relief, ihre Durchschnittsform usw. vorzustellen hat, ist bei der Kleinheit des Objektes nicht zu ermitteln. Behandelt man die Palisadenspitze mit quellenden Mitteln, so bleiben die geschilderten Strukturen bestehen; es kann sich also bei ihnen nicht um lockere Falten handeln, die durch mechanischen Zug ausgeglichen werden könnten.

Mit der beschriebenen Membranzeichnung haben wir eine Struktur kennen gelernt, die den Zenithpunkt unserer Zelle wie mit einem System konzentrischer Ringe umgibt. Ob es sich bei Entstehung dieser Zeichnungen lediglich um die Wirkung mechanischer Spannungen handeln mag, oder ob sie vielleicht mit Erscheinungen der Lamellensprengung in Verbindung zu bringen sind, wie wir sie von wachsenden Sproßscheiteln der *Bornetia* her, des von STRASBURGER (1882) untersuchten klassischen Objektes, und vielen anderen Algen schon lange kennen, muß fraglich bleiben.

Nicht nur diese konzentrischen Reifen, sondern auch andere Eigentümlichkeiten meines Objektes lehren uns, daß seine Membranen innen am Zenithpunkt der Zelle andere Eigenschaften haben als in kleinerem oder größerem Abstand von diesem. Ich erinnere hier an den Umstand, daß die innerste Spitze nicht an der Quellung teilnimmt, welche die vom Zenithpunkt weiter entfernten Anteile so stark deformiert, wie es z. B. Abb. 3 und 4 zeigen; ich erinnere ferner an unsere Beobachtungen über Lösung und Korrosion der *Codium*-Membranen, aus welchen wir auf besonders geringe Widerstandsfähigkeit der achsialen Anteile der Membran schließen konnten. Wir nehmen an, daß irgendwelche Qualitäten der Membran rings um den Zenithpunkt in strenger radiär symmetrischer Verteilung und Abstufung wechseln und einander ablösen und erklären uns mit dieser Annahme auch das Zustandekommen der durch Quellung und Lösung zustande kommenden Rotationsfiguren, von denen wiederholt zu sprechen war.

Daß die inneren Areale einer Zellwand und zumal der an die Außenwelt grenzenden Wände andere Eigenschaften aufweisen können als die äußeren Flächenanteile, ist eine bekannte und weit verbreitete Erscheinung, für die uns die aus der Mitte einer Zelle herauswachsenden Haare, die zentrale Ausbildung irgendwelcher Epidermispapillen, die Kieseleinlagerungen im Mittelpunkt der Epidermen von *Campanula persicifolia* (HEINRICHER, 1885) ebensogut Beispiele liefern wie die Kuppenfärbungen und Kuppenvererzungen der *Helodea*-Zellen (SCHÖNLEBER, 1937 u. a.). In diese Reihe vergleichbarer Erschei-

nungen glaube ich auch die an Zellen siphonalen Charakters auftretende Differenzierung, wie wir sie an *Codium* studiert haben, trotz allen Unterschieden stellen zu dürfen.

Gießen, Juli 1938.

Literaturverzeichnis.

Arcangeli, G. (1874): Su alcune alghe del gruppo della Celoblastee. Nuov. Giorn. bot. ital. **6**, 174.

Behrens, A. (1931): Zytologische Untersuchungen an Rhipidium europaeum (Cornu) v. Minden. Planta (Berl.) **13**, 745.

Borris, H. (1937): Beiträge zur Kenntnis der Wirkung von Elektrolyten auf die Färbung pflanzlicher Zellmembranen mit Thioninfarbstoffen. Protoplasma (Berl.) **28**, 23.

Correns, C. (1894): Über die Membran von Caulerpa. Ber. dtsch. bot. Ges. **12**, 355.

Franz, H. (1935): Beiträge zur Kenntnis des Dickenwachstums der Membranen. Flora (Jena) **129**, 287.

Heinricher, E. (1885): Ein reduziertes Organ bei Campanula persicifolia und einigen anderen Campanulaarten. Ber. dtsch. bot. Ges. **3**, 4.

Iterson jr., G. van (1936): Notes on the structure of the wall of algae of the genus Halicystis. Proc. roy. Acad. Amsterd. **39**, 1066.

Küster, E. (1898): Zur Anatomie und Biologie der adriatischen Codiaceen. Flora (Jena) **85**, 170.

— (1933): Über Zellsaft, Protoplasma und Membran von Bryopsis. (Beitr. z. Pathologie des Protoplasmas). Ber. dtsch. bot. Ges. **51**, 526.

— (1935): Die Pflanzenzelle. Jena.

Mirande, R. (1913): Recherches sur la composition chimique de la membrane et le morcellement du thalle chez les Siphonales. Ann. sc. nat., bot. sér. IX, **18**, 147.

Oltmanns, Fr. (1922): Morphologie und Biologie der Algen. Jena.

Schmidt, O. C. (1935): Neue oder bemerkenswerte Meeresalgen auf Helgoland. I. Hedwigia (Dresden) **75**, 150.

Schönleber, K. (1937): Beiträge zur Kenntnis der Manganvererzung der Pflanzenzellmembran. Protoplasma (Berl.) **27**, 599.

Strasburger, E. (1882): Über den Bau und das Wachstum der Zellhäute. Jena.

Vouk, V. (1935): A new Codium from Australia. Codium Schmidtii n. sp. Acta Botanica Inst. Bot. Univ. Zagrebensis **10**, 9.

Weber, R. (1929): Fadenziehen des Endoplasmas bei Spirogyra. Protoplasma (Berl.) **6**, 159.

Wichmann, L. (1937): Studien über die durch H-Stück-Bau der Membran ausgezeichneten Gattungen Microspora, Binuclearia, Ulotrichopsis und Tribonema. Pflanzenforschung **20**. Jena.

Wurdack, M. (1923): Chemical composition of the walls of certain algae. Ohio, Sci. **23**, 161.

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): Michel Werner

Artikel/Article: Membranstudien an Codium . 292-314