

UNIVERSITY OF WISCONSIN,

DEPARTMENT OF



# UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

## BOTANISCHEN INSTITUT ZU TÜBINGEN

HERAUSGEGEBEN

VON

PROFESSOR DR. W. PFEFFER.

LIBRARY  
OF THE  
No. 17693  
UNIVERSITY OF WISCONSIN

---

ZWEITER BAND.

MIT SECHS LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

---

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1886—1888.

7693

V

1779

2

# Inhaltsverzeichniss des zweiten Bandes.

## Heft I. (1886.)

	Seite
I. <i>G. Schröder</i> , Über die Austrocknungsfähigkeit der Pflanzen . . . . .	1
II. <i>O. Warburg</i> , Über die Bedeutung der organischen Säuren für den Lebensprocess der Pflanzen (speciell der sog. Fettpflanzen) . . . . .	53
III. <i>J. Brunchorst</i> , Über Wurzelanschwellungen von <i>Alnus</i> und den <i>Elaeagnaceen</i> . (Mit Tafel I.) . . . . .	151

## Heft II. (1886.)

IV. <i>W. Pfeffer</i> , Über Aufnahme von Anilinfarben in lebende Zellen. (Mit Tafel II.) . . . . .	179
V. <i>Georg Klebs</i> , Über die Organisation der Gallerte bei einigen Algen und Flagellaten. (Mit Tafel III und IV.) . . . . .	333

## Heft III. (1888.)

VI. <i>Stefan Jentys</i> , Über den Einfluss hoher Sauerstoffpressungen auf das Wachstum der Pflanzen. . . . .	419
VII. <i>Carl Hassak</i> , Über das Verhältnis von Pflanzen zu Bicarbonaten und über Kalkinerustation. . . . .	465
VIII. <i>Sándor Dietz</i> , Beiträge zur Kenntniss der Substratrichtung der Pflanzen	478
IX. <i>Georg Klebs</i> , Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle. (Mit Tafel V und VI.) . . . . .	489
X. <i>Douglas H. Campbell</i> , The staining of living Nucley . . . . .	569
XI. <i>W. Pfeffer</i> , Über chemotaktische Bewegungen von Bakterien, Flagellaten und Volvocineen. . . . .	582

V.

# Über die Organisation der Gallerte bei einigen Algen und Flagellaten.

Von

Georg Klebs.

Mit Tafel III und IV.

Der größere Theil der Algenformen, welche in unsern süßen Gewässern leben, zeichnen sich durch schleimige Beschaffenheit an ihrer Oberfläche aus. Je nach den einzelnen Fällen finden wir die verschiedenartigsten Verhältnisse ausgebildet, sowohl bezüglich der Menge des von einer Art gebildeten Schleimes, wie auch besonders in Hinsicht auf die Eigenschaften desselben. Die festen verzweigten Stiele vieler Diatomeen, die scharf begrenzten, oft sehr dicken Schleimscheiden der Conjugaten, die lockern, oft in riesiger Menge auftretenden Schleime von Protococcoiden geben einige Beispiele aus der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen. Die gewöhnliche Bezeichnung des betreffenden Bestandtheiles, als Schleim, beruht auf der Ähnlichkeit desselben mit dem bekannten Schleime der Samen. Die hauptsächlichste Eigenschaft des letzteren, die Aufquellung in Wasser, fehlt nun meistens dem Bestandtheil der Algen, der im Wasser unverändert bleibt und deshalb vielmehr als eine Art Gallerte zu bezeichnen ist. Die Unterscheidung wird dadurch nicht beseitigt, dass in vielen Fällen bei den Algen die Gallerte in einen stark aufquellenden Schleim sich verwandelt; hierfür ist augenscheinlich stets ein besonderer Prozess, sei er chemischer oder physikalischer Art, die Vorbedingung.

Gerade die gallertartigen Bestandtheile der Algen sind es, welche das Thema der vorliegenden Untersuchung bilden. In der Literatur finden sich außer der Beschreibung der äußerlichen Erscheinung keine ausführlicheren Angaben über den Bau, die Eigenschaften und die Entstehung. Im Allgemeinen besteht die Annahme<sup>1)</sup>, dass die Gallerthül-

1) Vergl. z. B. KIRCHNER in Kryptogamen-Flora von Schlesien, II, 4. 1878. p. 49—20.

len der Algen Umwandlungsprodukte der Zellwandschichten sind, analog wie die Schleime der Samen. In einer kleinen Abhandlung<sup>1)</sup> habe ich für die Desmidiaceen eine andere Entstehungsart nachzuweisen gesucht, nämlich durch Ausscheidung von Seiten des Cytoplasmas, wie sie bei den Flagellaten schon früher stets behauptet worden ist<sup>2)</sup>. — Am ausführlichsten sind von mir die Gallertscheiden der Zygnemen untersucht worden, welche in dem ersten Abschnitt der Abhandlung behandelt werden. In den darauf folgenden Kapiteln werden die bezüglichen Verhältnisse bei einigen anderen Algenfamilien und mehr beiläufig auch bei einigen Flagellaten geschildert.

### I. Die Gallertscheiden der Zygnemen.

Es ist seit lange bekannt, dass einige Arten von *Zygnema* von besonderen gallertartigen Hüllen umkleidet sind<sup>3)</sup>, während andere sich durch sehr dicke, geschichtete Zellhäute auszeichnen. An den normalen vegetativen Zellen der von mir untersuchten Arten ist die Zellhaut relativ dünn, nie deutlich geschichtet, und auf ihr liegt nach außen die Gallertscheide, ein von der Zellwand sehr scharf unterschiedenes Organ der Zelle, welches je nach den Arten in verschiedener, für ein und dieselbe Art meist in sehr konstanter Dicke und Lichtbrechung erscheint. Allerdings ist es bei den Zygnemen sehr schwierig, die Arten zu bestimmen, wenn nur die vegetativen Zustände vorliegen. So weit das der Fall ist, begnüge ich mich, die von mir für verschieden gehaltenen Formen mit Buchstaben zu bezeichnen.

Folgende Formen unterscheide ich hauptsächlich nach der Breite der Scheide.

#### *Zygnema A.*

Breite der Gallertscheide = 14 — 18  $\mu$ .

Die Fäden der *Zygnema A* zeichnen sich durch die sehr breite, aber zarte und schwach lichtbrechende Gallertscheide aus, welche auch bei der Mehrzahl den angegebenen Durchmesser bewahrt. Aber allerdings finden sich häufig darunter einzelne Fäden, bei welchen die Scheide weniger breit ist (10 — 12  $\mu$ , ja selbst nur 8  $\mu$ ). Es ist nicht zu entscheiden, in welchem Verhältnis diese schmälere Formen zu den breiten stehen; wahrscheinlich sind es nur individuelle Abweichungen. Zwei deutlich geschiedene Arten<sup>4)</sup>, welche in ihren vegetativen Zuständen sich nicht trennen lassen, gehören zu *Zygnema A*.

1) GEORG KLEBS, Über Schleimbildung und Bewegung der Desmidiaceen; Biologisches Centralblatt. IV. 1885.

2) Vergl. BÜTSCHLI, Protozoen in BRONN'S Klassen des Thierreichs. 2. Aufl. p. 684.

3) Vergl. besonders DE BARY, Untersuchungen über die Familie der Conjugaten. 1858. p. 9.

4) In der Literatur über Zygnemen habe ich diese beiden Formen nirgends er-

*α) Zygnuma vaginatum.*Breite der Zellen = 25 — 27  $\mu$ .

Die Zellen sind  $1\frac{1}{2}$  — 3mal so lang als breit. Die Kopulation ist leiterförmig, die Sporen liegen in den nicht besonders angeschwollenen Zellen des einen Fadens. Die Sporen sind etwas zusammengedrückt, rundlich bis elliptisch im Umriss und besitzen eine braune Mittelhaut mit grobnetzig-grubiger Struktur<sup>1)</sup> (III. Fig. 13).

*β) Zygnuma (Zygogonium) laete-virens.*Breite der Zellen = 27 — 34  $\mu$ .

Die Zellen sind  $1\frac{1}{2}$  — 3mal so lang als breit. Die Sporen liegen in dem relativ langen Kopulationskanal zwischen den nicht angeschwollenen kurzen Zellen. Die kugligen oder länglichen Sporen zeichnen sich durch den Besitz von 4 Häuten aus, einer äußeren farblosen weichen, einer zweiten braunen grob getüpfelten, einer dritten mit kleinen körnigen Erhabenheiten besetzten und einer vierten glatten weißen Innenhaut (III. Fig. 14).

*Zygnema B.*Breite der Scheide = 5 — 6  $\mu$ .Breite der Zellen = 24 — 23  $\mu$ .

Die Zellen sind  $2\frac{1}{2}$  — 5mal so lang als breit. Diese Form, welche ich mehrere Monate hindurch rein an einem Standort beobachtete, zeichnet sich durch die langgestreckten, sehr dünnwandigen Zellen aus mit schmaler, schwach lichtbrechender Gallertscheide. Die Sporen wurden bisher nicht gesehen.

*Zygnema C.*Breite der Scheide = 5 — 6  $\mu$ .Breite der Zellen = 39 — 42  $\mu$ .

Die Zellen sind  $1\frac{1}{2}$  — 3mal so lang wie breit. Zu dieser Form gehört das sehr verbreitete *Zygnema (Zygogonium) pectinatum*<sup>2)</sup>, welches auch als solches in seinen vegetativen Zuständen durch die breiten Zellen mit den massigen Chlorophyllkörpern, die hier und dort auftretenden braunen

wähnt noch abgebildet gefunden; ebenso wenig habe ich dieselben unter den zahlreichen Formen, welche in RABENHORST'S Algen-Dekaden getrocknet sind, nachweisen können. Ich sehe mich daher genöthigt, zwei neue Arten aufzustellen. Allerdings wäre es möglich, ja wahrscheinlich, dass die vegetativen Zellfäden schon bemerkt, ihre breite, relativ schwach lichtbrechende Scheide dagegen übersehen wäre. Aber da auch die Sporen nicht dabei erwähnt worden sind, ist es dann einfach unmöglich, die Identität darzulegen.

1) Ein kleiner, aber nicht durchgreifender Unterschied zwischen den vegetativen Fäden dieser und der folgenden Art besteht darin, dass bei der *Zygnema vaginatum* die Zellen an den Querwänden ein klein wenig schmaler sind, als in der Mitte der Seitenwände, so dass sie schwach tonnenförmig gewölbt erscheinen, während bei *Zygnema laete-virens* die Zellen meist gleichmäßig zylindrisch sind.

2) Vergl. DE BARY, Conjugaten p. 9.

Ruhezellen zu erkennen ist. Die Gallertscheide ist zwar schmal, tritt aber durch starke Lichtbrechung hervor, so dass gerade an dieser Form dieselbe schon in früherer Zeit von den Beobachtern gesehen worden ist.

#### *Zygnema D.*

Breite der Scheide = 1,8 — 3  $\mu$ .

Breite der Zellen = 25 — 29  $\mu$ .

Die Zellen sind  $4\frac{1}{2}$  — 3mal so lang als breit. Bei dieser Form erkennt man nicht ohne Färbung die Gallertscheide, die neben ihrer geringen Breite auch sehr schwach lichtbrechend erscheint.

### 4. Die Struktur der Gallertscheide.

Die Gallertscheiden erscheinen an den lebenden Zygnemafäden vollkommen homogen; vielfach treten allerdings einzelne zarte, aber scharf begrenzte Stäbchen in ihnen hervor, besonders häufig bei *Zygnema C*. Jedoch die genauere Untersuchung zeigt stets, dass es nur eingedrungene Bakterien sind<sup>1)</sup>. Die eigentliche Struktur wird erst sichtbar bei Anwendung von Färbungsmitteln und Reagentien, sie ist nicht bei allen Formen in gleichem Grade ausgebildet, sondern vorzugsweise bei *Zygnema A* und  $\beta$ , *B*. Bei diesen wurde die Struktur auf folgende Art und Weise nachgewiesen:

#### a) durch absoluten Alkohol.

Derselbe entzieht der Gallerte Wasser, sodass sie sich zusammenzieht, bei *Zygnema A* etwa um die Hälfte (III. Fig. 2c). Zugleich erscheint sie bei seitlicher Ansicht gleichmäßig zusammengesetzt aus feinen Stäbchen, die bei der Aufsicht als kleine Körnchen sich zeigen, und über welchen gewöhnlich noch eine zarte homogene Schicht liegt. Sowie wieder Wasser hinzutritt, quellen sichtbar die Stäbchen und zwar so lange, bis die ursprüngliche homogene Scheide wiederhergestellt ist. Genau dasselbe Verhalten spricht sich bei *Zygnema B* gegenüber Alkohol aus; jedoch habe ich die peripherische homogene Lage nicht bemerkt.

#### b) durch Glykose-Pepton.

Bei einem Aufenthalt der Zygnemen *A* in einer Lösung von 1% Glykose und 0,5 Pepton (häufig weiterhin als Glyk.-Ppt. bezeichnet) lagert sich in die Gallertscheide eine stickstoffhaltige Substanz ein. Zugleich tritt damit sehr klar und scharf die Stäbchenstruktur hervor. Mit Ausnahme einer peripherischen, nicht immer sichtbaren Schicht besteht die Scheide aus dichtgelagerten Stäbchen, welche je nach den Fäden bald sehr fein und gleichmäßig dick, bald auch stärker und nach außen allmählich verjüngt erscheinen (III. Fig. 2a, 2d). An den Stellen, welche den Querwänden

1) Solche Stäbchen sind besonders in der Gallertscheide von der *Spirogyra orthospira* NÄGELI häufig beobachtet und ihre Bakteriennatur von STRASBURGER nachgewiesen worden (Bau und Wachstum der Zellhäute. 1882. p. 69).

entsprechen, und welche durch eine kleine Einbuchtung an der Peripherie der Scheide gekennzeichnet sind, neigen gewöhnlich die angrenzenden Stäbchen konvergierend gegen einander (III. Fig. 2 a). Bisweilen sind überhaupt in der ganzen Scheide eines Fadens die Stäbchen in einzelnen Gruppen angeordnet, jede aus einem Bündel von oben auseinander strahlenden Stäbchen gebildet (Fig. 2 b).

Bei jenen Formen von *Zyg. A*, welche eine schmalere Scheide besitzen, zeigen sich bei der Seitenansicht entsprechend kürzere Stäbchen. Bei der Aufsicht treten dieselben aber nicht als nebeneinander liegende Körnchen auf; vielmehr erblickt man ein deutliches Netzwerk, dessen Maschen je nach Zellen und Fäden sehr verschieden eng, dessen Balken meist deutlich geschlängelt sind (III. Fig. 4 b). In den ausgesprochenen Fällen nimmt das Netzwerk den inneren Theil der Scheide ein, von welchem nach außen stäbchenartige Elemente ausgehen, wie es scheint, besonders von den Schnittpunkten des Netzes aus.

#### c) Durch Farbstoffe.

Am intensivsten färben Methylviolett, Methylenblau, Vesuvin die Gallertscheide. Verdünnte Lösungen, besonders der beiden ersteren, rufen die Färbung an lebenden Fäden hervor, ohne für kurze Zeit zu schädigen. Zunächst lagert sich der Farbstoff vollkommen homogen in die Scheide ein. Steigert man jedoch die Konzentration, so tritt sehr bald die Stäbchenstruktur sowohl bei *Zyg. A* wie *B* ausgezeichnet hervor. Sehr merkwürdig ist die Wirkung der Farbstoffe bei noch größerer Konzentration, insofern eine allmähliche Kontraktion der ganzen Scheide merkbar wird. Hierbei muss das Wasser derselben in einem noch höheren Grade durch den Farbstoff verdrängt resp. ausgetrieben werden, als bei der Wirkung des absoluten Alkohol, da bei *Zyg. A* die durch den Farbstoff kontrahierte Scheide schmaler ist, als die mit Alkohol behandelte <sup>1)</sup>. Augenscheinlich geht aber im ersteren Falle ein ganz anderer Prozess vor sich, da die Stäbchen selbst nicht unverändert bleiben, sondern sich anscheinend zusammenlegen zu einzelnen dickeren Gruppen. Denn der Unterschied in der Dicke der Stäbchen bei schwacher und starker Färbung ist größer, als der Kontraktion eines einzelnen Stäbchens entsprechen würde (vgl. III. Fig. 5 schwach gefärbt, Fig. 6 intensiv gefärbt; a Aufsicht, b Seitenansicht). Nach dem Auswaschen des Farbstoffes nimmt die Scheide allmählich ihr normales Aussehen an.

*Zyg. B* zeigt nach Behandlung mit Farbstoffen wesentlich dieselbe Struktur, wie sie vorhin für die schmalere Formen von *Zyg. A* angegeben wurde, d. h. ein sehr verschieden enges Netzwerk, von welchem an den Netzpunkten oder häufig an allen Balken kleine Stäbchen sich erheben (III. Fig. 4 a). Im Einzelnen finden sich mannigfache Verschiedenheiten, von

1) Die mit Vesuvin schwach gelb gefärbte Gallertscheide von *Zyg. A* hatte eine Breite von  $16 \mu$ , die intensiv braurothe hatte ihre Breite bis auf  $2,7 \mu$  verengert, was auf eine ganz enorme Kontraktion hinweist.

denen hier übrigens nicht festgestellt ist, inwieweit sie von der Individualität der Zelle oder der Wirkung verschiedener Konzentration abhängig sind. Ein häufiges Vorkommen zeigt sich darin, dass statt des Netzes mit runden Maschen ein solches mit engen und sehr lang gestreckten sichtbar ist, wobei die Balken als lange schief zur Zellachse verlaufende, etwas gewellte Fäden erscheinen (III. Fig. 4 b).

d) Durch Einlagerung von Thonerde-, Chromoxyd-, Eisenoxyd-Verbindungen.

Bei der Einlagerung verschiedener unlöslicher Verbindungen in die Gallertscheide (näheres folgt weiter unten) vertheilen sich die einen Niederschläge homogen; die oben genannten rufen sehr scharf die mehrfach berührte Struktur hervor. Die Scheide von *Zyg. B* verhält sich nach Einlagerung von borsauerm Chromoxyd, ferner Chromoxydhydrat, Thonerde, Eisenoxydhydrat wie nach Färbung mit Methylviolett. Das Netzwerk ist verschieden eng, auf den Balken erheben sich die Stäbchen. Bei Einlagerung von phosphorsaurem, arsensaurem Chromoxyd erschien das Netzwerk relativ grobmaschig, seine Balken fast glatt, während bei der Seitenansicht weit auseinander stehende Stäbchen sichtbar waren, welche den Schnittpunkten des Netzes entsprachen und durch nach außen konkave Lamellen verbunden schienen. Bei *Zyg. A*  $\alpha$  und  $\beta$  tritt nach Einlagerung von Thonerde, Eisenoxydhydrat, Chromoxydhydrat die Stäbchenstruktur sehr deutlich hervor.

Als Resultat der Untersuchung ergibt sich, dass die Gallertscheide von *Zyg. A* und *B* eine bestimmte Organisation besitzt, welche darin hervortritt, dass in einer Grundsubstanz sich Elemente finden, welche sich durch besondere Dichte und größere Anziehungskraft für Farbstoffe, gewisse stickstoffhaltige Substanzen, Thonerde-Chromoxydverbindungen auszeichnen. Diese Elemente erscheinen entweder als isolirte Stäbchen oder als solche Stäbchen, welche in dem inneren Theil der Scheide zu einem Netzwerk vereinigt sind.

Nicht so auffällig erweist sich die Struktur der Gallertscheide von *Zyg. C*. In absolutem Alkohol zieht sie sich sehr stark zusammen, so dass sie neben der Zellwand kaum bemerkbar ist, zeigt dann aber deutlich eine Zusammensetzung aus Körnchen, welche bei Wasserzutritt wieder verquellen. Methylenblau und Thonerde- und Chromoxydverbindungen rufen keine deutliche Stäbchenstruktur hervor, die jedoch bei sehr starker Einlagerung von Eisenoxydhydrat eintritt, welche stattfindet, wenn man die Zygneten in 0,4 % essigsauerm Eisenoxyd kultivirt. Die körnige Struktur, welcher bei seitlicher Ansicht eine zarte Streifung entspricht, findet sich auch in Gallertscheiden, welche in Glyk.-Ppt. gelegen haben. Die Auffassung ist daher berechtigt, nach der auch bei *Zyg. C* dieselbe Organisation wie bei *Zyg. A* und *B* vorhanden ist, mit dem Unterschiede, dass die stäbchenartigen Elemente sehr fein und dicht gelagert sind.

An der sehr zarten und schmalen Gallertscheide von *Zyg. D.* konnte bisher keine deutliche Struktur beobachtet werden.

## 2. Die Eigenschaften der Gallertscheide.

Zu einer näheren Untersuchung der Eigenschaften der Gallertscheide gab eine merkwürdige Erscheinung Veranlassung, welche von Prof. PFEFFER zuerst gesehen wurde und die er dann so freundlich war, mir zur weiteren Erforschung zu überlassen. Er machte die Beobachtung, dass bei lebenden Zygneten, in deren Gallertscheide er Berliner Blau, resp. Turnbull's Blau niederschlug, nach 1—2 Tagen die Scheide mitsamt dem Niederschlage durch einen Quellungsvorgang abgestoßen wurde; zugleich trat eine Verfärbung des Berliner Blaus in ein schmutziges Gelb ein. Es kam darauf an, über die Ursachen, den Verlauf dieser Quellungserscheinungen sich Klarheit zu verschaffen.

### A. Methode der Einlagerung.

Die Methode ist im Prinzip dieselbe, welche in der Farbentechnik zur Erzeugung des Berliner Blaus in vegetabilischen Geweben angewandt wird, und welche LEBER<sup>1)</sup> für die Untersuchung der Hirnhaut gebraucht hat. PFEFFER<sup>2)</sup> modifizierte die Methode in der Weise, dass das Berliner Blau in die peripherischen Zellhüllen lebender Zellen niedergeschlagen werden konnte, ohne dieselben dadurch zu schädigen. Nach seinen Versuchen ist es das Geeignetste, verdünnte Lösungen (0,2—0,25 %) von milchsaurem Eisenoxydul und Ferridcyankalium anzuwenden. Von den Zygneten wird eine Anzahl mit einem Faden in der Mitte zusammengebunden, während 1—2 Minuten in das Eisensalz getaucht, dann einen Moment durch frisches Wasser gezogen und jetzt in das Ferridcyankalium gebracht. In der Gallerte, die Eisensalz imbibirt enthält, schlägt sich das Turnbull's Blau nieder, in sehr geringer Menge aber vollständig fixirt. Aus der Lösung von Ferridcyankalium bringt man die noch kaum gefärbten Zygneten wieder in das Eisensalz und wieder zurück, und so gelingt es durch mehrmalige Wiederholung des Prozesses, die Gallertscheide tief blau zu färben. Die wesentlich ungeschädigten Zygneten werden dann in reinem Wasser weiter kultivirt.

Nach derselben Methode kann man die verschiedenartigsten anorganischen wie organischen Verbindungen in die Gallertscheide lebender Zygneten niederschlagen. Die Konzentration der angewandten Lösung richtete sich nach der Schädlichkeit derselben und schwankte zwischen 0,4 und 0,5 %. In sehr schädliche Flüssigkeiten wurden die Algen auch nur sehr kurze Momente, dann aber häufiger wiederholt eingetaucht, wobei jedoch kleine Pausen gemacht wurden, in denen die Algen in reinem Wasser von der etwa in's Innere eingedrungenen Substanz sich wieder befreien konnten.

1) Vergl. GIERKE, Färberei zu mikroskopischen Zwecken. 1885. p. 77, 89.

2) Vergl. PFEFFER, Über Aufnahme von Anilinfarben, dieses Heft p. 277.

Im allgemeinen zeichnen sich die Zygmenen gerade in Folge des Besitzes ihrer Gallertscheide dadurch aus, dass die Salzlösungen relativ langsam in das Zellinnere eindringen, langsamer z. B. als bei den meisten Spirogyren, die sehr viel leichter absterben. So ist es möglich, Blei-, Schwefel-Verbindungen in die Scheide niederschlagen, selbst mit Hilfe sehr verdünnten Alkalis Metalloxyde, wenn auch im letzteren Falle immer nur ein kleinerer Theil der Fäden den Prozess lebend übersteht.

### B. Verfärbung und Verquellung.

Wie oben kurz bemerkt wurde, befreien sich die Zygmenen, in deren Scheide Berliner Blau<sup>1)</sup> vorhanden ist, von demselben, indem die Gallertmasse in Quellung geräth und in faltigen weit abstehenden Massen abgestoßen wird (III. Fig. 42), in denen der Niederschlag enthalten ist. Die Verfärbung des Berliner Blaus, welche zugleich dabei beobachtet wurde, beruhte auf einer Zersetzung desselben, durch die es in Eisenoxydhydrat übergeführt worden war. Fügte man Ferrocyankalium und etwas Salzsäure hinzu, so wurde in der Gallerte das Berliner Blau regenerirt.

Diese Zersetzung konnte nach bekannten Erfahrungen nur von einem Alkali herrühren, was dadurch bewiesen wurde, dass, wenn man die blau gefärbten Zygmenen in schwach sauren Flüssigkeiten (z. B. in 0,02 % Zitronensäure, 0,04 % Weinsäure, 0,004 % Phosphorsäure, am einfachsten in 0,05—0,4 % Dikaliumphosphat) kultivirte, die Verfärbung der abgestoßenen Gallerte nicht eintrat. Dagegen ging die Zersetzung sehr viel lebhafter vor sich bei der Kultur der anfangs blauen Algenfäden in 0,04—0,4 % kohlen-saurem Natron. Darnach musste ein Alkali bei der Verfärbung betheilig-t sein und der Gedanke lag nahe, dass dasselbe auch die Verquellung herbeifüh-re. Jedoch wurde diese Annahme widerlegt dadurch, 1) dass in Alkali lösliche Verbindungen, wie Chromgelb, nach der Abstoßung in der Gallerte sich unverändert vorfanden; 2) dass die Lösung des in die Scheide einge-lagerten Chromgelbs durch Alkali bei vorher getödteten Zygmenen keine Verquellung bewirkte; 3) vor allem dass durch Alkali nicht zersetz-bare Verbindungen wie phosphorsaure Kalk, phosphorsaures Uranyl die Ab-stoßung der Gallerte hervorriefen.

Die Untersuchung zeigte, dass die Zersetzung des Berliner Blaus nur eine sekundäre Erscheinung ist, welche dadurch bedingt wird, dass das Wasser in der Gallerte sowie in deren Umgebung infolge der Assimilation der Algen alkalisch wird. Mit Sublimat getödtete, blau gefärbte Zygmenen entfärben sich in schwach alkalischem Wasser (0,4 % Kali), ohne Verquellung zu zeigen. In der Dunkelheit tritt keine Verfärbung ein, wenn man für neutrale oder schwach saure Reaktion des Wassers Sorge trägt. Es ist eine leicht zu beobachtende Thatsache, dass die im Licht assimilirenden

1) Ich spreche im Folgenden stets nur von Berliner Blau, da dieses und das Turnbull's Blau, das ich häufiger anwandte, sich vollständig gleich verhalten.

Algen das Wasser alkalisch machen, wenn man etwas wässrige Phenolphthaleinlösung zufügt. In dem Maße wie die Assimilation vor sich geht, nimmt das Wasser eine tief rothe Farbe an, welche allmählich verschwindet bei anhaltender Verdunkelung. Es erklärt sich die Erscheinung einfach daraus, dass die Algen nicht bloß die im Wasser absorbirte, sondern auch zum Theil die an die sauren kohlensauren Salze gebundene Kohlensäure an sich ziehen, infolgedessen die alkalisch reagirenden Verbindungen entstehen, während im Dunkeln durch die Athmung der umgekehrte Prozess sich geltend macht. Bei der äußerst feinen Vertheilung und der, absolut genommen, sehr geringen Menge des Berliner Blaus in der Gallerte genügt ein sehr schwaches Alkali zu seiner Zersetzung.

Jedenfalls muss eine andere Ursache bei der Abstoßung des Niederschlages thätig sein. Die angewandten Lösungen selbst spielten ebenfalls keine Rolle dabei, da in Kulturversuchen der Zygomen in 0,25% milchsaurem Eisenoxydul und 0,25% Ferridcyanalium, worin die Algen 16—48 Stunden lebend aushalten, keine Veränderung der Gallertscheiden zu beobachten war. Die zunächst liegende Frage war, ob die Verquellung überhaupt durch die bestimmte chemische Natur des Niederschlages bedingt sei.

### C. Einlagerung verschiedenartiger Niederschläge.

Nach der früher angegebenen Methode und den aus den Lehrbüchern der Chemie bekannten Reaktionen wurden hauptsächlich in der Gallertscheide von *Zyg. B.* und *C.* sehr verschiedene Verbindungen niedergeschlagen, von denen ein Theil die Abstoßung durch Verquellung der Gallerte hervorrief, ein anderer Theil dagegen nicht.

Folgende Niederschläge wurden von *Zyg. B.* abgestoßen.

Art der Niederschläge.	Angewandte Lösungen.	Aussehen der Gallertscheide.
Phosphorsaurer Kalk	0,5 salpetersaurer Kalk	weiß, feinkörnig. 1)
	0,5 Dikaliumphosphat	
Schwefelzink	0,25 Zinkvitriol	hell bräunlich feinkörnig.
	Schwefelwasserstoffwasser	
Schwefelcadmium	0,25 borwolframs. Cadmium	gelb, anscheinend homogen.
	Schwefelwasserstoffwasser	
Arsensaur. Bleioxyd	0,25 essigs. Blei	weiß, feinkörnig.
	0,25 arsens. Kali	
Phosphorsaures -	0,25 essigs. Blei	weiß bis hell bräunlich, feinkörnig.
	0,25 Dikaliumphosphat	
Molybdänsaures -	0,25 essigs. Blei	hell bräunlich, feinkörnig.
	0,25 molybdäns. Ammoniak	

1) Die Bezeichnung fein-, grobkörnig, homogen wurde nach dem Aussehen bei Untersuchung mit Wasser- resp. Ölimmersion bestimmt.

Art des Niederschlages.	Angewandte Lösungen.	Aussehen der Gallertscheide.
Vanadinsaures Bleioxyd	0,25 essigs. Blei 0,25 vanadins. Ammoniak	gelblich, feinkörnig, an der Peripherie krustenartig.
Chromsaures (Chromgelb)	0,25 essigs. Blei 0,25 chroms. Kali	gelb, homogen bis feinkörnig.
Schwefelblei	0,25 essigs. Blei Schwefelwasserstoffwasser	braunschwarz, sehr feinkörnig.
Arsensaures Kupferoxyd	0,1 essigs. Kupfer 0,2 arsens. Kali	gelbgrünlich, feinkörnig.
Schwefelkupfer	0,1 essigs. Kupfer Schwefelwasserstoffwasser	braunschwarz, feinkörnig.
Phosphorsaure Thonerde	0,5 Alaun 0,5 Dikaliumphosphat	weiß, Stäbchenstruktur.
Phosphorsaures Uranyl	0,25 salpeters. Uran 0,25 Dikaliumphosphat	weiß, feinkörnig.
Ferrocyanzink	0,25 Ferrocyankalium 0,25 Zinkvitriol	weiß, feinkörnig.
Ferrocyanblei	0,25 Ferrocyankalium 0,25 essigs. Blei	weiß, sehr grobkörnig.
Ferrocyankupfer	0,2 Ferrocyankalium 0,2 essigs. Kupfer	rothbraun, feinkörnig.
Ferridcyaneisen (Turnbull's Blau)	0,25 Ferridcyankalium 0,25 milchs. Eisenoxydul	blau, homogen.
Ferrocyankobalt	0,25 Ferrocyankalium 0,25 schwefels. Kobalt	hell bläulichgrün, feinkörnig.
Alizarin-Bleioxyd <sup>1)</sup>	0,2 essigs. Blei Alizarinlösung <sup>2)</sup>	rothviolett, homogen.
Karmin-	0,2 essigs. Blei Kochenille-Extrakt	blauviolett, homogen.
Hämatein-	0,2 essigs. Blei 0,1 Hämatein	blau, homogen.
Brasilin-	0,2 essigs. Blei Gelbholz-Extrakt	rosa, homogen.
Gerb-saurer Leim	0,5 Leimlösung 0,25 Tannin	gelbbräunlich, feinkörnig.

1) Bei den Verbindungen der Gerbstoffe mit Metalloxyden habe ich mich einfach begnügt, den Namen des Farbstoffes mit dem des Oxydes zu verbinden, ohne auf die chemische Natur der Verbindung näher einzugehen.

2) Alizarin in Wasser; das eine Spur Alkali enthält, gelöst.

Folgende Verbindungen werden von *Zygnema C.* abgestoßen.

Zinkoxydhydrat,  
 Borsaures Bleioxyd,  
 Chromsaures Bleioxyd,  
 Kieselsaures -  
 Phosphorsaure Thonerde,  
 Kieselsaure -  
 Borsaure -  
 Molybdänsaures Eisenoxyd,  
 Vanadinsaures Eisenoxydul,  
 Kohlensaures Kobaltoxydul,  
 Phosphorsaures -  
 Manganoxyduloxydhydrat,  
 Berliner Blau,  
 Ferrocyankobalt,  
 Katechu-Bleioxyd,  
 Katechu-Eisenoxyd,  
 Kroceinscharlach-Bleioxyd,  
 Hämatein- -  
 Hämatoxylin- -  
 Gerbsaures Blei,  
 Gerbsaures Pepton,  
 Gerbsaures Methylenblau,  
 Albumin-Bleioxyd.

Die Abstoßung der Niederschläge geht in den einzelnen Versuchen nicht bei allen Verbindungen in gleicher Weise vor sich, worauf ich noch später zurückkommen werde. Hier ist nur hervorzuheben, dass auch bei den sehr schädlichen Kupfer-, Schwefelverbindungen an einer Anzahl lebend gebliebener Fäden unzweifelhafte Abstoßung beobachtet wurde. Zunächst ergibt sich als wichtige Thatsache, dass die allerverschiedenartigsten Verbindungen durch Quellung der Gallertscheide von den Zygnumen abgestoßen werden, so dass ein Einfluss des chemischen Charakters bei diesem Vorgang von vorn herein ausgeschlossen erscheint. Abgesehen von ganz wenigen Fällen, in denen sekundäre Erscheinungen eintreten, findet auch während der Abstoßung, resp. durch dieselbe keine chemische Veränderung des Niederschlages statt<sup>1)</sup>. Vielmehr wird man zu der Vorstellung gedrängt,

1) Solche Veränderungen traten außer bei Einlagerung von Berliner Blau und dem analog sich verhaltenden Ferrocyuran bei jenen Zygnumen hervor, in deren Scheide Schwefeleisen oder Schwefelblei niedergeschlagen wurde. Im ersteren Falle wird die Gallerte entfärbt, in den stets dabei absterbenden Zellen treten schwarze glänzende Körner auf. Dieser Zersetzungsprozess geht im Licht schneller vor sich, als im Dunkeln und erfolgt auch bei vorher getödteten Zygnumen. Analog ist die

dass das Vorhandensein fester Körpertheilchen zwischen den Theilchen der Gallertscheide die mechanische Veranlassung von Prozessen ist, welche mit der Abstoßung der Scheide sammt Niederschlag ihr Ende finden. Diese Anschauung wurde bestätigt resp. erweitert durch das Verhalten einiger anderer Niederschläge, welche nicht homogen oder in äußerst feinen Körnchen sich in die Gallerte einlagerten, sondern in Form von deutlich sichtbaren Kryställchen. Solche ausgebildet krystallinischen Niederschläge werden nicht in bestimmter Weise durch einen Quellungsprozess abgestoßen, sondern bleiben wochenlang unverändert in der Gallerte, aus der sie schließlich nach und nach verschwinden.

Folgende Niederschläge zeigten das angegebene Verhalten:

bei Zyg. B.	bei Zyg. C.
Schwefelsaures Bleioxyd	Schwefelsaurer Baryt,
Benzoesaures Bleioxyd	Chromsaurer Baryt
Jodblei	Kohlensaurer Kalk
	Oxalsaurer Kalk
	Bas. kohlen-saures Bleioxyd
	Weinsaures Bleioxyd
	Jodsaures Bleioxyd.

Sehr klar ergibt sich der Einfluss der Form, in welcher der Niederschlag in der Gallerte erscheint, bei einem Vergleich der verschiedenen Bleioxydverbindungen, welche mit Vorliebe von mir angewandt worden sind, weil sie sehr schwer löslich sind und leicht aus verdünnten Lösungen ausfallen. In der Menge der geprüften Bleisalze finden wir eine ganz allmähliche Stufenreihe von dem grobkrySTALLINISCH sich einlagernden weinsauren Blei oder Jodblei bis zu dem sehr fein, häufig homogen vertheilten Chromgelb. Die grobkörnigen Niederschläge bewirken keine Veränderung der Gallerte, die feinkörnigen werden abgestoßen. Etwa auf der Grenze von beiden Gruppen steht Ferrocyanblei, dem sich auch borsaures Blei anzuschließen scheint. Beide finden sich in Form deutlich erkennbarer Körner, resp. von Nadelchen in der Gallerte und fallen leicht heraus, so dass ich bei den ersten Versuchen mit Ferrocyanblei überhaupt keine Abstoßung zu beobachten glaubte. Erst bei ungestörtem Liegen der Fäden auf dem Objektträger sah man eine die Körner enthaltende Schicht blasig abgehoben oder in hautartigen Fetzen abgestoßen, welche mit Methylenblau sich deutlich färbten. Mit der Größe der noch sichtbaren Theilchen des Niederschlages steht auch die Fähigkeit desselben im Zusammenhange, mit Hülfe weniger Gallertmasse zu einer hautartigen Schicht verklebt zu werden, was

Zersetzung des Schwefelbleis, welche hauptsächlich im Licht vor sich geht, wobei die Fäden schnell absterben und die Gallerte keine Verquellung zeigt, während letzere bei einer gleichzeitigen, aber dunkel gehaltenen Probe zu Stande kommt. Bei der Zersetzung wird die Gallerte entfärbt, der Zellinhalt färbt sich rothbraun.

für die Abstoßung ebenfalls eine Vorbedingung ist. Fällt man aus sehr verdünnten Lösungen (0,1—0,2%) den schwefelsauren Baryt, so lagert er sich in der Gallerte in einzelnen größeren Krystallen ab, welche zu groß und zu schwer sind, um leicht mit einander zu verkleben, während bei Fällung aus 1% Lösung die Theilchen kleiner sind und sehr viel dichter sich einlagern, so dass man mitunter an einzelnen Stellen in der That ein blasenförmiges Abheben einer gallerthaltigen Krystallschicht beobachtet.

Der Anschauung, dass wesentlich die physikalische Natur des Niederschlages bei dem Abstoßungsprozess maßgebend ist, scheint nun auf den ersten Blick das Verhalten einiger anderer Niederschläge zu widersprechen, welche sämmtlich außerordentlich fein vertheilt in die Gallertscheide sich einlagern und doch nicht oder nur in sehr beschränktem Maße abgestoßen werden. Am schärfsten spricht sich das Verhalten solcher Verbindungen bei *Zygnema B.* aus. Folgende Salze wurden bei mehrfach wiederholten Versuchen nicht abgestoßen:

Eisenoxydhydrat	Thonerde	Chromoxydhydrat
Eisenoxydhydrat-Hämatoxylin	Thonerde-Alizarin	Arsensaures Chromoxyd
Arsensaures Eisenoxyd	Arsens. Thonerde	Borsaures -
Benzoesaures -	—	Chromsaures -
Borsaures -	Gerbsaures Eisen	Phosphorsaures -
Phosphorsaures -	Gerbsaures Kupfer	—
Schwefeleisen	Gerbsaures Blei	Ferrocyanuran
Katechueisenoxyd	—	
Weinsaures Antimonyleisen		

Von diesen Verbindungen gehört der größte Theil ihrer Basis nach zu den Oxyden der drei Metalle Eisen, Aluminium, Chrom, gerade solche Elemente, welche einer gemeinsamen chemischen Gruppe angehören und deren Verbindungen in physikalischer Beziehung sich durch ihre gallerartige Natur auszeichnen. Dieselben Metalloxyde sind es auch, welche von den vegetabilischen Gewebefasern mit so großer Kraft fixirt werden, dass sie eine höchst ausgedehnte Anwendung als Beizen zur Erzeugung echter Farben auf Baumwolle in der Färbetechnik finden. Die Gallertscheiden der Zygmenen verhalten sich in dieser Beziehung ähnlich der Baumwolle, insofern eine echte Färbung mit Alizarinroth, Hämatoxylinblau, Katechubraun nur möglich ist nach vorhergehender Beizung und hierfür die genannten Metalloxyde am geeignetsten sind, weil die Gallerte wie die Zellhaut eine spezifisch lebhaftere Anziehungskraft auf diese Oxyde ausüben. Sehr klar tritt diese Anziehung z. B. hervor, wenn man die Zygmenen in 0,1% essigsaurem Eisen kultivirt. Nach 24 Stunden hat sich die Scheide intensiv gelbroth gefärbt, indem sie aus der leicht zersetzbaren Verbindung das Eisenoxydhydrat herauszieht und in sich fixirt. So vermag auch die Scheide Alaun zu fixiren, weshalb Hämatoxylin, das für sich nicht färbt, bei Alaun-

zusatz die Gallerte tief blau färbt<sup>1)</sup>). Aber auch aus einer anderen Erscheinung folgt die spezifische Verwandtschaft der Gallertscheide zu den drei Oxyden. Sie nebst ihren Salzen sind die einzigen Verbindungen (von den Farbstoffen abgesehen), welche bei *Zygnema B.* die Stäbchenstruktur hervorrufen (vergl. p. 338) was darauf hinweist, dass bestimmte Bestandtheile der Scheide diese Anziehungskraft ausüben, und zwar sind es gerade diejenigen, auf welchen, wie wir sehen werden, die wesentlichsten Eigenschaften der Gallerte beruhen. Am schärfsten treten die Strukturen bei Chromoxyd-, dann bei Thonerdeverbindungen auf, nicht immer bei Eisenoxydsalzen, bei denen, wie es scheint, dazu eine besonders intensive Einlagerung nothwendig ist. In der neueren Zeit neigt man dazu, die Vereinigung der vegetabilischen Faser mit den Metalloxyden nicht als eine chemische Verbindung aufzufassen, sondern als eine solche, welche auf der physikalischen Eigenschaft der Oberflächenanziehung beruht, ohne dass übrigens diese selbst bisher näher erklärt worden ist<sup>2)</sup>. Jedenfalls können wir wohl mit Recht sagen, dass die spezifische Verwandtschaft der Eisenoxyd-, Thonerde-, Chromoxyd-Verbindungen mit der Gallertscheide die Veranlassung ist, dass diese Niederschläge nicht abgestoßen werden<sup>3)</sup>.

Eine zweite Gruppe jener Verbindungen, welche, einmal eingelagert, in der Scheide unverändert bleiben, stellen gewisse gerbsaure Salze dar. Für dieselben gilt im wesentlichen das Gleiche, wie für die Metalloxyde. Denn auch die Gerbsäure wird mit besonderer Vorliebe von vegetabilischen Zellhäuten festgehalten; auch sie findet als Beize besonders für zahlreiche sonst so schwer fixirbare Anilinfarbstoffe eine große Anwendung in der Technik. Die Gallerte der Zygnemen wie überhaupt die der verschiedenartigsten niederen Organismen besitzen dieselbe Verwandtschaft, was man mitunter sehr mit Vortheil zum Nachweis benutzen kann<sup>4)</sup>.

1) Vergl. auch GIERKE, Färberei zu mikroskopischen Zwecken. 1885. p. 242.

2) Über die ganze Frage vergl. GIERKE, Färberei zu mikroskopischen Zwecken. p. 185—249.

3) Wenn in dieselbe Gallertscheide von *Zyg. B.* ein die Abstoßung hervorruferender und ein dieselbe nicht bewirkender Niederschlag eingelagert wird, so wird durch den ersteren dennoch die Quellung der Gallerte veranlasst und der andere Niederschlag mitgerissen. So geschieht es z. B. bei Einlagerung von Chromgelb und Thonerde, wobei es gleichgültig ist, ob zuerst Chromgelb oder die Thonerde niedergeschlagen wird, ebenso auch bei Einlagerung von Thonerde und vanadinsaurem Blei. Dagegen bei Berliner Blau und Thonerde, ferner Eisenoxydhydrat und Chromgelb wurde nur eine geringe Verquellung beobachtet.

4) Obwohl Tanninlösung mit manchen Anilinfarbstoffen, wie Methylenblau, Vesuvin, Fällungen gibt, so bleibt doch bei Gegenwart überschüssiger Gerbsäure das gerbsaure Salz zum Theil in Lösung und dieselbe kann nun als treffliches Färbemittel dienen, da der Farbstoff gleich fixirt wird. Besonders angewendet habe ich mehrfach gerbsaures Vesuvin, weil damit manche sonst schwer färbbare Gallerte, wie z. B. von *Gonium*, sich sicher nachweisen lässt. Doch haben diese Lösungen den Übelstand, dass sie nur kurze Zeit sich halten.

Jedoch gibt es nun von den eben besprochenen Erscheinungen Ausnahmen, welche bis jetzt nicht näher zu erklären sind. Unter den Verbindungen der Eisengruppe sowie des Tannins gibt es einige, die abgestoßen werden, so von *Zygnema B.* die phosphorsaure Thonerde, der gerbsaure Leim (letzterer allerdings sehr ungleichmäßig). Andererseits verhalten sich andere *Zygnema*-Arten in etwas abweichender Weise. So besitzt *Zygnema C.* im allgemeinen eine größere Abstoßungsfähigkeit als *Zyg. B.* Unzweifelhaft Abstoßung wurde beobachtet nach Einlagerung von molybdänsaurem, phosphorsaurem Eisenoxyd, vanadinsaurem Eisenoxydul, phosphorsaurer, borsaurer Thonerde, phosphorsaurem Chromoxyd. Allerdings geht die Abstoßung selten so allgemein vor sich, wie etwa bei Chromgelb, Berliner Blau. Noch sehr viel spärlicher, in manchen Versuchen gar nicht tritt die Abstoßung bei Eisenoxydhydrat, Thonerde, Chromoxydhydrat, borsaurem Eisen und Chromoxyd, vanadinsaurem Eisenoxyd, ferner bei gerbsaurem Eisen, Ferrocyanuran auf, so dass man in der That auch für *Zygnema C.* behaupten kann, dass bei den Verbindungen der drei Elemente die Abstossung auffallend beschränkt ist.

Von den verschiedenen Faktoren, welche dem verschiedenen Verhalten der einzelnen Arten zu Grunde liegen und welche vorläufig nicht genügend erkannt sind, will ich nur auf einen, der möglicherweise eine Rolle dabei spielt, hinweisen. Die genannten Verbindungen der Eisengruppe, sowie die Tanninsalze üben einen merkwürdig schädlichen Einfluss auf die lebenden Zellen aus und zwar in einem Grade, der in keinem Verhältnis steht zu der geringen Schädigung, welche durch die Art und Weise der Methode herbeigeführt wird. Vielmehr ist es augenscheinlich, dass die besonders fixe Einlagerung der Niederschläge tödtlich auf die Zellen einwirkt. Je weniger widerstandsfähig überhaupt die betreffende Algenart ist, um so schneller erfolgt der Tod. *Zygnema B.* gehört zum Beispiel zu den zarten Arten; sie kränkelt resp. stirbt größtentheils schon ab, selbst wenn ich nur wenig gerbsaures Eisen in ihre Gallerte niederschlug, aus Lösungen von 0,05 % milchsaurem Eisenoxydul, welches durch längeres Stehen oxydhaltig geworden war, und 0,05 % Tannin, also Lösungen, in denen die Algen tagelang aushalten. *Zygnema C.* mit ihren relativ dicken Membranen ist sehr viel widerstandsfähiger allen Verhältnissen gegenüber, erhält sich auch nach Einlagerung von gerbsaurem Eisen länger lebend und zeigt dann in der That ab und zu Spuren von Abstoßung. Jedoch ist hervorzuheben, dass mit dem schnellen Tod nur zum geringsten Theil der Mangel der Abstoßung erklärt ist.

Vollständig unerklärt ist das Verhalten des Ferrocyanurans. Die Ferrocyanverbindungen werden im allgemeinen sehr sicher und leicht abgestoßen, ebenso die Uranverbindungen. Um so mehr fällt das gegentheilige Verhalten des Ferrocyanurans auf. Bei wiederholten Versuchen sowohl mit *Zygnema B.* wie *C.* blieb die braunroth gefärbte Gallertscheide unver-

ändert. Dabei halten sich die Zellen eine ganze Reihe von Tagen lebend, viel länger als nach Einlagerung von Eisenoxydsalzen u. s. w. Allmählich im Laufe einer Woche tritt der Tod ein, zugleich verbunden mit einer Zersetzung des Ferrocyanurans, aus welchem Uran in unbekannter Verbindung in den Zellinhalt übergeht. Dieser Prozess geht auch im Dunkeln vor sich, sehr viel leichter allerdings im Licht, wobei dann die Zersetzung durch Alkali entsprechend wie beim Berliner Blau sehr befördert wird. Die leichte Zersetzbarkeit sowie das Aussehen sprechen dafür, dass das Ferrocyanuran in äußerst feiner Vertheilung in der Gallerte eingelagert ist. Der Gedanke lässt sich nicht ganz abweisen, dass vielleicht die Theilchen der Verbindung zu klein sind, um als Ursache der Abstoßung wirken zu können, dass wir daher auch ein Minimum in der Größe der Niederschlags-theilchen für ihre Wirksamkeit anzunehmen hätten, wie es ein Maximum in der That gibt. Jedoch eine nähere Begründung des Gedankens ließ sich bisher nicht ausführen.

Die andern *Zygnema*-Arten wurden nicht in dem Grade wie *B.* und *C.* in ihrem Verhalten Niederschlägen gegenüber untersucht. Für *Zygnema A.* mit der breiten Gallertscheide wurde festgestellt, dass eine Abstoßung erfolgt nach Einlagerung von Berliner Blau, Chromgelb, Ferrocyanokobalt, phosphorsaurem Uranyl, dagegen nicht oder nur sehr spärlich bei Thonerde-Alizarin, phosphorsaurem Chromoxyd, vanadinsaurem Eisenoxyd, Ferrocyanuran. Im allgemeinen erfolgt bei *Zygnema A.* die Abstoßung nicht so gleichmäßig wie bei *Zygnema B.* und *C.*, da sich bei einem Versuch immer zahlreiche Fäden vorfinden, welche ihren Niederschlag nicht abstoßen, zum Theil früh gestorben sind, oder auch noch lange damit leben.

Für *Zygnema D.* mit der sehr schmalen Scheide wurde festgestellt, dass Abstoßung bei Einlagerung von Chromgelb, nicht oder nur in beschränktem Maße bei Einlagerung von Thonerde-Alizarin erfolgt.

#### D. Die Art und Weise der Abstoßung.

In dem letzten Abschnitt wurde gezeigt, dass in erster Linie der Niederschlag in der Gallertscheide durch seine physikalische Beschaffenheit, durch die Größe und Anordnung seiner darin eingelagerten Theilchen wirkt. Bei den Niederschlägen der verschiedenartigen Verbindungen tritt der Prozess der Abstoßung nicht immer in der gleichen Weise ein, die Menge der eingelagerten Substanz spielt eine gewisse Rolle dabei, es machen sich individuelle, spezifische Verschiedenheiten der Algenfäden selbst bemerkbar, es zeigen sich Wirkungen der Einlagerungsmethode, Folgen der Einlagerung selbst an den lebenden Zellen, wobei dann Rückwirkungen auf die Abstoßung eintreten; kurz bei der Mannigfaltigkeit der einwirkenden Umstände gestaltet sich das Bild der Abstoßung eines Niederschlages verschieden und sehr wechselnd. Nur selten gelingt es, die

einzelnen Erscheinungsformen der Abstoßung als nothwendige Folgen bestimmter Verhältnisse zu erkennen.

An einem Beispiel möge zuerst der Verlauf der Abstoßung erläutert werden, und hierzu will ich die Wirkung der Einlagerung des von mir am meisten untersuchten Chromgelbs auf *Zygnema C.* schildern. Die Gallertscheide erscheint bei 3—5 maligem Eintauchen der Fäden in die beiden Lösungen des Bleizuckers und des Kaliummonochromats goldgelb und meist homogen gefärbt. Sofort nach der Einlagerung, ja schon während derselben beginnt die Abstoßung, indem an der Peripherie der Scheide sich Chromgelbkörnchen ansammeln, welche in lockeren unregelmäßigen Massen erscheinen oder sehr vielfach in Form feiner, dicht aufeinander folgender körniger Streifen oder in sehr verschiedenen großen und weiten blasenförmigen Ausstülpungen (III. Fig. 9, 10, 11), welche ganz besonders regelmäßig bei Abstoßung anderer Niederschläge, wie z. B. Katechueisenoxyd auftreten (III. Fig. 8). Es macht den Eindruck, als wenn die Chromgelbkörnchen aus der Scheide herausgleiten und sich an der Peripherie mit Hilfe mitgerissener Schleimtheile zu einer Haut vereinigen, welche dann in mannigfachster Weise abgehoben und abgestoßen wird. Vielfach erhält sie sich als ein weiter und weiter abstehender, hin und her gebuchteter Schlauch (III. Fig. 22) oder sie zerfällt in einzelne grob gefaltete Fetzen. Bisweilen nimmt diese sich abhebende Haut ein außerordentlich zierliches Aussehen an durch sehr regelmäßige, dabei mäandrisch durcheinander laufende Falten; noch schöner tritt diese Erscheinung häufig bei der Abstoßung des Berliner Blaus hervor (III. Fig. 42).

Als die wesentlichen Momente in dem Prozess der Abstoßung sind wohl hervorzuheben 1) die Ansammlung der vorher in der Gallerte gleichmäßig fein vertheilten Chromgelbtheilchen zu deutlicheren Körnchen, welche durch mitgerissenen Schleim verklebt werden, und 2) die Abstoßung dieser chromgelbhaltigen Schicht. Das Herausgleiten und die Abstoßung gehen nun nicht gleichmäßig an allen Fäden vor sich, sondern bald hier bald dort in sehr verschiedener Intensität und selbst an benachbarten Zellen machen sich Unterschiede bemerkbar. Am schnellsten geschieht die ganze Abstoßung bei sehr geringer Einlagerung; sie tritt ein selbst bei der geringsten Menge Chromgelb, welche nach der angewandten Methode sich überhaupt einlagern lässt, d. h. durch einmaliges kurzes Eintauchen in Bleizucker und Kaliummonochromat. Schon nach der ersten halben Stunde ist bei der Mehrzahl der Fäden das Chromgelb entfernt und die Gallertscheide erscheint vollkommen unverändert. Je intensiver man nun einlagert, desto mehr Zeit ist nothwendig, um sämmtliches Chromgelb hinauszubefördern, und desto mehr von der Gallerte selbst wird in Mitleidenschaft gezogen. Bei 10 mal wiederholtem Eintauchen der Fäden in jede Lösung dauert es mehrere Tage, bis die meisten Fäden sich von dem Niederschlag befreit haben; die abgestoßenen Massen sind sehr dichtkörnig,

enthalten auch viel Gallertsubstanz, so dass sie sich mit Methylenblau sehr intensiv färben. An den Fäden selbst erkennt man so gut wie nichts mehr von einer Gallertscheide, und auch mit Methylenblau lässt sie sich nicht mehr nachweisen. — Bei den Versuchen mit Berliner Blau geht im allgemeinen die Abstoßung nicht so rasch wie bei dem Chromgelb vor sich, namentlich nicht bei stärkerer Einlagerung. Dann besonders tritt eine Erscheinung häufig auf, welche auch bei der Abstoßung von Chromgelb und überhaupt von vielen anderen Niederschlägen sich zeigt. Die erste Abstoßung in Form nach außen sich erweiternder Blasen tritt sehr regelmäßig in der Nähe der Querwände auf<sup>1)</sup> (III. Fig. 7, 44), und die sich hervorwölbenden Blasen sind auch die erste Zeit stärker entwickelt als an dem übrigen Theile der Zelle. Erst wenn mehr und mehr Blasen nebeneinander stehen, dieselben sich dann bei stärkerer Abstoßung zu den zierlichen gefalteten und häufig netzförmig durchbrochenen Häuten vereinigen, verschwindet der Unterschied. Die abgestoßene Gallerthaut enthält das Berliner Blau in deutlich gesonderten Körnchen, während vor der Abstoßung der Niederschlag vollkommen homogen vertheilt ist. Bei schwacher Einlagerung, wenn direkt unter der abgestoßenen Gallerthaut die Scheide scheinbar unverändert wieder sichtbar ist, erweckt es den Eindruck, als wenn der Niederschlag überhaupt nur in der Peripherie eingelagert gewesen wäre. Jedoch ist es keinem Zweifel unterworfen, dass das Berliner Blau ebenso wie das Chromgelb auch dann vorher stets in der ganzen Scheide gleichmäßig vertheilt eingelagert war. Das bewiesen Querschnitte durch solche gefärbten Fäden, welche nach der Einlagerung oder auch vorher getödtet und dann in Gummi eingebettet waren. An solchen Schnitten erkannte man, dass bis dicht an die Zellwand der Niederschlag sich vorfand, an denjenigen Stellen, an welchen die Abstoßung etwa begonnen hatte, dagegen schon an der Peripherie angesammelt war.

Bei anderen Niederschlägen ist es nicht immer so sicher entschieden, ob sie die ganze Scheide durchlagern oder nur den peripherischen Theil derselben. Höchst wahrscheinlich, wenn man nach dem Aussehen urtheilt, wie Berliner Blau verhalten sich alle Verbindungen von Eisenoxyd, Thonerde, die verschiedenen Farbenlacke des Bleioxyds, Methylenblautannin u. s. w. Hauptsächlich, aber durchaus nicht ausschließlich sind dagegen in der Peripherie die Niederschläge von Ferrocyanblei, Ferrocyan kobalt, borsaurem Bleioxyd, bei welchen gewöhnlich die Scheide fest, krustenartig erstarrt zu sein scheint. In diesen Fällen erfolgt übrigens vielfach die Abstoßung auch in ganz ähnlicher Weise, in lockeren faltigen oder blasigen Massen,

---

1) Ferrocyanuran wird von *Zyg. C.* meist ebensowenig abgestoßen, als von *Zyg. B.* Jedoch beobachtete ich an manchen Fäden Anfänge von Verquellung, insofern an manchen Querwänden ein wolkenartiges Hervorwölben einer zarten braunen Schleimmasse sich bemerkbar machte.

wie vorhin beschrieben, oder aber es erfolgt eine Abspaltung in Stücken eines Cylindermantels wie bei dem borsäuren Bleioxyd, phosphorsauren Kalk, arsensauren Bleioxyd. In etwas abweichender Weise gestaltet sich die Abstoßung bei *Zygnema C.* nach Einlagerung der Chromoxydverbindungen, wie besonders von Chromoxydhydrat bei jener immerhin kleinen Anzahl von Fäden, wo der Prozess überhaupt stattfindet. Hierbei tritt die den Niederschlag mit sich führende Gallerte in ganz lockeren zarten, diffusen Schleimmassen heraus, welche außerdem ganz homogen erscheinen, so dass die feine Vertheilung des Niederschlages auch nach der Abstoßung beibehalten ist.

*Zygnema A.* und *B.* verhalten sich im wesentlichen bei der Abstoßung in gleicher Weise, wie *Zygnema C.*, insofern in den meisten Fällen die Gallerte mit dem Niederschlag in blasigen faltigen Häuten abgehoben wird; nur tritt bei ihnen die wichtige Frage auf, was aus den in ihrer Gallertscheide leicht erkennbaren Stäbchen bei dem Prozesse wird. Die zahlreichen Versuche besonders mit *Zygnema B.* haben ergeben, dass je nach der Menge der eingelagerten Substanz, vor allem je nach dem Grade der eintretenden Quellung wir die verschiedensten Zustände antreffen, von dem nach der Abstoßung scheinbar nicht veränderten Zustand der Stäbchen bis zum vollständigen Verschwinden derselben. So beobachtete ich nach der Abstoßung des Ferrocyankobalts, des molybdänsäuren Bleis und dann zugefügter Methylenblaulösung die Stäbchenstruktur noch schärfer hervortretend als gewöhnlich, was sich wohl daraus erklärt, dass eine Anzahl Stäbchen herausgequollen sind, und die zurückbleibenden deshalb um so klarer von einander gesondert erscheinen. In andern Fällen, z. B. im Versuch mit Ferrocyanzink, schienen die Stäbchen kürzer geworden zu sein; nach lebhafter Abstoßung des Berliner Blaus treten überhaupt keine Stäbchen mehr hervor. Jedoch zeigt sich dicht der Zellwand anliegend ein sehr zartes engmaschiges blau gefärbtes Netzwerk oder eine sehr dünne Schicht dicht zusammenliegender Körnchen als letzter Rest, welcher überhaupt nur in den seltensten Fällen ganz abgestoßen wird. Da gewöhnlich in einer Probe bei den verschiedenen Fäden die Einlagerung in verschiedenem Grade eintritt und außerdem, wie schon betont, die Abstoßung je nach den Fäden, ja Zellen desselben Fadens ungleichzeitig und ungleichmäßig vor sich geht, findet man auch alle Grade in dem Verschwinden der Stäbchen.

Erst im weiteren Laufe der Untersuchung wurde ich auf die Thatsache aufmerksam, dass selbst bei dem anscheinend vollständigsten Abstoßen der Scheide dieselbe doch stets in Form einer etwas schmälern strukturlosen Schicht übrig bleibt, welche sich nicht mehr mit Farbstoffen wie Methylenblau färbt und nur sichtbar wird nach erneuter Einlagerung eines Niederschlages. Der mit Methylenblau färbbare, in Form der Stäbchen auftretende Bestandtheil ist es, welcher allein bei der Abstoßung theilhaftig ist. Die

Trennung der beiden, die normale Gallertscheide zusammensetzenden Theile lässt sich aber auf anderem Wege leichter durchführen, ich komme später noch ausführlicher darauf zurück.

Eine sehr häufige Erscheinung, welche nach Einlagerung von Niederschlägen in die Gallertscheide erfolgt und theils unmittelbar, theils mittelbar mit dem Prozess der Abstoßung zusammenhängt, ist das Auseinanderfallen der Fäden in einzelne Zellen resp. kurze Zellstücke. Bei den verschiedenartigsten Niederschlägen tritt der Zerfall ein, bei dem einen Versuch oft sehr lebhaft, bei einem andern sehr viel weniger. Viel scheint es darauf anzukommen, ob der Niederschlag sehr fein vertheilt ist und ob er besonders an oder auch in die äußerste Zellhautschicht sich lagert. Bisweilen, so z. B. bei Versuchen mit phosphorsaurem Uranyl, welches in *Zygnema B.* eingelagert war, betraf lebhaftere Verquellung gerade die an den Querwänden befindlichen Theile der Gallerte, so dass die Zellen, welche sich trennten, sehr weit von einander entfernt wurden. Meistens jedoch erscheint diese Lösung der Zellen aus dem Verbande gerade bei sehr wenig lebhafter Abstoßung als ein anderes Mittel, sich vor dem schädlichen Einfluss der Einlagerung gewissermaßen zu retten, indem wenigstens die Querwände frei gelegt werden. Der Zerfall kommt dadurch zu Stande, dass die äußerste, den Zellen gemeinsame Zellhautschicht reißt, indem die beiden den Nachbarzellen angehörenden Querwände sich gegeneinander vorzuwölben und die Zellen auseinander zu drängen suchen. Die Hauptrolle spielt dabei die in der Zelle vorhandene Turgescenz, welche möglicherweise in der ersten Zeit durch die Diffusion überhaupt sehr erschwerende Einlagerung in die Scheide vermehrt ist. Wenigstens geschieht nicht selten bei diesem Zerfall der Fäden das Hervordrücken der Querwände nach außen in so starkem Grade, dass die Zellhaut der plötzlichen Dehnung nicht Folge leisten kann und platzt, wobei der Zellinhalt zum Theil herausgedrängt wird. Zahlreiche auf diesem Wege zu Grunde gegangene Zellen findet man in den Kulturen.

An diese Erscheinung knüpft sich überhaupt die Frage, was aus den Zellen wird, wenn keine Abstoßung der Niederschläge eintritt. Dies ereignet sich einerseits bei einzelnen Fäden nach Einlagerung von Substanzen, welche für gewöhnlich schnell entfernt werden; andererseits wird die Frage beantwortet durch jene Zellen, welche nach Einlagerung von sonst nicht abstoßungsfähigen Verbindungen, wie Eisenoxyd-, Thonerde-Salzen u. s. w., noch lebendig bleiben. Vor allem ist zu bemerken, dass durch die Einlagerung die Gallertscheide und in den weitaus meisten Fällen auch die äußerste Zellhautschicht ihre Dehnbarkeit verliert, und zweitens außerdem der Stoffwechsel, der Verkehr mit der Außenwelt erschwert oder wie bei den Eisenoxydverbindungen so gut wie unmöglich gemacht wird. Zwei Fälle können dann eintreten, abgesehen von dem häufig herbeigeführten Tod. Entweder gehen die Zellen in einen Ruhezustand über,

in welchem sie monatelang verharren können, oder sie sprengen ihre Hülle, sei es durch Lösung der Zellen aus dem Verbande an den Querwänden, sei es durch Sprengung an den Seitenwänden. Das letztere geschieht nur dann, wenn die Zellen noch so lebensthätig sind, dass sie trotz des großen Widerstands in die Länge wachsen und dadurch äußere Zellhaut und Scheide zerreißen. Die mit besonderer Zellhaut umkleidete Zelle wölbt sich dabei knieförmig an einer Stelle hervor, durchstößt mit diesem Knie die über ihr liegenden Schichten und tritt in's Freie (III Fig. 15, 16, 20).

Sämmtliche dieser Fälle lassen sich beobachten nach der Einlagerung von Katechubleioxyd, welches überhaupt eine besondere Stellung einnimmt. Der Niederschlag zeichnet sich dadurch aus, dass er sehr wenig schädlich auf die Zellen wirkt und dass die vielfach erfolgende Abstoßung von ihm oft lange Zeit nach der Einlagerung sich bemerkbar macht. Bei den meisten andern Verbindungen entscheidet es sich in den ersten beiden Tagen, ob eine Abstoßung überhaupt erfolgt oder nicht. Nach Einlagerung der Katechuverbindung<sup>1)</sup> dagegen geschieht in den ersten 5—6 Tagen keine Veränderung an den Fäden. Dann erst beginnt allmählich hier und dort eine blasenförmige Abhebung der den Niederschlag enthaltenden Gallerte, und dieser Prozess schreitet langsam in den nächsten Wochen fort. Viele Fäden zeigen dagegen auch dann nicht eine andere Veränderung, als dass ihre Zellen in den Ruhezustand übergehen; andere lösen ihren Verband, wieder andere durchbrechen knieförmig die äußere Zellhaut und die Scheide. Allerdings scheint in dem letztern Falle das Heraustreten dadurch erleichtert zu werden, dass an der ganzen Stelle, wenigstens wo das Knie sich vorwölbt, vorher die Gallertscheide etwas zur Verquellung gebracht wird.

#### E. Die Beziehung des todtten und lebenden Zustandes von *Zygnema* zu dem Prozess der Abstoßung.

Eine der wichtigsten und sich zuerst aufdrängenden Fragen läuft darauf hinaus, ob der Vorgang der Abstoßung ein rein physiologischer ist, d. h. also direkt abhängig von dem lebenden Zustand der *Zygnema*-Zellen, oder nur bedingt ist durch bestimmte Eigenschaften der Gallertscheide, welche auch unabhängig vom lebenden Zellprotoplasma in Wirksamkeit treten können. So einfach und klar die Fragestellung ist, so ist die Beantwortung doch nicht mit Ja und Nein ohne Weiteres zu geben.

Das erscheint keinem Zweifel unterworfen, dass das Leben der Zelle von sehr großer Bedeutung für den Verlauf des ganzen Prozesses ist, und dass der Tod diesen überhaupt in den meisten Fällen verhindert. Im Vorhergehenden ist daher stets nur auf den lebenden Zustand der Versuchs-

1) Gleich nach der Einlagerung erscheint die Gallerte schwach roth gefärbt; allmählich nimmt sie aber im Wasser eine dunkelbraunrothe Färbung an.

algen Rücksicht genommen. Die ersten speziellen Versuche mit Fäden, welche vor oder gleich nach der Einlagerung von Berliner Blau mit Sublimat getödtet waren, zeigten absolut keine Veränderung der Gallertscheide, welche in dem lebenden Vergleichsobjekt sehr lebhaft abgestoßen wurde. Auch in den Versuchen mit lebenden Zygmenen trat der Einfluss des Lebens deutlich hervor, insofern stets eine Reihe Zellen infolge der Methode oder aus anderen Gründen früh abstarben und dann keine Abstoßung zeigten, während benachbarte lebende Zellen dieselbe aufwiesen. Diese Beobachtungen veranlassten mich lange Zeit, den Gedanken zu hegen, dass man es hier überhaupt mit einer wahren Reizerscheinung zu thun habe, welche bedingt ist durch den mechanischen Einfluss des Niederschlages in der Gallertscheide auf das Zellprotoplasma. Indessen hat sich herausgestellt, dass eine Abstoßung auch unabhängig von dem Leben desselben stattfinden kann. Zuerst wurde ich darauf aufmerksam durch das Verhalten plasmolytischer Zellen. Die Versuche wurden in der Weise angestellt, dass 0,25 % essigsäures Blei und Kaliummonochromat in 40 % Rohrzucker gelöst, das Chromgelb aus diesen Lösungen in die Zygmenen niedergeschlagen wurde, welche dann weiter in 40 % Zucker kultivirt wurden, wo sie sich wochenlang lebend erhielten. Unzweifelhaft trat, wenn auch nicht so lebhaft und umfassend wie bei normalen Fäden, an den plasmolysirten Zellen eine Abstoßung der Gallerte ein, oft sehr regelmäßig in großen Blasen an den den Querwänden entsprechenden Stellen. Hierdurch wurde die Annahme einer Reizerscheinung schon sehr zweifelhaft. Infolge dessen wurden zahlreiche Versuche gemacht mit Zygmenen, welche auf sehr verschiedene Weise getödtet waren, und in welche dann Chromgelb eingelagert wurde. Die Tödtung geschah z. B. durch konzentrirtes Sublimat, Eisessig, Jodjodkalium, Ammoniak (2 Tage in 8 % Lösung), Tannin (40 % während 24 Stunden), essigsäures Blei (4 % nach 5 Tagen), durch Austrocknen. Diese Mittel wirkten theils momentan tödtlich, theils wie beim Bleizucker und Tannin ganz allmählich. In allen diesen Versuchen konnte ich eine typische Abstoßung des Chromgelbs nicht beobachten. Nur eine Erscheinung zeigte sich, welche anfangs Bedenken und Zweifel erregte, nämlich eine Verbreiterung der Gallertscheide dadurch, dass von dem homogen gelbgefärbten Haupttheil derselben sich eine deutliche peripherische feinkörnige Schicht abhob, welche, so besonders nach Wirkung des Eisessig und Ammoniak, auch hier und dort weiter abstand. Jedoch bis zu einer deutlich blasigen oder faltigen Abstoßung dieser Schicht kam es nie, die eingetretene Verbreiterung ist wohl hauptsächlich dem Einfluss der Reagentien zuzuschreiben. Dagegen beobachtete ich sicherer eine deutliche Abstoßung nach Tödtung der Fäden mit Ätherdampf und Alkohol. Besonders der letzte Körper wurde in zahlreichen Versuchen angewandt, welche aber durchaus nicht das gleiche Resultat hatten. So viel ist sicher, dass die Abstoßung in dem Grade wie bei lebenden Zellen nicht

stattfindet, weil sie stets nur an einer beschränkten Anzahl von Fäden sich bemerkbar macht und sehr häufig nur in der Weise, dass die auch hier deutliche feinkörnige, peripherische Schicht blasenförmig abgehoben wird, während die eigentliche homogen gelbe Scheide unverändert bleibt. Relativ am lebhaftesten war die Abstoßung bei solchen Fäden, welche durch 20 % Alkohol getödtet waren; in den allermeisten Versuchen mit absolutem Alkohol trat nur die oben besprochene Verbreiterung der Scheide, aber keine Abstoßung ein, und um so klarer war dieses Resultat, je länger der Alkohol gewirkt hatte. Bei Zygneinen, welche mehrere Wochen in absolutem Alkohol gelegen hatten, habe ich nie eine Abstoßung beobachtet. Darnach scheint die Konzentration und die Länge der Wirkung des tödtenden Mittels einen gewissen Einfluss auszuüben, und das wird auch dadurch bestätigt, dass z. B. die in 0,4 % Sublimat 20 Stunden lang gehaltenen Zygneinen nach Einlagerung von Chromgelb noch hier und dort Abstoßung desselben zeigten, während konz. Sublimat das sicherste Mittel ist, dieselbe unmöglich zu machen, und ebenso verhält es sich mit 1 % und konzentrierter Pikrinsäure.

Als das Ergebnis der Versuche kann man den Satz hinstellen, dass die Fähigkeit der Gallerte, Niederschläge abzustoßen, nicht nothwendig immer an das Leben des Zellprotoplasma gebunden ist, dass sie aber durch alle jene Mittel, welche das Leben der Zelle tödten, ebenfalls sehr bald vollständig verloren geht.

Da nun aber eine Abstoßung überhaupt von toden Fäden ausgehen kann, so wird man zu der Auffassung gedrängt, dass der Vorgang nicht unmittelbar von dem Leben des Zellprotoplasmas abhängig ist. Man wird vielmehr der Gallertscheide, resp. einem ihrer Bestandtheile, selbst die Fähigkeit zuschreiben, nach Einlagerung von Niederschlägen dieselben durch einen Quellungsprozess zu entfernen. Diese Fähigkeit besitzt sie infolge einer spezifischen chemisch-physikalischen Organisation, welche zwar nicht ganz so leicht veränderlich ist wie die des aktiven Eiweißes, aber immerhin durch die meisten Tödtungsmittel des letzteren in einen passiven starren Zustand übergeführt wird, mit welchem die Fähigkeit verloren geht. Diese wenn auch nicht streng bewiesene, jedoch erlaubte Auffassung führt weiter zu der Frage, ob nicht diese leichte Veränderlichkeit der organisirten Scheide auf dem Vorhandensein einer eiweißartigen Substanz beruhe, da an dieser unter allen organischen Körpern am häufigsten sehr labile Modifikationen auftreten, welche durch sehr einfache chemische Mittel in sehr viel stabilere übergeführt werden können. Diese Frage veranlasste eine eingehende Untersuchung des mikrochemischen Verhaltens der Gallertscheide.

#### F. Das Verhalten der Gallertscheide gegenüber Farbstoffen und Reagentien.

Die Gallertscheide besitzt im allgemeinen nicht eine so große Anziehungskraft zu organischen Farbstoffen, wie das Zellprotoplasma, auch

eine etwas geringere, als die Zellohaut. Am lebhaftesten nimmt sie auf und am festesten hält sie Vesuvin, Methylviolett, Fuchsin, Methylenblau; sehr viel weniger schon Cyanin, Saffranin, Gentianin, Methylgrün, so gut wie gar nicht Helianthin, Tropäolin, Korallin, Anilinblau, Eosin, Nigrosin, Indigkarmin, Hämatoxylin (rein wässrig), Kurkumin, Alizarin. Die oben erwähnten intensiv sich in die Scheide einlagernden Farbstoffe thun dies aber auch nur in wässriger Lösung; mit Alkohol behandelte Fäden färben sich in alkoholischen Lösungen nicht oder sehr schwach.

Gegenüber den echten Pflanzenschleimen und Gummiarten zeichnet sich die Gallerte der Zygmemenscheide durch eine viel geringere Quellungs-fähigkeit aus. Sie bleibt selbst unverändert in kaltem Ammoniak, Kali, Essigsäure, seien diese Substanzen in verdünntem oder konzentrirtem Zustande. Dagegen verschwindet scheinbar die Gallerte schon vollständig durch Kochen mit reinem Wasser, ebenso bei Behandlung mit Chlorzinkjod. Nach Hinzufügen von Methylenblau lässt sich ebenfalls nichts von einer Scheide mehr beobachten. Jedoch ist in der That dieselbe noch vorhanden in Form einer schmälern, sehr wenig dichten Schicht, welche an der Peripherie häufig etwas korrodirt aussieht. Bei der breiten Gallertscheide von *Zyg. A.* bleibt nach Kochen sowie infolge Chlorzinkjodwirkung die Scheide fast in normaler Breite zurück, färbt sich aber nicht mehr und lässt auf keine Weise mehr eine Stäbchenstruktur erkennen<sup>1)</sup>. Das Vorhandensein der Scheide kann man nur durch eine Einlagerung färbender Verbindungen, wie z. B. von Chromgelb, nachweisen, von dem eine Abstoßung nicht mehr erfolgt.

Vollständig gelöst wird die Gallertscheide durch Salz-, Schwefel-, Salpetersäure, Kochen mit Eisessig, durch Wasserstoffsperoxyd.

Als wichtigstes Ergebnis ist hervorzuheben, dass durch Kochen und Chlorzinkjod ein Bestandtheil aus der Gallertscheide entfernt wird, ein anderer zurückbleibt; der erstere bedingt die Fähigkeit der Scheide, Farbstoffe aufzunehmen, auf ihm beruht die Stäbchenstruktur. Aus den Versuchen über die Abstoßung von Niederschlägen wurde das Resultat erhalten, dass selbst bei vollständigster Verquellung stets eine nicht mehr färbare Grundsubstanz übrigblieb, während der sich färbende Bestandtheil mit dem Niederschlage abgestoßen wurde. Augenscheinlich ist es derselbe, welcher durch kochendes Wasser und Chlorzinkjod gelöst wird. Um diesen Nachweis aber sicherer zu machen, musste gezeigt werden, dass auch an lebenden Zygmemen die Trennung der beiden Bestandtheile möglich ist, und dass mit der Entfernung des einen die Abstoßungsfähigkeit verloren geht.

1) Allerdings geht bei *Zyg. A.* die Lösung des in Methylenblau färbbaren Bestandtheiles langsamer vor sich, als bei *Zyg. C.*, so dass es erst nach  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ stündigem Kochen bei den meisten Fäden gelingt. Selbst dann erkennt man häufig noch dicht der Zellwand anliegend ein zartes Netzwerk, das mit Methylenblau sich färbt.

In der That gelingt eine solche Trennung bis zu einem gewissen Grade bei der Kultur der Zygne $n$ en in einigen Salzlösungen. Vorzugsweise geeignet erwiesen sich 0,4% Eisenweinstein<sup>1)</sup>, 0,4% saures chromsaures Kali, schwächer und langsamer wirken chromsaures Kali, weinsaures Kali<sup>2)</sup>. Besonders untersucht wurde *Zyg. C.*, welches sehr widerstandsfähig ist und viele Tage lang in den betreffenden Lösungen aushält. In solchen Kulturen beobachtet man etwa nach einer Woche die Zygne $n$ en scheinbar ohne Gallertscheide, welche auch nicht durch Methylenblau sich nachweisen lässt. Erst die Einlagerung von Chromgelb weist das Vorhandensein der Scheide nach, nur dass sie schmaler, substanzärmer erscheint und sich häufig durch muldenförmige Ausbuchtungen an den den Querwänden entsprechenden Stellen auszeichnet. Vor allem ist das weitere Verhalten wichtig, dass die Abstoßung des Chromgelbes in den ersten Tagen nicht erfolgt, während sie sonst momentan eintritt. Zur Feststellung dieser Thatsache wurden eine Reihe von Versuchen in der Weise angestellt, dass gleichzeitig und genau in demselben Grade das Chromgelb in zwei Proben von Zygne $n$ en eingelagert wurde, von denen die eine normale Fäden enthielt, die andere solche, welche 5—6 Tage in Eisenweinstein oder saurem chromsaurem Kali zugebracht hatten. Stets war das Resultat dasselbe: die normalen Zygne $n$ en entfernten sofort das Chromgelb, bei der andern Probe zeigte sich in den ersten 2—3 Tagen keine Veränderung, dann fingen einzelne Zellen mit der Abstoßung an, welche in manchen Versuchen erst am 6. ja 10. Tage sich einstellte. Es gelingt also durch gewisse Salzlösungen, aus der Gallertscheide lebender Zygne $n$ en den mit Methylenblau sich färbenden und bei der Abstoßung wirksamen Bestandtheil zu lösen.

Dieser Vorgang erfolgt nun nicht mit der Exaktheit eines chemischen Prozesses. Vielmehr verläuft er sehr ungleichmäßig je nach den einzelnen Fäden, von welchen bei jedem Versuch eine Anzahl aus unbekannt $n$ en Gründen keine Veränderung ihrer Scheide erkennen lässt. Gewöhnlich

1) Bei den Versuchen mit dieser Substanz habe ich die Kulturgefäße dunkel gestellt, wobei die Zygne $n$ en doch bis zu einer Woche lebend blieben. Im Licht findet eine rasche Zersetzung des Eisenweinsteins statt. Andere organische Eisenverbindungen, wie z. B. Eisenzucker, in welchem die Zygne $n$ en sehr lange ohne jeglichen Schaden aushalten und dessen Lösung lichtbeständiger ist, üben nicht eine solche Wirkung auf die Gallertscheide aus. Bei längerer Kultur der Zygne $n$ en in Eisenweinstein, auch in den sich zersetzenden Lösungen zerfallen vielfach die Fäden in einzelne Zellen; es erfolgen auf der Zellwand, besonders gern auf den Querwänden krystallinische Ausscheidungen, welche zuerst in Form sehr verschieden großer weißlicher Körper hervortraten, welche an der Peripherie aus zahlreichen feinen Nadelchen nach Art eines Sphaerokrystalls bestanden, während in der Mitte dunkle, zum Theil schwärzliche rundliche Massen sich zeigten. Weiter untersucht wurden diese Ausscheidungen nicht; ich bemerkte nur, dass je zahlreicher dieselben an einer Zelle erschienen, um so kränklicher die letztere aussah.

2) Dagegen wirken gar nicht z. B. Chlornatrium, 0,4% Eisenzucker.

finden sich sehr verschiedene Mittelstufen, in denen z. B. nur die innerste Schicht der Scheide sich blau färbt oder die färbbare Substanz in Form einzelner Höcker sich vorfindet. Auch spezifische Unterschiede machen sich bemerkbar. So gelingt der Versuch viel besser mit *Zyg. C.* als mit *Zyg. A.*, bei welcher überhaupt der wirksame Bestandtheil viel fester gehalten wird, wie schon gegenüber Kochen und Chlorzinkjod zu bemerken ist.

Es kommt aber noch eine andere merkwürdige und ganz unerklärte Erscheinung in Betracht, welche das unregelmäßige Verhalten der einzelnen Fäden wohl mit bedingt. Es scheint, als wenn die Lösung des färbbaren Bestandtheils aus der Gallerte nur bei lebenden Zygneinen vor sich geht, nicht aber bei abgestorbenen. In 5% Lösung von Kaliumbichromat<sup>1)</sup>, welche schnell tötet, bleibt die Gallertscheide von *Zyg. C.* wochenlang unverändert. Auf dieses Verhalten bin ich erst in letzter Zeit aufmerksam geworden, so dass eine genauere Untersuchung nicht mehr möglich war.

Die Thatsache, dass bei den in Eisenweinstein oder Kaliumbichromat kultivirten Zygneinen die Abstoßung des Chromgelbes zwar sehr verzögert, aber schließlich doch eintritt, kann davon herrühren, dass in der Scheide noch vor der Einlagerung ein Theil des wirksamen Bestandtheils vorhanden war, oder dass derselbe von den lebenden Zellen aus neu gebildet worden ist. Beides wird thatsächlich wohl in Betracht kommen. Für die Neubildung spricht folgender Versuch. Das Kaliummonochromat wirkt bei längerer Einwirkung in ähnlicher Weise, wie das saure Salz. Zygneinen, welche 8 Tage in einer Lösung von 0,1% gelebt hatten, zeigten eine etwas schmalere Gallertscheide mit Ausbuchtungen an den Querwänden. Nach Einlagerung von Chromgelb traten erst nach 3 Tagen deutliche Anzeichen von Verquellung auf. Eine Probe von Zygneinen, welche nach 8 tägigem Aufenthalt in 0,1% Kaliummonochromat erst 24 Stunden in reinem Wasser kultivirt waren, und in welche dann Chromgelb eingelagert wurde, zeigte sofort die Abstoßung. Ebenso verhielt es sich bei einem zweiten Versuch mit Fäden, welche 14 Tage in 0,1% Kaliummonochromat, dann 3 Tage in Wasser zugebracht hatten.

Jedenfalls riefen die Resultate dieser Versuche den Gedanken wach, zu versuchen, ob es nicht gelingt, durch sehr günstige Ernährung eine besonders lebhafte Neubildung der wirksamen Substanz in der Gallertscheide zu veranlassen. Zuerst wurden Rohrzuckerlösungen von 5—6% angewandt, und in denselben Zygneinen kultivirt, welche vorher in verdünntem Kaliummonochromat sich befunden hatten. Nach 5 tägiger Kultur zeigte die Gallertscheide noch nicht ihre normale Breite, jedoch nach Einlagerung von Chromgelb sofortige Abstoßung.

---

1) *Zygnema C.*, welche 2½ Monate in 5% Kaliumbichromat gelegen hatte, zeigte nach Zusatz von Methylenblau überall eine deutlich blau gefärbte Gallertscheide, welche gegenüber normalen Fäden nur ein wenig schmaler erschien.

Da ich nun aus dem früher beschriebenen Verhalten vermuthete, dass in der Gallertscheide ein eiweißartiger Körper vorhanden sei, wurde in weiteren Versuchen eine Lösung von Glykose mit Pepton angewandt, in welcher ich zuerst ganz normale Zygneten kultivirte. Das Resultat war für den ersten Augenblick sehr überraschend. Denn die Gallertscheide hatte nach 2 Tagen ein sehr stark lichtbrechendes, weißglänzendes dichtes Aussehen angenommen, so dass sie gleich einer neu aufgelagerten dicken Zellwandschicht erschien. Unzweifelhaft hatte sich in die Scheide eine Substanz neu in großer Menge eingelagert, und zwar erwies sich dieselbe nach deren Reaktionen als eine stickstoffhaltige Substanz, welche vielleicht in die Gruppe der Proteinkörper zu rechnen ist. Die verdickte Gallertscheide färbt sich mit Jod intensiv gelb, nimmt Farbstoffe auf, welche sie früher nicht aufzunehmen fähig war, wie z. B. Anilinblau, Nigrosin; Salpetersäure ruft die Xanthoproteinreaktion hervor. Dagegen konnte ich mit MILTON'schem Reagens keine deutliche Reaktion erhalten, und auch das Verhalten gegen Wasser, die Lösung beim Kochen desselben weist darauf hin, dass die eingelagerte Substanz nicht zu den bekannten Hauptgruppen der eigentlichen Eiweißkörper, Albuminen, Fibrinen, Globulinen, Kaseinen gehört, sondern möglicherweise zu den leimartigen Stoffen. Im Folgenden will ich, um einen kurzen Ausdruck zu haben, diesen Prozess der Einlagerung als »Verdickung« der Gallerte bezeichnen, wobei nur zu bemerken ist, dass stets die Gallerte nur dichter, aber nie in ihren Dimensionen, speziell in der Breite verändert wird.

In den ersten Versuchen hatte ich eine Lösung von 10 % Glykose und 0,5 % Pepton angewandt. Trotz der Plasmolyse war die Verdickung der Gallertscheide eingetreten; sie geht auch vor sich bei Fäden, welche vorher mit Alkohol getödtet waren. Die Fähigkeit, sich zu verdicken, ist daher unabhängig von dem Leben des Zellprotoplasmas, ist allein bedingt durch die spezifische Organisation der Gallertscheide selbst.

In den meisten weiteren Versuchen wurde eine Lösung von 1 % Glykose und 0,5 % Pepton benutzt, in welcher bei *Zyg. C.* nach 2 Tagen die Verdickung in dem überhaupt erreichbaren Grade erfolgt. Etwas langsamer geht der Prozess bei *Zyg. A. α* und *β* vor sich, da erst am 3.—4. Tage der Sättigungspunkt erreicht ist. Jedoch schon am 2. Tage zeigte sich die schon früher erwähnte Stäbchenstruktur (vergl. p. 336).

Zuerst tauchte der Gedanke auf, dass die Verdickung auf einer sehr lebhaften Imbibition der Peptonlösung beruht, resp. auf einer starken Anziehungskraft der Gallerte zum Pepton, entsprechend wie zu gewissen Farbstoffen. Indessen tritt die Eiweißeinlagerung nicht in reiner Peptonlösung auf, vielmehr nur bei gleichzeitiger Gegenwart eines Kohlehydrats. Die Glykose kann ersetzt werden durch Rohrzucker, in sehr viel geringerem Grade durch Milchzucker, dagegen gar nicht durch Mannit, Glycerin, weinsaures Ammoniak, Salpeter. Das Pepton darf in der Lösung in nicht zu ge-

ringer Menge vorhanden sein, denn schon bei einem Gehalt von 0,1 % ist die Verdickung der Scheide gering und unsicher. Das Pepton kann ersetzt werden durch 0,5 Albuminlösung, dagegen nicht durch Harnstoff, Tyrosin, Asparagin, Leucin, Pepsin und Diastase.

Die lebhaft e Einlagerung von Eiweißsubstanz in die Gallertscheide wirkt ähnlich wie diejenige von Thonerde, Chromoxydhydrat u. s. w., tödtlich auf die Zellen ein. Nach 24 Stunden des Aufenthaltes in der Lösung sind schon die Mehrzahl der Fäden selbst von *Zyg. C.* todt, obwohl sie in sehr viel konzentrierteren Zuckerlösungen (selbst bis zu 20 %) viele Tage fort leben, und ebenso in 0,5 % Pepton, selbst wenn dasselbe schon in stinkende Fäulnis übergegangen ist. In Lösungen von 10 % Glykose und 0,4 % Asparagin, Leucin, Tyrosin leben ebenfalls die Zygneten lange Zeit, so dass wohl daraus folgt, dass das Vorhandensein der Eiweißsubstanz in der Scheide die alleinige Ursache des schnellen Todes der Zellen sein kann.

Es stellt sich zunächst die Frage ein, wie diese Verdickung der Gallertscheide aufzufassen ist. Traubenzucker und Pepton sind an und für sich Substanzen, welche nicht ohne Weiteres aufeinander wirken, selbst beim Kochen nicht, und ebensowenig wenn sie gleichzeitig durch organisierte Körper imbibirt werden. Denn in diesem Falle müsste jede imbibitionsfähige Gallerte die Eiweißeinlagerung zeigen, was jedoch nicht stattfindet. Die Scheide der Zygneten muss eine besondere chemisch-physikalische Organisation besitzen, in Folge deren bei gleichzeitiger Anwesenheit von Glykose und Pepton ein in Wasser zunächst unlöslicher<sup>1)</sup> stickstoffhaltiger Körper in ihr erzeugt wird. Man könnte in gewisser Weise diese Bildung mit der Thätigkeit eines lebendigen Plasmas vergleichen, welches ebenfalls aus indifferenten Lösungen von bestimmten Körpern, besonders Kohlehydraten und Eiweißsubstanzen, neue eigenartige Stoffe zu bilden vermag, und in allen Fällen würde wohl die nähere Aufklärung des Verdickungsvorganges bei *Zygnema* zugleich etwas Licht verbreiten über die uns noch völlig räthselhaften Ernährungsprozesse der Zellorgane, speziell der Zellohaut. Indessen die Verdickung direkt als eine Art Ernährung aufzufassen, scheint doch nicht berechtigt. Der neu eingelagerte Körper zeigt zwar in mancher Beziehung in seinen Eigenschaften eine Ähnlichkeit mit dem Hauptbestandtheil der Gallerte, ist aber nicht identisch, wie ich selbst anfangs glaubte. Beide sind unlöslich in Alkohol, Äther, löslich in kochendem Wasser, verdünnten Säuren, und auffallenderweise verquillt dabei die verdickte Gallerte in wesentlich derselben Weise, wie bei der Abstoßung von Chrom-

1) Legt man die verdickten Fäden in Wasser, so beginnt allmählich in der 2. bis 4. Woche ein Verschwinden der eingelagerten Substanz. Höchst wahrscheinlich spielen die Hauptrolle dabei die anwesenden, sich besonders reichlich oft an der Gallerte festsetzenden Bakterien. In Glykose-Pepton, dem ich Thymollösung zugesetzt hatte, hielt sich die Verdickung unverändert während 2 Monate, nach welcher Zeit der Versuch abgebrochen wurde.

gelb, Berlinerblau. Augenscheinlich ist der eingelagerte Körper auch in gewissem Grade quellungsfähig, er vermehrt wenigstens anscheinend die Quellungsfähigkeit<sup>1)</sup> der Gallerte. Denn er zeichnet sich dadurch aus, dass Alkalien bei schneller Einwirkung ihn lösen, während die anscheinend jetzt wieder normale Gallertscheide zurückbleibt, bei langsamer Einwirkung dagegen deutlich vor der Lösung eine Verquellung derselben in Form von blasig sich vorwölbenden, dann faltigen Massen herbeiführen. Bei der besonderen Art der Quellung übt aber hauptsächlich die eingelagerte Substanz als fester Niederschlag eine bedeutsame Wirkung aus, insofern nur bei Vorhandensein eines solchen die Gallertsubstanz im quellenden Zustande sichtbar gemacht wird. Das tritt z. B. auch auffallend in dem Verhalten der verdickten Fäden gegenüber Chlorzinkjod hervor. Dasselbe löst ohne deutliche Quellung aus der normalen Gallerte den Hauptbestandtheil heraus; bei Einwirkung des Reagens auf verdickte Fäden macht sich auch hier wieder eine Verquellung der Scheide wie bei der Abstoßung fremder Niederschläge bemerkbar. In den blasigen, faltigen, bald ganz schleimartig sich gestaltenden Massen treten zahllose Körnchen auf, welche mehr und mehr zusammenfließen zu größeren, ölartig aussehenden, gelb gefärbten Tropfen, welche schließlich allein zurückbleiben und die jedenfalls von dem neu eingelagerten Körper herrühren. Derselbe, zwar wohl verändert durch Chlorzinkjod, aber nicht gelöst, bedingt darnach in rein mechanischer Weise durch sein Vorhandensein die besondere Art der Quellung. Das andere Verhalten gegenüber Alkalien, die intensive Färbung mit Jod und gewissen Farbstoffen, welche die Gallerte nicht festzuhalten fähig ist, weist auf einen chemischen Unterschied der eingelagerten Substanz und der ersteren hin. In Bezug auf das Verhältnis beider kann man an zwei Möglichkeiten denken. Die eingelagerte Substanz steht in keiner chemischen Verbindung mit der Gallerte, erscheint vielmehr als Einlagerung eines fremden Körpers, vergleichsweise wie von Thonerdehydrat. Die Gallerte wirkt bei der Erzeugung des Körpers in rein physikalischer Beziehung, wird selbst dabei nicht verändert, und wenn man sich auch über die Art dieser Wirkung keine ganz klare Vorstellung machen kann, so ist es doch gestattet, an die sog. katalytische Wirkung mancher Körper, z. B. des Platinmoor, bei gewissen chemischen Prozessen zu denken. Für diese Auffassung könnte sprechen die leichte Trennung von

1) Die Beobachtung dieser vermehrten Quellungsfähigkeit, andererseits der gleichen Quellungsart wie bei Abstoßung eingelagerter Niederschläge, ließ es möglich erscheinen, dass nicht durch die Verdickung bei der Gallerte das Vermögen der Abstoßung erhöht würde, so dass sie z. B. mit Thonerdehydrat u. s. w. in Quellung geräth. Versuche zeigten nun zwar, dass auch an den verdickten Zygmenen, die in Folge des Processes abgestorben waren, bei Einlagerung von Chromgelb die typische Abstoßung stattfindet, dass aber an den durch andere Tödtungsmittel (vergl. p. 354) vorher getödteten Zygmenen nach der Verdickung der Gallerte und dann erfolgter Einlagerung von Chromgelb, Thonerde keine Abstoßung mehr erfolgte.

Gallerte und eingelagertem Stoff durch Alkalien, das Verhalten des letzteren bei der Quellung der ersteren, ferner die Art und Weise seiner Einlagerung als die eines fremden festen Niederschlages.

Die entgegengesetzte Auffassung würde darin bestehen, dass bei der Verdickung eine besondere chemische Verbindung zwischen Gallerte und eingelagertem Stoff stattgefunden hat. Hierfür könnten zwei Beobachtungen sprechen, von denen allerdings die zuerst zu nennende die andere Auffassung nicht ausschließt. Die Verdickung tritt einmal nur dann ein, wenn der mit Methylenblau färbbare Bestandtheil in der Gallerte vorhanden ist. Die zarte Grundsubstanz, welche nach Behandlung der Zygnumen mit kochendem Wasser, Chlorzinkjod zurückbleibt, ist nicht mehr fähig, in Glykose-Pepton sich in nennenswerther Weise zu verdicken. Nach mehrtägiger Wirkung der Lösung färbt sie sich mit Jod nur schwach gelblich, was wohl auch nur darauf zurückzuführen ist, dass die letzten Spuren des Hauptbestandtheiles sehr schwer sich entfernen lassen. Nach Hinzufügen von Chlorzinkjod tritt keine Verquellung der Grundsubstanz ein, höchstens nur eine Ansammlung kleiner gelber Tröpfchen. Bei jenen Zygnumen, bei welchen durch den Aufenthalt in Kaliumbichromat, Eisenweinstein (siehe p. 357) der Hauptbestandtheil allmählich herausgelöst wird, zeigt die Scheide in dem Maße, wie die Lösung stattgefunden hat, auch eine immer schwächere Verdickung in Glykose-Pepton. An vielen Fäden erkennt man selbst nach mehrtägigem Aufenthalt erst bei Jodzusatz eine schwach gelblich sich färbende Scheide.

Bedeutungsvoller für die Auffassung einer chemischen Wirkung der Gallertsubstanz erscheint eine andere Thatsache. Schon früher wurde hervorgehoben, dass die Verdickung eintritt auch an Fäden, welche durch Alkohol getödtet waren. Dasselbe ist der Fall nach Tödtung mit Eisessig, Pikrinsäure, Thymol etc. Eine Ausnahme bilden aber jene Zygnumen, welche einige Zeit in konzentrirter<sup>1)</sup> Sublimatlösung und dann 4—2 Tage in reinem, mehrfach gewechseltem Wasser gelegen haben. In Glykose-Pepton tritt keine Verdickung der Gallertscheide bei solchen Fäden ein. Sublimat verbindet sich nun bekanntlich mit manchen organischen Substanzen, speziell den Eiweiß- und Leimstoffen. So vereinigt es sich auch mit derjenigen Substanz, welche bei der Verdickung der Scheide eingelagert wird, so dass in verdickten Zygnumen, welche in Sublimat gelegen haben und dann ausgewaschen wurden, durch Schwefelwasserstoff sich Schwefelquecksilber nachweisen lässt. Auch diese Verbindungsfähigkeit mit Sublimat weist auf die leimartige Natur der eingelagerten Substanz hin. Höchst wahrscheinlich geht nun das Sublimat auch eine Verbindung ein mit dem Hauptbestandtheil der normalen Gallerte und bewirkt dadurch eine solche Veränderung, dass er nicht

1) *Zygnema C.* dagegen, welche 2 Tage in 0,1% Sublimat gelegen hatte, verdickte in Glykose-Pepton ihre Scheide.

mehr fähig ist, in Glykose-Pepton Verdickung zu veranlassen. Diese Verbindung wird man als eine chemische auffassen müssen, um so mehr, als bloß physikalisch gebundene Stoffe, wie z. B. eingelagerte Thonerde, nicht die Verdickung der Gallertscheide beeinträchtigen. Aus diesem ganzen Verhalten geht wieder die Verwandtschaft des eingelagerten Stoffes und der Gallerte hervor, und man könnte auch daraus schließen, dass bei dem Prozess der Einlagerung der Hauptbestandtheil der Scheide durch seinen chemischen Charakter wirksam ist, dass auf demselben die Erzeugung eines ähnlichen Stoffes aus Glykose-Pepton beruht.

Der ganze Prozess steht aber bisher als etwas so Besonderes da und das wesentlichste Moment dabei, die physikalisch-chemische Natur der Gallerte, ist so wenig aufgeklärt, dass überhaupt irgend eine Entscheidung vorläufig nicht zu treffen ist.

Fassen wir das Wesentlichste über den Bau der Gallertscheide von *Zygnema* zusammen, so ergibt sich eine hohe eigenartige Organisation derselben. Zwei Bestandtheile lassen sich an ihr unterscheiden: 1) eine zarte, sehr schwach lichtbrechende, sehr indifferent sich verhaltende Grundsubstanz, welche kaum färbbar und nicht quellungsfähig ist, sich nur löst in stärkeren Säuren; 2) ein die Hauptmasse der Gallerte bildender Stoff, welcher lebhaft Farbstoffe wie Methylenblau, Methylviolett, Vesuvin anzieht, in kochendem Wasser, Chlorzinkjod, Säuren löslich, in Alkohol, Alkalien unlöslich ist, welcher aus Glykose-Pepton eine stickstoffhaltige (leimartige) Substanz bildet und in sich einlagert und welcher fähig ist, nach künstlicher Einlagerung zahlreicher fester Niederschläge lebhaft zu verquellen. Dieser zweite Bestandtheil tritt in der Grundsubstanz in bestimmter Anordnung von zarten Stäbchen auf, welche meist in ihrem unteren Theile durch ein Netzwerk vereinigt scheinen. Die Färbbarkeit behält die betreffende Substanz, so lange sie nicht gelöst ist, die Quellbarkeit in kochendem Wasser, Chlorzinkjod verliert sie nach Einlagerung fester Niederschläge. Die Verdickungsfähigkeit behält sie nach Tödtung der Zygnemenzellen durch die meisten Tödtungsmittel mit Ausnahme des Sublimats. Die Verquellungsfähigkeit infolge der Einlagerung fester Niederschläge verliert sie nicht absolut, aber in sehr hohem Grade durch die meisten Tödtungsmittel lebender Zygnemen. Die zuletzt genannte eigenthümlichste Eigenschaft der Gallertscheide kann man wohl auch als den treffendsten Ausdruck ihrer hohen Organisation ansehen, insofern diese Eigenschaft bedingt zu sein scheint durch eine Art von lebendigem Zustand, welcher fast in demselben Grade, durch dieselben Mittel, wie lebendes Protoplasma, in einen starren passiven übergeht.

Da makrochemische Analysen nicht vorliegen, die mikrochemischen Reactionen nicht auf sonst schon genau bekannte Körper hinweisen, lässt sich über die chemische Natur der Gallertstoffe keine sichere Angabe machen. Die Verwandtschaft mit der bei der Verdickung der Scheide ein-

gelagerten Substanz, die Lösung in kochendem Wasser, die Unlöslichkeit in Alkohol, die Verbindungsfähigkeit mit Sublimat und ferner mit Gerbstoff (vergl. S. 346), könnte auf die Vermuthung bringen, dass der Hauptbestandtheil der Gallerte ebenfalls in die Gruppe der leimartigen Stoffe gehöre.

### G. Über den Prozess der Abstoßung und der Quellung.

Die Abstoßung eines Niederschlages in Folge seiner mechanischen Wirksamkeit auf die ihn enthaltende Gallerte ist ein höchst eigenthümlicher Prozess, dessen Aufklärung in molekular-physikalischer Beziehung nicht bisher gelungen ist. Die Thatsache, dass unter Umständen der Prozess auch bei solchen Gallertscheiden vor sich geht, welche nicht mehr mit lebenden Zellen im Zusammenhang stehen, lässt es leichter möglich erscheinen, den Vorgang zu erklären, als wenn wir es mit dem ganz unbekanntem Protoplasma zu thun hätten. Jedoch wird aus dem Vorhergehenden schon klar geworden sein, dass die Gallertscheide eine sehr eigenartige und relativ hohe Organisation besitzt, welche andererseits noch so wenig in ihren chemischen und physikalischen Beziehungen erforscht ist, dass ich verzichten muss, eine ausführliche Theorie des Prozesses zu geben. Nur auf einige bemerkenswerthe Punkte möchte ich eingehen.

In der Gallertscheide der Zygmenen müssen wir wie auch bei anderen organisirten Körpern, z. B. der Stärke, zweierlei Bestandtheile annehmen, das sehr lockere substanzarme Grundgerüst, in welchem die Theilchen des anderen Bestandtheiles nicht gleichmäßig, sondern in bestimmter reihenförmiger, zum Theil netzförmiger Anordnung eingelagert sind. Denn wir können wohl mit Recht die Stäbchenstruktur als einen Ausdruck auch der molekularen Struktur ansehen, weil ihr Auftreten darauf beruht, dass die einen Substanztheilchen eine größere Verwandtschaft zu Farbstoffen, Niederschlägen besitzen als die anderen der Grundsubstanz. Für die kleinsten Theilchen der beiden Gallertbestandtheile, von denen es sehr wahrscheinlich ist, dass sie nicht einfache Moleküle, sondern Molekülaggregate vorstellen, wollen wir den NÄGEL'schen Ausdruck Micellen anwenden, ohne auf die Form und den spezielleren Bau derselben hier näher einzugehen, da eine Zurückführung aller Erscheinungen auf die Micellartheorie NÄGEL's vielleicht nicht unmöglich ist, aber von mir in dieser Arbeit nicht beabsichtigt wird. Wenn ich in die Gallertscheide einen beliebigen Niederschlag einlagere, z. B. Chromgelb, so wird derselbe sich zunächst in den Micellarinterstitien bilden und dieselben in dem Maße, wie die Einlagerung geschieht, erfüllen. Dagegen werden die Wasserhüllen, welche wir mit NÄGEL als nothwendigen Bestandtheil der Micellen annehmen, selbst nicht wesentlich verändert sein. Jedoch kommt hierfür einmal die Kleinheit der Niederschlagtheilchen in Betracht, so dass bei den sehr fein vertheilten Substanzen, wie Berlinerblau, wohl auch Theilchen in

die Wasserhüllen eintreten können. Vor allem aber tritt bei Niederschlägen von Eisenoxydhydrat, Thonerdehydrat etc. die besonders lebhaftere Anziehungskraft der Micelle des Hauptbestandtheiles der Gallerte in Thätigkeit. Man muss sich vorstellen, dass nun auch in den Wasserhüllen der Niederschlag sich bildet und dieselben bei sehr intensiver Einlagerung überhaupt ganz ersetzt. Im normalen Leben muss der ganze osmotische Austausch zwischen dem lebenden Zellinhalt und der Außenwelt durch die Gallertscheide hindurchgehen. Infolge der Einlagerung werden die Wege der aus- und einwandernden Stoffe verlegt und zwar am allermeisten, ja vollständig bei vollständigster Umhüllung der Micellen selbst mit Niederschlagsmänteln. Unzweifelhaft auf dieser Behinderung der Ex- und Endosmose beruht wohl die große Schädlichkeit solcher Verbindungen wie Thonerdehydrat u. s. w. Andererseits hebt sich der große Vortheil in der Fähigkeit hervor, wenigstens einen großen Theil solcher eingelagerter Niederschläge entfernen zu können.

Wenn Chlorzinkjod, kochendes Wasser auf die Gallertscheide einwirken, so zeigt sich nicht eine allmähliche Aufquellung der ganzen Scheide. Vielmehr quillt der Hauptbestandtheil aus der zurückbleibenden Grundsubstanz heraus, wie es scheint in Form einzelner nicht zusammenhängender Körnchen, welche sich rasch in der Flüssigkeit vertheilen. Dieses Herausgleiten und Quellen scheint aber nur dann möglich, wenn die Micellarinterstitien der ganzen Scheide sozusagen bahnfrei sind. Befindet sich dagegen in ihnen ein fester Niederschlag, so tritt bei den genannten Reagentien überhaupt keine Veränderung der Gallertscheide ein. Zygneinfäden, in deren Scheide sich Chromgelb, Berlinerblau vorfindet, kann man kochen und lange mit Chlorzinkjod behandeln, ohne Veränderung der Scheide. Selbst verdünnte Salzsäure bringt keine quellende noch lösende Wirkung auf die Gallerte hervor, so lange nicht der Niederschlag, z. B. Berliner Blau, davon verändert wird.

Um so auffallender erscheint die Thatsache der Abstoßung des Niederschlages von Seiten der Gallerte. Dieser Vorgang erscheint wie ein Quellungsprozess des Hauptbestandtheiles der Scheide. Ich habe schon vorhin aufmerksam gemacht, dass überhaupt das Vorhandensein eines festen Körpers, wie z. B. des bei Glyk.-Ppt. eingelagerten stickstoffhaltigen Stoffes bewirkt, dass Chlorzinkjod, kochendes Wasser nicht mehr eine scheinbare Lösung, sondern eine typische Verquellung veranlassen, indem die herausgleitenden Substanztheilchen gleichsam durch den fremden Niederschlag zusammengehalten werden und infolge dessen zusammenhängende, blasig oder faltig geformte Häute bilden. Bei sehr geringer Einlagerung von Chromgelbkörnchen macht sich dieser Einfluss des Niederschlages kaum bemerkbar, so dass aus der Gallerte ganz lockere Schleimflöckchen mit einzelnen Chromgelbtheilchen herausgleiten, welche beide erst nach stärkerer vorheriger Einlagerung und stärkerer Quellung zusammenhängende

Häute bilden können. Das wesentlichste Moment in der Erklärung ist die Frage, wo kommt die Kraft her, die Gallerte bei Vorhandensein von festen Niederschlägen zur Quellung zu veranlassen. Es muss eine verhältnismäßig große Kraft sein, da in solchem Falle selbst starke Quellung bewirkende Mittel nicht wirksam sind, da der Niederschlag auch so fest sitzt, dass er durch großen mechanischen Druck nicht herausgepresst werden kann.

Die mannigfachen Versuche, der Lösung dieser Hauptfrage nahe zu treten, haben vorläufig nur zu dem einen Resultat geführt, dass es gelingt, den ganzen Verquellungs- und Abstoßungsprozess künstlich herbeizuführen.

Wenn man Eisenoxydhydrat in die Scheide von *Zygnema C.* einlagert und die Fäden in Ferrocyankalium taucht, dem etwas Salzsäure zugesetzt ist, entsteht in der Scheide Berlinerblau. Behandelt man dieselben Fäden mit Kali, so wird Eisenoxydhydrat regeneriert. Man kann diese Prozesse mit denselben Fäden mehrmals hintereinander wiederholen, ohne dass die Gallertscheide dabei verändert wird, ein deutliches Zeichen dafür, dass das Stattfinden von chemischen Prozessen in ihr überhaupt nicht direkt bei der Abstoßung wirksam ist. Anders gestaltet sich der Vorgang, wenn man die Berlinerblaubildung langsam unter dem Mikroskop eintreten lässt. Sowie das Ferrocyankalium, welchem man nur Spuren von Salzsäure beigegeben hat, mit der das Eisenoxydhydrat enthaltenden Gallertscheide in Berührung kommt, tritt allmählich unter tiefer Blaufärbung genau der typische Abstoßungsprozess der Gallerte ein. Die blau werdende Scheide erhebt sich in mannigfach gestalteten Blasen, welche sich zu zierlich netzförmig durchbrochenen oder gehirnartig gefalteten Häuten vereinigen. Diese nur bei langsamer Einwirkung des Reagens bemerkbare Quellung der Gallerte muss man sich wohl auf folgende Weise erklären. Die beigefügte Salzsäure löst in jedem Falle zuerst das Eisenoxydhydrat, welches dann sogleich durch Ferrocyankalium in das unlösliche Berlinerblau übergeführt wird. Dringen beide Substanzen gleichzeitig in die Gallerte ein, so erfolgt momentan die Berlinerblaubildung, die Salzsäure hat keine Zeit, mit den Gallerttheilchen selbst in Berührung zu kommen, welche ihrer Wirkung gleich durch den neuen Niederschlagsmantel entzogen werden. Bei langsamer Einwirkung dagegen dringt die Salzsäure zuerst in die Scheide ein, löst das Eisenoxydhydrat, kommt noch kurz vor der Verwandlung desselben in direkte Berührung mit den Gallerttheilchen und veranlasst dieselben zu der Verquellung. Erst während derselben findet die Bildung des Berliner Blaus statt. So wirken bei diesem Abstoßungsprozess zweierlei Momente mit, ein chemisches: die Sprengung des Niederschlagsmantels, welcher die Micelle umgiebt, und ein physikalisches, ein die Quellung veranlassendes Mittel; das Vorhandensein eines festen Niederschlages bedingt zugleich die besondere Art der Quellung. Der chemische

Prozess der Berlinerblaubildung selbst ist für die Verquellung gleichgültig. Es gelingt, wenn auch nicht so auffällig, dieselbe zur Beobachtung zu bringen bei Behandlung von Eisenoxydhydrat enthaltenden Gallertscheiden mit sehr langsam einwirkender, sehr verdünnter Salzsäure, welche zuerst den Mantel des Eisenoxydhydrats sprengt, quellend auf die frei gelegte Gallerte wirkt und dann erst endgültig den Niederschlag löst. Eine bloße Lösung des Niederschlages durch ein sonst nicht quellend wirkendes Mittel, wie z. B. die Entfernung des Chromgelbs aus der Gallerte durch Kali, veranlasst keine Veränderung der letzteren.

Dieselben Verquellungserscheinungen wird man auch durch andere Prozesse erzeugen können. Ich halte es für wahrscheinlich, dass bei der Verquellung der in Glyk.-Ppt. verdickten Scheiden durch Chlorzinkjod dasselbe insofern in analoger Weise wirkt, wie in dem Falle der Berlinerblaubildung die Salzsäure, als sie eine chemische Veränderung, wenn auch keine Lösung der eingelagerten Substanz veranlasst, wobei es dann möglich ist, die für kurze Momente frei gelegten Gallerttheile zur Quellung zu bringen. Noch ähnlicher ist aber die Wirkung des Schwefelwasserstoffwassers auf verdickte Zygmenen, welche einige Zeit in Sublimat gelegen haben. Allmählich tritt eine Zersetzung ein, dann eine Verquellung der Scheide, deren Resultat eine blasig und faltig erhobene Gallertmasse ist, in welcher Schwefelquecksilber vorhanden ist. Auffallenderweise kann aber auch Verquellung durch eine einfache Farbstofflösung herbeigeführt werden. Eine frisch bereitete Vesuvinslösung färbt sehr intensiv die Gallertscheide von *Zygnema C.*, und der Farbstoff wird außerordentlich fest gehalten. Als ich eine mehrere Monate alte Lösung desselben Farbstoffes anwandte, trat merkwürdigerweise eine sehr scharfe peripherische Begrenzung der Scheide auf, dann allmählich eine Verbreiterung derselben und nach und nach auch ein blasenförmiges Hervorwölben oder sogar Abheben der peripherischen Schicht in Form eines weiten Schlauches. Da mir unbekannt ist, was für chemische Veränderungen beim längeren Stehen einer Vesuvinslösung eintreten, muss ich auf eine weitere Erklärung der Erscheinung verzichten.<sup>1)</sup>

Mit der gelungenen künstlichen Herbeiführung des Abstoßungsprozesses ist nun aber für die eigentliche Frage, welche Vorgänge dabei in der Gallerte lebender Zygmenen eine Rolle spielen, sehr wenig gewonnen. Höchst wahrscheinlich sogar kommen ganz andere Momente dafür in Betracht. Das Unterscheidende des Vorgangs bei lebenden Zygmenen von dem durch Salzsäure hervorgerufenen an todtten beruht

1) Beiläufig mag hier noch erwähnt werden, dass ein Abheben der Gallertscheide theils in Form einzelner Blasen, theils in Form eines faltigen Schlauches auch durch die Wirksamkeit der Fäulnisbakterien herbeigeführt wird. *Zygnema C.*, welche wochenlang in einer faulenden Peptonlösung lag, zeigte obige Erscheinung. Jedoch geht dieser Verquellungsprozess sehr langsam vor sich, da selbst nach 7 Wochen noch viele sonst ziemlich ausgefaulte Zygmenen eine unveränderte Gallertscheide zeigten.

vor allem darin, dass der Niederschlag bei dem Prozess nicht chemisch verändert wird. Infolge dessen ist jede Annahme, nach welcher die Zellen etwa Säuren ausscheiden, um die Abstoßung des Niederschlages zu besorgen, ausgeschlossen und ebenso die in solchen Fällen sonst so beliebte Vorstellung von Fermenten. Denn die letzteren könnten doch nur in der Weise wirken, dass sie die Gallerte in einen leicht verquellenden Schleim überführten, aber damit ist das erste, die Lockerung und Lösung der Gallerttheile von dem sie umgebenden Niederschlag, nicht erklärt. Wie wir bei der Erforschung aller Lebenserscheinungen stets damit endigen, vor dem dunklen Räthsel des Protoplasmas stille zu stehen, und uns begnügen müssen, auf seine uns unbekannt Organisation hinzuweisen, so ist es auch hier in ähnlicher Weise der Fall mit der eigenartigen Abstoßungserscheinung von Seiten der Gallerte. Man muss sagen, dass der Grund hierfür eben in der ganz besonderen Organisation derselben, speziell des einen Bestandtheiles liege, ohne dass es aber vorläufig dabei möglich ist, das Wesen dieser Organisation klar darlegen zu können.

### 3) Über das Verhältnis der Gallertscheide zu der Zellmembran und das Wachsthum beider.

Aus der ganzen vorhergehenden Darstellung geht hervor, dass die Gallertscheide kein einfaches Degenerationsprodukt der Zellhaut ist, entsprechend wie etwa die Samenschleime, sondern ein besonders gebäutes selbständiges Organ der Zelle. Die Frage nach dem näheren Verhältnis desselben zu der Zellhaut führte zugleich zu einer Untersuchung der letzteren. Zunächst ist zu betonen, dass beide Organe stets vollkommen scharf getrennt erscheinen, sodass man nie über die Grenze beider im Zweifel bleibt. Äußere Schichten der Zellhaut, welche etwa in ihrem Aussehen oder ihren Eigenschaften Übergänge zu der Gallerte zeigen, habe ich bisher niemals beobachtet. Die bis dahin vorwaltende Anschauung von der Entstehung der Scheide durch Vergallertung der Zellhaut ist überhaupt eine bloße Annahme, wofür eigentliche Thatsachen nicht vorliegen. Meine Beobachtungen haben wie bei den Desmidiaceen zu der Anschauung geführt, dass die Gallertscheide auch eine von der Zellhaut unabhängige Entstehung hat durch Ausscheidung von Seiten des lebenden Cytoplasmas der Zelle. Wenn auch von vorn herein zuzugeben ist, dass ein unumstößlicher Beweis für diese Vorstellung sich nicht hat geben lassen, so weisen doch eine ganze Reihe verschiedener Thatsachen auf ihre hohe Wahrscheinlichkeit hin, Thatsachen, welche bei der vergleichenden Untersuchung von Zellhaut und Scheide sowohl in den verschiedenen Eigenschaften als auch in der Wachstumsweise beider sich bemerkbar machen.

## a. Die Eigenschaften von Zellhaut und Gallertscheide.

Im allgemeinen sind es dieselben Farbstoffe, welche Zellhaut und Gallerte färben, vor allem Vesuvin, Methylviolett, Methylenblau. Indessen ist die Anziehungskraft der Zellhaut eine sehr viel größere, da sie immer zuerst sich färbt und auch bei Verdünnungen der Lösung, bei welchen keine Färbung der Scheide mehr eintritt. Sehr viel lebhafter als die letztere färbt sich die Zellhaut mit Cyanin, Gentianin, Saffranin. Einen Farbstoff giebt es nun auch, welcher nur die Zellhaut färbt und niemals die Gallerte, nämlich Kongoroth, zugleich eine Substanz, welche in sehr weiten Grenzen vollkommen unschädlich ist. Bei Kultur von Zygneimen in Kongoroth, dann Einlagerung von Berlinerblau in die Scheide, hebt sich der grüne Zellinhalt von der rothen Zellhaut und der tiefblauen Scheide sehr überraschend hervor. Auf diese Färbung der Zellhaut mit Kongoroth lege ich einigen Werth, insofern dieselbe hier bei den Zygneimen und auch bei einigen anderen Algen als eine Art Reagens auf Cellulose erscheint. Es ist hier gleich zu bemerken, dass nicht der verschiedene physikalische Zustand von Gallerte und Zellhaut die verschiedene Färbefähigkeit bedingt. Wenn die Zellen von *Zygnema A.* in Ruhezustand übergehen, verdicken sich die Zellwände stark und bei dem späteren Absterben und Faulen der Fäden gehen diese inneren Zellwandschichten in Verquellung über, so dass sie in Form von gallertigen oder schleimigen Massen die äußerste Zellwandlage durchbrechen und nach außen quellen. Diese verschleimten Zellwände zeigen noch dieselbe Färbung mit Kongoroth.

Die Reaktionen auf Cellulose, welche in keiner Weise bei der Gallerte zu erzeugen sind, gelingen leicht bei der Zellhaut. Schon konzentrirte wässrige Jodjodkaliumlösung, besser Chlorzinkjod färben sie violett, Jod und Schwefelsäure blau. Bei der Anwendung des zuerst genannten Reagens, bei welcher die Gallerte erhalten bleibt, erscheint sie ganz farblos neben der violetten Zellhaut.

Die Zellwand der Zygneimen besteht nun keineswegs aus reiner Cellulose, sie enthält, wie bei fast allen Pflanzenzellen, gewisse Beimengungen. Analog wie bei der Gallertscheide muss man zwei Hauptbestandtheile in ihr annehmen, das eigentliche Kohlehydrat und eine Substanz von unbekannter chemischer Natur. Die Trennung geschieht am einfachsten durch Kochen mit verdünnter Salzsäure, wobei reine, in Kupferoxydammoniak sofort lösliche, die Zellstoffreaktionen sehr deutlich aufweisende Cellulose zurückbleibt. Die Lösung des andern Bestandtheiles aus der Zellhaut erkennt man an dem Verlust der Färbefähigkeit mit Methylviolett, Methylenblau. So zeigt sich in diesem Verhalten eine gewisse Ähnlichkeit mit der Gallertscheide, da auch bei dieser die Färbbarkeit nur dem einen ihrer Bestandtheile verdankt wird. Jedoch andererseits offenbaren sich dabei zugleich Unterschiede. Kochen mit Wasser, Chlorzinkjod verändern die

Zellhaut nicht, ihren färbbaren Bestandtheil verliert sie erst bei Anwendung von anorganischen Säuren oder durch Wasserstoffsuperoxyd. Sehr bemerkenswerth ist es, dass die gereinigte, mit Methylenblau nicht mehr färbbare Zellhaut in unveränderter Weise Kongoroth in sich fixirt.

In dem Verhalten zu Glykose-Pepton zeigt sich ebenfalls einerseits eine Ähnlichkeit, andererseits ein Unterschied zwischen Zellhaut und Scheide. Auch die erstere nimmt aus der Lösung einen stickstoffhaltigen Stoff in sich auf, in Folge dessen sie sich mit Jod goldgelb färbt, was vorher nicht der Fall ist. Dieser neu eingelagerte Bestandtheil ist aber ein anderer, als der die Verdickung der Gallertscheide hervorrufende, da er nicht in kochendem Wasser<sup>1)</sup> löslich ist, sondern erst verschwindet bei Anwendung von stärkeren Säuren und Wasserstoffsuperoxyd. Er verhält sich also wie der eine Bestandtheil der Zellhaut und seine Einlagerung hängt auch von dessen Vorhandensein ab. Denn mit Salzsäure gereinigte Zellhaut hat sowohl die Fähigkeit verloren, mit Methylenblau sich zu färben, wie diejenige aus Glyk.-Ppt., eine stickstoffhaltige Substanz einzulagern. Beide Fähigkeiten hängen nicht von der Cellulose, sondern dem andern nicht näher bekannten Bestandtheil der Zellwand ab. Ein fernerer Unterschied gegenüber der Scheide zeigt sich in dem Verhalten zu konzentrirtem Sublimat. Dieses bewirkt eine Veränderung der Scheide, so dass sie in Glyk.-Ppt. sich nicht mehr zu verdicken vermag, während die entsprechende Fähigkeit der Zellhaut nicht dadurch beeinträchtigt wird.

Während die Gallertscheide eine charakteristische Struktur, je nach den Arten, in verschiedenem Grade der Ausbildung besitzt, zeigt die Zellwand von *Zygnema* keine analoge Erscheinung. Vielleicht gehört nur eine Beobachtung hierher, welche an Zellhäuten von *Zygnema C.* gemacht wurde, welche 24 Stunden in Kupferoxydammoniak gelegen hatten. Hierin quollen die Zellwände sehr stark auf und es scheint auch eine theilweise Lösung stattzufinden. Bei den meisten dieser verquollenen, bisweilen aufgerissenen und hautähnlich ausgebreiteten Zellwände sah man eine Art grober Längsstreifung. Viel deutlicher trat die Struktur nach Färbung mit Methylenblau hervor, in welchem sich der Länge nach verlaufende, häufig aber durch schiefe Querstreifen zu einem Netzwerk vereinigte blaue Balken von einer kaum gefärbten Grundsubstanz abhoben. Dieses System von Längsbalken resp. das Netzwerk wurde nach Behandlung mit absolutem Alkohol noch etwas schärfer sichtbar, ebenso nach Kochen mit Wasser, wurde nicht deutlich bei Anwendung von Chlorzinkjod, Kongoroth, da bei beiden eine gleichmäßige Färbung der aufgequollenen Zellhaut stattfand. Vielleicht stellen

1) Bei längerem Liegen in reinem Wasser geht auch die in die Zellhaut eingelagerte Substanz verloren (vergl. p. 360 Anmerkung), erhält sich aber länger, als die der Scheide. In Glykose-Pepton, dem Thymol zugesetzt ist, bleibt die Substanz beliebig lange Zeit in der Zellhaut.

diese Balken diejenigen Stellen dar, in welchen der mit Methylenblau färbare Bestandtheil in besonderer Dichte eingelagert ist. Jedoch lag eine weitere Verfolgung der Beobachtung nicht in meiner Absicht. Hervorzuheben ist nur, dass die Gallertscheide nicht in Kupferoxydammoniak quillt, wie die Zellhaut, sondern in ihrer Breite unverändert bleibt, dagegen die Färbefähigkeit mit Methylenblau aus nicht näher untersuchten Ursachen in hohem Grade einbüßt.

Aus dem Vergleich der Eigenschaften von Zellhaut und Gallertscheide ergibt sich, dass beide neben einigen Analogien wesentliche Unterschiede zeigen und gerade solche, welche von vorn herein die Entstehung der letzteren aus der ersteren unwahrscheinlich erscheinen lassen. Der Hauptbestandtheil der Zellhaut ist Cellulose, derjenige der Gallerte eine Substanz, die nicht blos in allen Beziehungen davon verschieden ist, sondern auch mit den sonstigen Umwandlungsprodukten der Cellulose wie den Schleimen, Gummiarten u. s. w. keine Ähnlichkeit zeigt. In mehr positivem Sinne sprechen aber vor allem die Wachstumserscheinungen der Zellhaut für meine Anschauung von der davon unabhängigen Entstehung der Gallertscheide.

#### b) Das Wachsthum von Zellhaut und Gallertscheide.

Die Zellhaut der Zellen eines *Zygnema*-Fadens setzt sich zusammen aus Quer- und Längswänden; die Dicke der letzteren bleibt im normalen vegetativen Zustand bei allen Zellen wesentlich dieselbe, während bei den Querwänden dünnere und dickere je nach dem Alter in verschiedenen Abstufungen des Durchmessers sich unterscheiden lassen. An jeder Zellwand unterscheidet sich zwei Schichten, die primäre, welche mit der der Nachbarzelle zu einem einheitlichen Häutchen vereinigt ist, und eine sekundäre, das Cytoplasma direkt umkleidende<sup>1)</sup>. Die gleichmäßige Dicke der Längswände kann nur davon herrühren, dass in demselben Maße, wie durch Längsstreckung mit vorher oder nachher erfolgender Zweitheilung die Zellhaut dünner gemacht wird, jedenfalls ein Wachsthum in die Dicke eintritt. Der nähere Vorgang dieses Zellhautwachsthums stellt hier wie in den meisten anderen Fällen bei Pflanzenzellen ein noch nicht klar gelöstes Problem dar. Durch SCHMITZ<sup>2)</sup>, besonders die ausführliche Arbeit von STRASBURGER<sup>3)</sup>

1) *Spirogyra orthospira* ist ganz entsprechend wie *Zygnema C.* gebaut; früher (Zellbildung und Zelltheilung. 2. Aufl. p. 50) unterschied STRASBURGER an der Zellwand außer der Gallertscheide ebenfalls zwei Schichten; in seinem neuesten Werk »Über Bau und Wachsthum der Zellhäute« p. 68 unterscheidet S. außer der Gallertschicht, welche er als Cuticula bezeichnet, nur eine einzige Zellhautschicht. Das Verhalten gegen Reagentien, besonders aber bei dem Zerfall der Fäden in einzelne Zellen lassen die letztere Ansicht als nicht richtig erscheinen.

2) SCHMITZ, Über Bildung und Wachsthum der pflanzlichen Zellmembran. Sitz.-Ber. d. niederrh. Gesellsch. f. Nat. u. H. Bonn 1880.

3) STRASBURGER, Bau u. Wachsthum der Zellhäute. 1882.

ist die Appositionstheorie in den Vordergrund gesetzt; sie ist aber noch nicht allgemein durchgedrungen, was wohl daran liegt, dass selbst in denjenigen Fällen, in denen nach den Angaben Appositionswachsthum höchst wahrscheinlich ist, die Intussusceptionstheorie nicht ganz ausgeschlossen ist und andererseits die letztere für manche andere Fälle eine bessere Erklärung der Erscheinungen darzubieten scheint. WIESNER<sup>1)</sup> hat neuerdings wieder eine Art von Intussusceptionswachsthum für alle Zellhäute vertheidigt, allerdings mehr aus theoretischen und nicht ganz stichhaltigen Gründen. Die große Schwierigkeit, welche der Erforschung des Dickenwachsthums sich entgegenstellt, ist der Mangel einer bestimmten fest fixirten Marke in der Membran, an welcher bei dem weiteren Wachsthum der letzteren sicher zu erkennen ist, in welcher Weise die Verdickung erfolgt. Die Zygnumen bieten nun nach dieser Hinsicht ein sehr lehrreiches Objekt dar. Kultivirt man *Zyg. C.* längere Zeit in 0,4 % Eisenweinstein, so beobachtet man an den lebenden Zellen schwarze körnige Massen, welche an der Innenseite der Zellwand sitzen, bei der Plasmolyse daran haften bleiben und überhaupt eine unverrückbare Stellung einnehmen. Dieselben schwarzen Körner treten als häufige Erscheinung auf nach Einlagerung verschiedenster Eisenverbindungen in die Gallertscheide, und entsprechende aber anders, z. B. rothbraun gefärbte Massen finden sich auch nach Einlagerung anderer Körper, besonders von Bleioxydsalzen, ferner von Uran-, Thonerdesalzen. In allen Fällen ohne Ausnahme sitzen die Körner an der Innenseite der Zellhaut, zeigen sich aber sonst sehr mannigfaltig. Meist sind es Körner, die zu dicht gedrängten, sehr verschieden großen Häufchen vereinigt sind (III. Fig. 49 r); bisweilen legen sie sich zu hautartig ausgebreiteten Flächen zusammen, welche in einzelnen Fällen, besonders nach Einlagerung von Albuminbleioxyd, mitunter auch von Katechubleioxyd, fast  $\frac{1}{4}$  des ganzen Zellumfangs einnehmen. Diese Körnerhaufen sind an normalen *Zygnema*-Fäden nicht vorhanden, sie sind eine direkte Folge der Einwirkung der Salzlösungen, und wohl nur in denjenigen Fällen, wo die Niederschläge in der Gallerte nicht ganz unlöslich, resp. leichter zersetzlich sind, wie z. B. beim Katechubleioxyd, kann auch nach dem Prozess der Einlagerung noch eine Vermehrung dieser Ausscheidungen vor sich gehen. Es ist keine Frage, dass aus dem Zellplasma infolge einer Reizwirkung das Material für diese Ausscheidung geliefert wird, und höchst wahrscheinlich ist es, dass die in den *Zygnema*-Zellen so reichlich vorhandenen Gerbstoffbläschen zum Austritt aus dem Plasma und zur Verbindung mit dem Eisenoxyd resp. Bleioxyd zu unlöslichen, an der Zellwand festhaftenden Massen veranlasst werden. Die

---

1) WIESNER, Untersuchungen über die Organisation der vegetabilischen Zellhaut. Sitz.-Ber. d. Wiener Akad. 1886. — Ich erhielt die Arbeit, als meine eigene schon im wesentlichen fertig war; so werde ich an anderer Stelle meine Ansicht über die Auffassung von WIESNER aussprechen.

schwarzen Körner, in denen das Eisenoxyd sich leicht nachweisen lässt, haben bisweilen noch vollständig die ursprüngliche Form der Gerbstoffbläschen, und das Vorhandensein einer schwarzen Eisenverbindung weist noch klarer auf den Gerbstoffgehalt der Ausscheidungen hin. In jenen Zellen, an denen ganz besonders große Massen ausgeschieden sind, wie z. B. bei Albuminbleioxyd, sind fast sämtliche Gerbstoffbläschen verschwunden, so dass der Zellinhalt ein sehr lichtgrünes, klar durchsichtiges Aussehen angenommen hat.

Die *Zygnema*-Fäden mit solchen schwarzen oder rothbraunen Marken an der Innenseite der Zellwand sind sonst nach allen Beziehungen gesund und lebenskräftig und zeigen Wachstum. Jetzt stellt sich die Frage ein, ob dasselbe durch Intussusception oder Apposition geschieht. Im ersteren Falle müssten die schwarzen Körner stets an der Innenseite bleiben und sich durch die neu sich einlagernde Zellhautsubstanz von der äußeren peripherischen Schicht immer weiter entfernen; im zweiten Falle müssten sie dagegen eingeschlossen werden von der neu sich auflagernden Zellhautlamelle und sich bei weiterer Dickenzunahme immer weiter von der inneren Schicht der Zellhaut entfernen. Man überzeugt sich nun sicher, dass der zweite Fall bei den *Zygnemen* eintritt. Namentlich bei solchen Zellen, welche, ohne in die Länge zu wachsen, nur stark ihre Zellhaut verdicken, lagern sich dabei neue Lamellen über die schwarzen oder braunen Marken (III. Fig. 48). Bei Längenwachstum, welches allerdings bei den *Zygnemen* in Zimmerkulturen nie sehr ausgiebig ist, werden die äußeren Zellwandschichten wie es scheint allmählich gesprengt und die Ausscheidungen mit ihnen aus der Zelle entfernt. Wenigstens beobachtete ich solches sicher bei Fäden mit schwarzen Körnern, weil lange Zeit noch Fetzen der alten Zellwand erhalten blieben, an denen die Körner saßen (III. Fig. 47, 22). Was an diesen Beobachtungen ferner noch interessirt ist, dass die Erhaltung dieser Zellwandfetzen dafür spricht, dass sie nicht etwa in Gallerte metamorphosirt werden.

So geben diese Beobachtungen für den bestimmten Fall von *Zygnema* eine vollkommene Bestätigung der Theorie von STRASBURGER, was noch klarer bei der weiteren Untersuchung hervortritt. Die beiden Momente des Zellhautwachstums, die Apposition neuer Zellhautlagen und die Dehnung, schließlich Absprengung der ältesten Lagen lassen sich noch vielfach beobachten in Folge der Wachstumserscheinungen, welche nach Einlagerung mancher Niederschläge in die Gallerte vorgehen. Einige derselben, wie z. B. die Eisenverbindungen, werden, wie früher bemerkt, nicht abgestossen, und immer gibt es bei *Zyg. C.* eine Anzahl Zellen, welche dabei nicht zu Grunde gehen. In allen Fällen wird durch die Einlagerung, bei welcher höchst wahrscheinlich, manchmal direkt nachweisbar, Niederschlagstheilchen auch in die peripherische Zellhautschicht eindringen, die Dehnbarkeit der letzteren aufgehoben. Bleibt nun die Zelle lebend, so kann zweierlei eintreten. Der Widerstand der erstarrten Zellhaut ist zu groß für die Zelle,

welche infolge dessen nicht in die Länge wachsen kann und sich begnügt, in einen Ruhezustand überzugehen, für welchen sie neue Zellhautlamellen bildet. Besonders häufig tritt dieser Zustand ein bei *Zyg. A.* nach Einlagerung des unschädlichen Katechubleioxyds, welches sie nur in geringem Maße abstoßen kann. Hier bilden sich mächtige Zellhautauflagerungen in mannigfachster, oft sehr unregelmäßiger Form, bisweilen fast die Hälfte des ursprünglichen Zellvolumens einnehmend (III. Fig. 26 z). In andern Fällen, besonders bei *Zygnema C.*, gelingt es den einzelnen Zellen, sich aus dem Verbande zu lösen, indem nach Sprengung der primären Zellschicht an den Querwänden die letzteren sich herauswölben, und jetzt die Zellen frei in die Länge wachsen können. Die alte primäre Schicht bleibt dann sehr lange als Mantel auf den sich lebhaft theilenden Zellen sitzen, dieselben besitzen nicht die Fähigkeit, aus derselben etwa Gallerte zu bilden. Bei solchen aus dem Verbande gelösten und sich theilenden Einzelzellen beobachtet man, wie schon nach der ersten Theilung eine neue Sprengung der nächst jüngeren Zellschicht an einem oder an beiden Enden eintritt, wobei die herauswachsenden Zellen an den freigelegten Stellen sofort mit neuer Gallerte sich umgeben.

Eigenartiger gestaltet sich das Wachstum bei solchen Zellen, welche nicht an den Querwänden sich von einander trennen können. In diesem Falle sucht die Zelle knieförmig die alte Zellhaut an den Seitenwänden zu durchbrechen und allmählich herauszuwachsen. So beobachtete ich es besonders häufig bei *Zygnema B.* nach Einlagerung von Katechubleioxyd, wobei es ziemlich gleichgültig war, ob der Niederschlag mit der Gallerte abgestoßen war oder nicht. Im letzteren Falle war es auffallend, wie nur an der Stelle, wo die erste knieförmige Ausbuchtung sich bemerkbar machte, eine starke Verquellung der Gallerte stattfand, was hier wohl auf eine direkte Folge der Wirkung von Seiten des Cytoplasmas zurückzuführen ist. An der Kniestelle wird sehr bald die alte primäre Zellwand gesprengt, und die Zelle, mit der sekundären Schicht umkleidet, wölbt sich ganz allmählich hervor (III. Fig. 45, 46, 20). Sowie die dünne Zellwand mit der Außenwelt in direkte Berührung kommt, und nur soweit das geschieht, bedeckt sie sich mit neuer Gallerte, welche, wie Methylviolett färbung deutlich zeigt, in Form kleiner schmaler, häufig etwas gekrümmter Strahlen auftritt (III. Fig. 45). Man kann nun mit den besten optischen Hilfsmitteln die direkte und ununterbrochene Kontinuität der Zellhaut an diesen schleimbildenden Stellen mit den noch von alter Zellhaut bedeckten Partien nachweisen und ebenso das völlige Unverändertsein der ersteren, was mit der Annahme der Verschleimung nicht vereinbar ist. Die gesprengte alte Zellhülle bleibt vollständig erhalten und kann erst recht keine Rolle bei der Gallertbildung spielen, so dass die Anschauung von der allmählichen Ausscheidung der Gallerte durch die junge neue Zellwand von Seiten des Cytoplasmas als das Wahrscheinlichste erscheint. Man könnte allerdings den Einwand erheben, dass erst in Folge

der Einlagerung eines Niederschlages die primäre Zellhautschicht ihre Fähigkeit zu vergallerten verloren hat. Indessen ist der Einwand nicht stichhaltig. Denn auch bei ganz normalen Fäden ist gerade diese primäre Schicht diejenige, welche der Quellung am stärksten widersteht und welche bei der Fäulnis bis zuletzt erhalten bleibt, während die innere Zellhautschicht dabei verquillt.

In der bisherigen Betrachtung ist hauptsächlich auf solche *Zygnema*-Zellen Rücksicht genommen, welche unter besonderen Umständen Theilung und Membranwachsthum zeigen. Es taucht die Frage auf, wie das letztere unter ganz normalen Verhältnissen vor sich geht. Kein Grund ist vorhanden zu der Annahme, dass dabei das Wachsthum wesentlich anders verläuft. Die Apposition neuer Zellhautlamellen ist mit Hülfe der schwarzen Marken nachgewiesen worden bei sonst ganz normalen Fäden. Schwieriger ist die Frage, was aus den älteren Zellwandpartien wird. Augenscheinlich besitzen sie ein größeres Dehnungsvermögen, als unter den früher erwähnten Verhältnissen. Andererseits erscheint die von SCHMITZ<sup>1)</sup> und STRASBURGER für das Wachsthum anderer Fadenalgen angenommene beliebig große Dehnung, durch welche schließlich die älteren Zellhautlamellen zu einem gemeinsamen dünnen Häutchen zusammenschweißt werden, sehr unwahrscheinlich. Vielmehr werden nach meiner Ansicht schließlich nach einer Anzahl von Zelltheilungen die ältesten und äußersten Zellwandschichten stets gesprengt, und die infolge der Dehnung sehr dünnen Hautfetzen verkleben mit den nächst jüngeren. Hierfür spricht die früher beschriebene direkte Beobachtung solcher Sprengungen und weiterhin auch das Vorhandensein von Resten der Zellhautlamellen an den älteren Querwänden. Bei jeder Bildung einer neuen Membranlamelle, besonders nach neuer Theilung wird dieselbe gleichzeitig an der ganzen Peripherie ausgeschieden. Je länger daher eine Querwand zu einer Zelle gehört, welche beständig neuen Theilungen unterworfen ist, desto dicker muss sie werden. Solche besonders dicken, stark lichtbrechenden und folglich alten Querwände sind gerade eine besondere charakteristische Erscheinung in den *Zygnemen*fäden. Es lässt sich nun nachweisen, dass diese dicken Querwände aus einzelnen Lamellen bestehen, welche nicht, wie nach der Auffassung von SCHMITZ und STRASBURGER gefordert wird, alle in die gemeinsame Zellhautschicht des Fadens übergehen, sondern vielmehr frei endigen, wobei die freien Enden häufig deutlich schief aufwärts gerichtet sind (III. Fig. 24), ein klares Zeichen dafür, dass jede der Lamellen einer Zellwandschicht entspricht, welche im Laufe der Fadenentwicklung gesprengt worden ist. Am einfachsten erkennt man diesen Bau der dicken Querwände durch Färbung mit Kongoroth.

Das Wachsthum der Gallertscheide selbst wird man sich in der Weise

1) SCHMITZ l. c. p. 7; STRASBURGER l. c. p. 180 u. w.

vorstellen müssen, dass es jeder Längsstreckung der Zelle folgt, indem immer neue Gallerttheile vom Plasma aus durch die Membran ausgeschieden werden. Man hat es in der Gewalt, die Zelle zur Gallertausscheidung zu bringen dadurch, dass man die Fäden in einzelne Stücke zerschneidet. Schon nach 24 Stunden findet sich in allen durch den Schnitt freigelegten und lebend gebliebenen Zellen an denjenigen Querwänden, welche mit der Außenwelt in direkte Berührung treten, Gallerte ausgeschieden, und auch hierbei lässt sich an denselben keine Veränderung beobachten, die zu sehen sein müsste, wenn wirklich die Querwand selbst in ihrer äußeren, der Nachbarzelle ursprünglich angehörenden Schicht vergallerten würde. Bei jenen *Zygnema*-Fäden, bei welchen lebhafteste Abstoßung von Gallerte sammt Niederschlägen, wie z. B. Chromgelb, erfolgt ist, scheint die neue Gallertausscheidung ziemlich langsam vor sich zu gehen. Doch lassen sich genauere Daten wegen der Ungleichmäßigkeit des Abstoßungsprozesses nicht gewinnen.

Über den genaueren Vorgang der Gallertausscheidung herrscht vorläufig tiefes Dunkel; wir stehen wieder vor dem Räthsel des Protoplasmas. Doch möchte ich auf eine eigenthümliche Erscheinung aufmerksam machen, welche möglicherweise mit dieser Ausscheidung in Beziehung ist, für alle Fälle aber erwähnenswerth erscheint. Schon früher wurde hervorgehoben, dass in dem Plasma der *Zygnema*-Zellen sehr reichlich kleine runde Bläschen vorhanden sind, welche sehr lebhaft, während die Zellen noch lebend sind, Farbstoffe wie Methylviolett, Methylenblau aufnehmen. Prof. PFEFFER<sup>1)</sup> hat diese Bläschen einer Untersuchung unterzogen und nachgewiesen, dass sie aus zweierlei Substanzen bestehen, einem die Farbstoffe anziehenden Gerbstoff und einer Grundsubstanz, welche schleim-, vielleicht eiweißartiger Natur ist. Bei dem Tode der Zellen gehen diese Bläschen sehr schnell zu Grunde. Bei manchen zarten *Zygnema*-Fäden, welche wahrscheinlich zu *Zyg. B.* gehörten, trat nach Zusatz von Methylviolett zuerst eine lebhafteste Violettfärbung der Bläschen ein und dann eine Verquellung in der Art, dass sie sich stark verbreiterten, zuerst zu einer Scheibe, dann zu einem Ringe. Auffallenderweise dringen die in der Nähe der Hautschicht vorhandenen Bläschen während der Quellung durch die Zellmembran, so dass im geeigneten, allerdings sehr vorübergehenden Moment die Zellhaut mit blauen Höckern durchsetzt erscheint, während sie selbst ganz schwach, die Gallertscheide gar nicht gefärbt ist (III. Fig. 24). Bei Anwendung von 10—12 % Zuckertlösung, in welcher man Methylviolett etwas gelöst hat, gelingt es mitunter, einen solchen Moment zu fixiren, wo die blauen, durch die Zellwand quellenden Bläschen noch mit dem schon etwas kontrahirten Zellleibe im Zusammenhang stehen (III. Fig. 23). Die einfache Färbung mit Methylviolett veranlasst also ein Herausquellen der Gerbstoffbläschen durch Hautschicht und Zellhaut. Diese eigenthümliche Reaktion der Bläschen gelingt

1) PFEFFER, Über Aufnahme von Anilinfarben in lebende Zellen; dieses Heft p. 235.

immer nur an einzelnen Fäden, oft nur an einzelnen Zellen; es ist unbekannt, von welchen Umständen dieses Verhalten abhängt. Das Methylviolett darf nicht zu verdünnt sein, weil dann keine Quellung erfolgt, es darf nicht zu konzentriert sein, weil dieselbe zu schnell erfolgt und vor allem weil das Protoplasma zu rasch kränkelt, und die ganze Reaktion gelingt nur, so lange noch die Zelle lebend ist.

Die Ursache der Quellung der Gerbstoffbläschen liegt wohl nicht in deren Gerbstoffgehalt, sondern in dem anderen schleimartigen Bestandtheil. Der Gedanke liegt nahe, anzunehmen, dass gerade diese Bläschen, welche so reichlich stets vorhanden sind und die doch eine wichtige physiologische Funktion ausüben müssen, vielleicht das Material für die Gallertausscheidung liefern. Dagegen könnten die Thatsachen sprechen, dass einmal reichlich ähnliche Gerbstoffbläschen bei Algen ohne Gallertscheide, wie *Mougeautia genuiflexa* vorkommen, dass andererseits dieselben fehlen bei Algen mit Scheiden, wie z. B. bei *Spirogyra orthospira*. Indessen braucht der Vorgang nicht bei allen Formen in gleicher Weise zu geschehen und möglicherweise sind unter den Bläschen überhaupt verschiedene Formen zu unterscheiden, von denen die einen in analoger Weise für die Bildung der Zellhaut verbraucht werden. Man beobachtet stets bei *Zygnema* kleinere und größere, dichtere und weniger dichte und in verschiedenem Grade sich färbende Gerbstoffbläschen.

Übrigens will ich auf diese Hypothesen kein Gewicht legen; mir schien die Beobachtung deshalb so bemerkenswerth, als sie nachweist, dass tatsächlich gewisse Stoffe vom Cytoplasma lebender Zellen aus durch die Hautschicht und die Zellhaut heraustreten können, so dass dadurch meine Vorstellung von der Entstehung der Gallerte klar veranschaulicht wird.

## II. Die Gallertbildungen bei anderen Conjugaten.

Von den zahlreichen Formen der Zygneemen und Mesocarpeen sind, abgesehen von *Zygnema* selbst, nur einige wenige von mir untersucht worden, weil sie wenig Besonderheiten zeigten. Die meisten *Spirogyra*-Arten sind frei von Gallertscheiden, nur eine kleine Anzahl besitzt dieselben. Eine wenig ausgebildete, sehr schmale Scheide findet sich z. B. bei *Spirogyra setiformis*, am kräftigsten entwickelt dagegen bei *Sp. orthospira*, bei welcher der Entdecker der Art NÄGELI sie schon bemerkt hat<sup>1)</sup>. Bezüglich des Aussehens, der Eigenschaften verhält sich die Gallertscheide dieser Spezies fast genau wie die von *Zygnema C.*; sie stellt eine homogene lichtbrechende Masse dar, welche lebhaft Methylviolett, Methylenblau aufnimmt, in Glyk.-Ppt. sich verdickt und hierbei, sowie nach Alkoholbehandlung, eine äußerst

1) NÄGELI in Pflanzenphysiologische Untersuchungen. I. 1855. Taf. III. Fig. 4. N. beobachtete auch schon in der Gallerte Stäbchen, von welchen dann STRASBURGER nachwies, dass es Bakterien sind; Bau und Wachsthum der Zellhäute p. 69.

zarte Stäbchenstruktur erkennen lässt. Sie besitzt ferner die Fähigkeit, Niederschläge wie Chromgelb, Berliner Blau abzustößen, dagegen nicht Thonerde-Alizarin. Analog wie bei *Zyg. C.* treten bei Kultur der Fäden in Eisenweinstein an der Innenseite schwarze, aber meist nicht deutlich körnige Massen auf, welche übrigens bei dieser Art auch aus anderen Gründen, als infolge Einwirkung bestimmter Salzlösungen sich zeigen können. Bemerkenswerth ist der Mangel an Gerbstoffbläschen und das Vorhandensein des Gerbstoffes hauptsächlich im Zellsaft.

Die Mesocarpeen verhalten sich bezüglich der Ausbildung einer Gallertscheide ebenfalls verschieden je nach den Arten; einige derselben, wie z. B. *Mougeautia genuflexa*, *Staurospermum coerulescens*, besitzen sie nicht, andere nicht näher bestimmte Arten zeigen dagegen eine wohl ausgebildete (vergl. z. B. III. Fig. 25 c), welche bei einer derselben auch eine sehr deutliche Stäbchenstruktur aufwies. Gegenüber Farbstoffen, Glykose-Pepton, Reagentien spricht sich ein den *Zygnema*-Arten und *Spirogyra* sehr gleiches Verhalten aus. Beiläufig mag hier bei den Mesocarpeen auf eine Erscheinung aufmerksam gemacht werden, welche übrigens auch bei vielen Spirogyren, weniger bei Zygnemen vorhanden ist. Es ist bekannt, dass die genannten Formen leicht in einzelne Zellen zerfallen, was ich ganz besonders bei Eintritt ungünstiger Umstände, wie z. B. bei Zusatz schädlicher Farbstofflösungen beobachtete. Diese leicht zerfallenden Fäden besitzen gewöhnlich linsenförmige, verhältnismäßig sehr dick erscheinende Querwände, an welchen die eigentlichen Zellhauttheile sehr dünn sind, die den breiten linsenförmigen Mittelraum umgeben. In demselben beobachtet man eine anscheinend weniger dichte, gallertartige Substanz, welche übrigens meistens den Raum nicht ganz ausfüllt (III. Fig. 25 a). In Glykose-Pepton tritt lebhaftere Verdickung sowohl der Membran wie auch ganz besonders des linsenförmigen Querraums ein (Fig. 25 b), und nach Behandlung mit Chlorzinkjod, in dem alle zur Membran gehörenden Theile violett werden, bleibt die verdickte Gallertmasse zwischen den Querwänden gelb gefärbt und erscheint feinkörnig, dabei etwas verquollen (Fig. 25 c). Sehr wahrscheinlich wirkt bei der schnellen Trennung der einzelnen Zellen eines *Mesocarpus*-Fadens die zwischen den Querwänden vorhandene Gallerte wesentlich mit. Die sonstigen Eigenschaften derselben wurden nicht untersucht.

Sehr viel ausführlicher sind im Folgenden die Desmidiaceen untersucht worden, welche neben ihrem Reichthum an zierlichen Formen auch eine große Mannigfaltigkeit der Gallertbildungen darbieten, welche bisher so gut wie unberücksichtigt geblieben sind. Zugleich ist bei diesen Algen die interessante Erscheinung vorhanden, dass die Ausscheidung von Gallerte in bestimmter ursächlicher Beziehung zu den eigenartigen Bewegungserscheinungen steht. Wir können in der Reihe der Formen zwei Hauptgruppen von Gallertbildungen unterscheiden, solche, welche entsprechend wie bei den Scheiden der Zygnemen beständig mit den Zellen in Verbindung

sich befinden, und solche, welche nur bei bestimmten Anlässen, wie bei der Theilung, der Konjugation, der Bewegung entstehen, und inloedessen auch vielfach an den Zellen fehlen können.

Die gallertumscheideten Desmidiaceen gehören sowohl der Abtheilung der fadenbildenden wie der der einzeln lebenden Formen an. Am ausgebildetsten erscheint die Scheide bei der Gattung *Hyalotheca*. Die von mir allein untersuchte Species *dissiliens* bildet lange, etwas steife Fäden, welche stets von einer breiten, schwach lichtbrechenden Gallertscheide umgeben sind. Dieselbe ist gewöhnlich etwas schmaler, als der Breite der Zellen entspricht (IV. Fig. 4f), kann aber, wie es scheint, bei manchen Varietäten fast das Doppelte derselben erreichen (IV. Fig. 4a). Sie ist an der Peripherie regelmäßig undulirt durch kleine Einbuchtungen, welche den Zellgrenzen entsprechen. Im normalen Zustande ganz homogen, nimmt sie mit Methylblau, Methylviolett eine außerordentlich scharf hervortretende Stäbchenstruktur an. Man sieht bei der Längsansicht die Stäbchen zu 5—6 in regelmäßigen Gruppen sitzen, je eine an jeder Zellhälfte (IV. Fig. 4e), welche ihrerseits an der Zellwand mit 5—6 regelmäßigen Reihen von kleinen Körnchen besetzt ist<sup>1)</sup> (IV. Fig. 4g). Die Aufsicht zeigt nun aber, dass die Strukturelemente der Scheide nicht einfache Stäbchen sind, sondern dass dieselben die Form von vierseitigen umgekehrten Pyramiden haben, welche mit ihren Spitzen der Zellwand aufsitzen und allmählich sich gegen die Peripherie der Scheide verbreitern, und mit den Basen der benachbarten Elemente zu einem regelmäßigen polygonalen Netze vereinigen (IV. Fig. 4b). Vielleicht noch scharfer ist diese Struktur sichtbar nach Aufenthalt der Fäden in Glykose-Pepton, in welchem eine sehr starke Verdickung stattfindet, so dass die Scheide sehr lichtbrechend und dick erscheint und selbst schon beim Druck in eine fädige Schleimmasse verquellen kann. Bei der Aufsicht (IV. Fig. 4d) erscheint die Scheide aus viereckigen Stücken zusammengesetzt, die in Längsreihen angeordnet sind, und von welchen jedes wieder aus zahlreichen kleinen Körnchen besteht, während bei der Längsansicht die Stäbchenstruktur hervortritt (IV. Fig. 4c). Bei Zusatz von Chlorzinkjod wird im ersten Augenblick der Wirkung die Struktur noch deutlicher, dann aber quillt die Gallerte in großen Blasen hervor, allmählich in eine formlose Schleimmasse übergehend, während große gelbe ölartige Tropfen der eingelagerten Substanz sich ausscheiden.

Eine zweite sehr verbreitete fadenförmige Desmidiacee ist *Desmidium Swartzii*, dessen Zellen doppelt so breit wie lang und durch eine mittlere Ringfurche an der Zellwand in zwei Hälften abgetheilt sind. Die Fäden sind

1) In den meisten systematischen Werken wird die Zellhaut von *Hyalotheca dissiliens* als glatt angegeben; WILLE beschreibt dagegen an einer Stelle eine sehr feine punktirte Membran. Fersk vandsalger fra Novaja Semlja. Öfversigt af Kgl. Vetens. Förh. 1879. p. 61. Ich habe überhaupt bisher keine *Hyalotheca* ohne die obige Struktur gesehen.

nur von einer sehr schmalen, bisher überhaupt übersehenen Scheide bekleidet, welche bei der Seitenansicht undeutliche Stäbchenstruktur aufweist. Klarer tritt bei Aufsicht eine Struktur hervor, indem die Scheide der Hauptmasse nach an jeder Zellhälfte aus etwa 7 regelmäßigen Reihen kleiner polygonaler Gallertkörperchen besteht, welchen auf der Zellhaut selbst Reihen kleiner Körnchen genau entsprechen (IV. Fig. 2a). Dieselbe Struktur wird auch sichtbar nach Aufenthalt in Glykose-Pepton, in welchem übrigens sonst nicht eine sehr intensive Verdickung stattfindet (III. Fig. 2b).

Bei *Desmidiium*, dessen Fäden in größerer Anzahl sich gewinnen lassen, sind wiederholt Versuche mit Einlagerung von Niederschlägen angestellt worden. Chromgelb, Berliner Blau wird lebhaft abgestoßen bei anscheinend vollständiger Verquellung der Gallerte zu einer formlosen Schleimmasse. In 0,4% essigsäurem Eisen kultiviert, nahmen die Fäden lebhaft Eisenoxydhydrat auf, blieben in der Lösung einige Tage lebend und veranlassten ein blasenförmiges Abheben der rothgelben Gallertschicht. Gegenüber Thonerde-Alizarin war das Verhalten wechselnd; einige Fäden zeigten Abstoßung, andere nicht.

Noch etwas weniger ausgebildet ist die Gallertscheide bei der fadenbildenden *Bambusina Brebissonii* mit den ungefähr tonnenförmigen, übrigens je nach den Fäden verschieden gestalteten Zellen. An jeder Zellhälfte finden sich nach Färbung oder Verdickung auf der Außenseite der Zellwand zwei Gruppen von je 3 Reihen Gallertkörperchen (IV. Fig. 3), welche durch eine fast schleimfreie Zone gesondert sind.

Von den zahlreichen einzeln lebenden Desmidiaceen ist es relativ nur eine kleine Anzahl Formen, welche konstant von Gallerte umscheidet sind. Manche Vertreter der Gattung *Pleurotaenium* zeichnen sich dadurch aus. So findet sich die Zellhaut der langgestreckten zylindrischen, an den Enden meist abgestutzten Zellen von *Pleurotaenium Trabecula* bekleidet von einer homogenen, zart lichtbrechenden Scheide, welche nach Anwendung von Färbungsmitteln, z. B. Methylviolett, Methylenblau, der Hauptsache nach zusammengesetzt erscheint aus nebeneinander stehenden, stark gefärbten Gallerthöckern, welche je nach den Individuen bald enger, bald weiter stehen und durch eine Grundsubstanz zu einer einheitlichen Schicht vereinigt sind. In Glykose-Pepton tritt eine Verdickung und Verbreiterung der Höcker ein, so dass sie aneinander stoßen und polygonale Form annehmen (IV. Fig. 4a, c). Man erkennt an jedem Höcker eine hellere Mitte, welcher an der Zellwandoberfläche eine kleine punktförmige Erhebung entspricht, und eine dichte Peripherie. Nach Zusatz von Chlorzinkjod quillt jeder Höcker zu einer weit sich vorwölbenden Blase auf (IV. Fig. 4b), und man sieht jetzt am Grunde jeder je eines von den der Membran angehörenden Körnchen. Die Versuche mit in der Scheide eingelagerten Niederschlägen, z. B. Chromgelb, Berliner Blau, hatten wesentlich dasselbe Resultat wie bei *Zygnema*, d. h. Abstoßung der Gallerte mit dem Niederschlag in Form

lockerer, faltiger Massen (IV. Fig. 8, ein Exemplar von *Pleurotaenium Ehrenbergii*). Sehr merkwürdig ist die Eigenschaft von *Pleurotaenium Trabecula*, seine Gallertkörner abzuwerfen bei Einwirkung von Farbstoffen, besonders Methylviolett, selbst von solchen, welche die Gallerte kaum färben, wie Methylgrün, Karminsäure. Die Erscheinung tritt, wie es scheint, nur bei lebenden Individuen auf. Die Gallerthöcker springen bei Berührung mit dem Farbstoff nach und nach von der Zellhaut ab und umgeben die Zelle mit einem Hofe gefärbter, runder Körperchen. Dieselben sind zuerst ziemlich gleichmäßig dichte Scheibchen, zeigen aber allmählich Verquellung, wobei radiale Streifen auftreten, die wieder verschwinden, indem die Scheibchen zu einer homogenen, sehr schwach lichtbrechenden Masse verschleimen. Übrigens gelingt es auch durch Eintrocknen und durch mechanischen Druck, einige der Gallerthöckerchen abzusprennen. Wie bei der Quellung der Gerbstoffbläschen hängt aber das Eintreten der Erscheinung von unbekanntem Umständen ab, da bei vielen Individuen derselben Art in demselben Präparat nichts davon zu sehen ist. Bei einem *Pleurotaenium*, das der besprochenen Art *Trabecula* sehr nahe steht, aber von einem andern Standort herrührte, habe ich trotz wiederholter Versuche keine Absprennung der Gallerthöcker mit Hilfe von Farbstoffen erreichen können.

*Pleurotaenium truncatum* ist eine dickere Spezies mit etwas breiterer und stärker lichtbrechender Gallertscheide, welche sonst dieselbe Struktur wie *Trabecula* zeigt. Die sie bildenden Gallerthöcker stehen stets sehr dicht zusammen und sind mit einander an den Berührungsflächen verklebt (IV. Fig. 10). Es gelingt durch Druck niemals, die einzelnen Höcker abzusprennen, wohl aber die dabei etwas verquellende ganze Gallertscheide, welche bei gleichzeitigem Zusatz von Methylenblau sich zu einer sehr zierlich und regelmäßig polygonal gefelderten Haut ausbreitet.

Beständig von sehr dicker Gallertscheide umgeben sind einzelne *Spirotaenia*-Arten, so z. B. *Spirotaenia obscura*. Auffällig ist es, dass keine besondere Struktur dieser Scheide durch Farbstoffe sich nachweisen lässt. Diese homogene Gallerte zeigt auch in Glykose-Pepton nur eine relativ geringe Verdickung und eine nur begrenzte Quellung in Chlorzinkjod, so dass wir bei dieser Art eine abweichende Form der sonst bei Conjugaten verbreiteten Gallertsubstanz annehmen müssen.

Unter den anderen Gattungen der Desmidiaceen gibt es nur einzelne Vertreter, welche sehr beständig von Gallertscheiden eingehüllt sind, so z. B. *Cosmarium Phaseolus*, *Xanthidium fasciculatum*, bei welchen beiden Farbstoffe eine sehr scharfe Stäbchenstruktur nachweisen. *Micrasterias truncata* besitzt eine Zellhaut, auf welcher eine große Anzahl kleiner Gallertkörner sitzen, welche durch Druck, nicht aber durch Farbstoffe sich absprennen lassen. Konstant ist auch *Cosmarium de Baryi*, var. *inflatum* von einer dicken Scheide umgeben, welche besonders nach Verdickung in Glykose-Pepton aus deutlich gesonderten Gallertkörnern zusammengesetzt

ist. Sehr häufig finden sich auch Gallerthüllen um einzelne *Staurastrum*-Arten, wie z. B. *dejectum*, bei welchem bisweilen die Stäbchen mannigfaltig gekrümmt erscheinen (IV. Fig. 16), ferner um *Staurastrum margaritiferrum* (IV. Fig. 7), meist mit deutlicher Stäbchenstruktur. Gerade solche Formen, welche dann mitunter auch ohne Gallerte vorkommen, führen hinüber zu der zweiten Gruppe von Desmidiaceen, welche hauptsächlich bei Theilung, Konjugation und vor allem bei der Bewegung Gallerte bilden. Auf die hauptsächlichsten Erscheinungen bei den Bewegungen der Desmidiaceen habe ich in einer früheren Mittheilung<sup>1)</sup> aufmerksam gemacht; an dieser Stelle kommt es nur auf die dabei erzeugte Gallerte an. Sind die Algen in großer Menge zusammen und in lebhafter Bewegung begriffen, so bilden sie allmählich sich erhebende Gallertkegel; einzeln für sich bilden die Zellen Gallertstiele, auf denen sie sich in die Höhe heben oder welche sie während des Gleitens auf der Fläche ausscheiden. Das Aussehen, die Form der Stiele ist sehr mannigfaltig, und sehr verschieden bei derselben Spezies, bei demselben Individuum; einige Beispiele liefern die Figuren auf Taf. IV, 9, 12, 13, 14. Im allgemeinen erscheinen die Stiele fadenförmig, gewöhnlich hin- und hergebogen, an der Peripherie zart und ulirt, bald an der einen Stelle sehr dicht und schmal, an anderer mehr ausgebreitet, weich verquollen. Solche Gallertfäden sind beobachtet bei *Penium Digtus*, *Breissonii*, *Cosmarium Botrytis*, *Euastrum ansatum*, *verrucosum*, *Staurastrum orbiculare*, *Tetmemorus granulatus*, *Closterium didymotocum*, *angustatum* etc. In allen Fällen geht der Gallertfaden von dem bei der Bewegung dem Substrat zugewendeten Ende aus und haftet an der äußersten Schicht der Zellhaut, ist aber, so weit unsere optischen Hilfsmittel ein Urtheil erlauben, stets scharf davon unterschieden. Bisweilen gelingt es, solche Gallertstiele zu beobachten, welche in eine Menge zarter Fäden auslaufen, welche sich an verschiedenen Stellen des Zellendes ansetzen (IV. Fig. 4 b, 12). Außer diesen scharf begrenzten Stielen sind aber die betreffenden Arten häufig auch an dem ganzen Umfang mit Gallerte bedeckt. So ist es vielfach der Fall mit *Tetmemorus granulatus*, welches, von einer weiten Gallerthülle eingeschlossen, zugleich sich bewegt und am einen Ende Gallerte ausscheidet in Form langer Fäden, welche bisweilen sehr breit, fast schlauchartig (IV. Fig. 14) erscheinen. *Cosmarium pyramidatum* ist nicht selten ebenfalls von einer Gallerthülle umkleidet, bewegt sich und scheidet dabei weniger einen Faden als eine breit zylindrische Gallertmasse aus, welche nach Färbung aus zarten langen Fädchen zusammengesetzt ist (IV. Fig. 13).

Die bei der Bewegung ausgeschiedene Gallertsubstanz besitzt sehr ähnliche Eigenschaften wie die der Gallertscheiden von Zygmenen und an-

1) GEORG KLEBS, Über Bewegung und Schleimbildung der Desmidiaceen. Biologisches Centralblatt 1885—86.

deren Desmidiaceen. Sie färbt sich mit Methylviolett, Methylenblau, Fuchsin, Vesuvin, Cyanin, nicht mit Eosin, Methylgrün, Anilinblau, Korallin und auch nicht mit Kongoroth. Von einer charakteristischen Struktur lässt sich nichts Sicheres beobachten. Bei den sehr festen Stielen erscheint die Gallerte homogen oder höchstens wie aus einzelnen Querscheibchen zusammengesetzt, was wohl mehr mit der Art der Entstehung zusammenhängt. Wenn die Gallerte dagegen weicher, verquollener ist, nimmt sie bei Färbungen ein feinfädiges bis zart netzförmiges Gefüge an, welches aber auch an anderen verquellenden Gallerten und Schleimen zu sehen ist. Die mit bloßem Auge sichtbaren Gallertkegel, welche die Desmidiaceen aufbauen, wenn sie in größerer Menge zusammengelagert sind, werden hauptsächlich gebildet durch die allmählich von den Einzelzellen erzeugten Gallertmassen, besonders den bei der Bewegung erzeugten Fäden. Infolge dessen erkennt man an einer solchen Gallerte nach Färbung mit Methylenblau noch vielfach die einzelnen dunkler gefärbten Gallertstränge, welche mit einander zu einem groben Netzwerk verschmolzen sind.

Die Gallerte besitzt ebenfalls die Fähigkeit, in Glykose-Pepton sich zu verdicken; besonders bei Gallertkegeln, welche nur von einer Art, z. B. *Euastrum verrucosum* hervorgebracht worden sind, erscheint dieselbe nach der Verdickung aus zahlreichen wild durcheinander verflochtenen Gallertsträngen zusammengesetzt, welche bei Zusatz von Chlorzinkjod sehr lebhaft zu homogenen Schleimmassen verquellen.

Die Frage nach der Entstehung der Gallerte bei der Bewegung der Desmidiaceen habe ich schon in meiner früheren Mittheilung<sup>1)</sup> kurz berührt. Die Gründe für die darin ausgesprochene Anschauung von der Ausscheidung der Gallerte durch die unverändert bleibende Zellhaut sind folgende. Die Zelle bildet in kurzer Zeit eine ihre Länge oft vielfach übertreffende Gallertmasse an einer ganz beschränkten Stelle, und während dieser Bildung lässt sich thatsächlich nicht die geringste Veränderung der Zellhautstelle nachweisen. Die Bildung der Gallerte findet an solchen Enden der Zellen statt, welche von sehr alten Membrantheilen umkleidet sind, ebenso an solchen mit eben neu entstandenen. Infolge der eigenartigen Zweitheilung kann man an Zellen von *Closterium*, *Penium* u. s. w. alte und junge Zellhälften unterscheiden, welche sich auch darin verschieden verhalten, dass der mit Methylenblau sich färbende Bestandtheil der Zellhaut in den älteren Zellhauttheilen in größerer Menge vorhanden ist, als in jüngeren. Am eigenartigsten bei allen Desmidiaceen ist die Zellmembran einiger Closterien, wie *didymotocum*, *angustatum*, *striolatum*, gebaut, insofern in ihr Eisenoxydhydrat<sup>2)</sup> ein-

1) Biologisches Centralblatt. V. 1885—86. p. 364.

2) Infolge des Gehaltes an Eisenoxydhydrat zeigt sich bei Closterien eine eigenartige Erscheinung. Wenn man Desmidiaceen lange im Dunkeln hält, so beobachtet man nur bei den Closterien eine Schwarzfärbung der Zellhaut noch während des Le-

gelagert ist, welches eine gelbe bis rothbraune Färbung verleiht<sup>1)</sup>. Diese Einlagerung ist eine nach manchen Beziehungen sehr merkwürdige Erscheinung, wenn man sich daran erinnert, dass bei künstlicher Einlagerung derselben Verbindung blos in die Gallertscheiden die Zygnumen sehr rasch zu Grunde gehen, dass jedenfalls ihre kaum davon betroffene Membran der Dehnbarkeit beraubt wird. Hier bei den Closterien ist eine merkbare Menge der Eisenverbindung in die Zellhaut selbst eingelagert, die Zellen leben und pflanzen sich dabei fort. Jedenfalls kann das Eisen nicht in den Micellarinterstitien vorhanden, es muss im Verbande der Zellhautmicellen selbst aufgenommen sein. An einer solchen eisenhaltigen Zellhaut entsteht nun nach außen eine Gallertsubstanz, welche vollständig eisenfrei ist<sup>2)</sup>, und ich kann mir nach den bisher vorliegenden Beobachtungen keine Vorstellung machen, wie eine Vergallertung der eisenhaltigen Zellhaut stattfinden soll, wobei die Eisenverbindung unverändert zurückbleibt. Es ist vor allem zu betonen, dass schon bei der Gallerte der Zygnumen keine Quellung, nicht einmal durch stark wirkende Mittel wie Salzsäure bewirkt wird, so lange nicht der Niederschlagsmantel um die Gallerttheile gesprengt ist. Ebenso verhält sich die Zellhaut der Closterien, welche erst nach Lösung des Eisens quillt. Darnach müsste also bei der Ansicht von einer Vergallertung der Zellhaut zuerst das Eisen gelöst und dann zu gleicher Zeit wieder niedergeschlagen werden, da es beständig bei den ausscheidenden Enden in der Membran vorhanden ist, eine Annahme, welche durch nichts gestützt und sehr unwahrscheinlich ist<sup>3)</sup>.

bens, wenn die betreffenden Zellen dann auch meist kränklich aussehen. Diese Schwarzfärbung kann die ganze Membran oder nur einen Theil derselben betreffen. Augenscheinlich hat sich Schwefeleisen gebildet; durch wenig Schwefelwasserstoffwasser kann man die Erscheinung erzeugen. Im Licht findet Zersetzung des Schwefeleisens statt und die Zelle kann dabei sich lebend erhalten.

1) STRASBURGER (Das botanische Praktikum. 1884. p. 337) gibt für die Closterien ein Kieselsäureskelett an; ich habe mich von der Existenz eines solchen nicht überzeugen können. Schwefelsäure löst schließlich die ganze Membran auf, was bei einem Kieselsäureskelett nicht zutreffen würde. Salzsäure entfernt die Eisenverbindung und eine zarte farblose Zellhaut bleibt übrig. Glüht man Closterien, so bleibt allerdings ein Skelett übrig, aber nicht von Kieselsäure, sondern von Eisenoxyd, welches durch das Glühen in einen sehr schwer löslichen Zustand übergeführt wird.

2) Für diesen Nachweis muss man frische, hauptsächlich von den Closterien erzeugte Gallerte zur Verfügung haben; in Algenkulturen, welche einige Zeit im Zimmer stehen, ist es keine seltene Erscheinung, dass Eisenoxydhydrat ausgeschieden wird, wenn mit den Algen zugleich Sumperde und verwesende Pflanzentheile in die Kultur gekommen sind. In solchen Fällen kann sich auch Eisenoxydhydrat in der Gallerte der Desmidiaceen niederschlagen und Täuschung veranlassen. Allerdings tritt dann das Eisen meistens sehr unregelmäßig in einzelnen körnigen Haufen auf, während man bei Ausscheidung von Seiten der Algen eine gleichmäßige Vertheilung erwarten dürfte.

3) Wie wenig selbst ganz junge Zellhäute bei den Desmidiaceen zur Vergallertung neigen, resp. wie wenig die Zelle selbst eine solche veranstalten kann, geht aus einer Beobachtung über die Theilung gewisser Formen hervor. Wenn durch Thei-

Nach den bisher vorliegenden Daten glaube ich meine Anschauung als die weitaus wahrscheinlichste hinstellen zu müssen. Die Art und Weise der Ausscheidung ist eine sehr mannigfaltige und steht in inniger Beziehung zu gewissen Strukturverhältnissen der Zellhaut. Es gibt nur eine geringe Anzahl von Formen, bei welchen die Zellhaut anscheinend ganz strukturlos ist und dann besonders intensiv Farbstoffe aufnimmt; hierzu gehören *Penium Digitus*, *oblongum*, *interruptum*, *Brebissonii*, *closterioides*, *Closterium acerosum*, *moniliferum*, *Lunula*. Die ausgeschiedene Gallerte dieser Arten, theils in Form zarter Hüllen, theils als Fäden, ist meist sehr weich, wenig scharf begrenzt und zeigt bei Färbung ein feinfädiges Gefüge.

Der größte Theil der Desmidiaceen zeichnet sich durch besondere Struktureigenthümlichkeiten der Zellwand aus und einige derselben haben augenscheinlich eine Bedeutung für die Ausscheidung der Gallerte. So tritt das klar bei jenen Closterien hervor, welche Eisenoxydhydrat in ihrer Zellhaut eingelagert haben. Diese Arten bilden gegenüber den anderen Desmidiaceen relativ wenig Gallerte an ihrem ganzen Zellumfange, wenn sie dessen auch unter Umständen fähig sind, sondern ganz vorzugsweise an den Enden bei der Bewegung. Diese Enden haben eine besondere Organisation, sie heben sich von der übrigen Membran als besondere Kappen ab, welche infolge höheren Eisengehaltes dunkler gefärbt sind. Lässt man konzentrirte Schwefelsäure einwirken, so verquillt sehr bald die ganze Membran mit Ausnahme dieser Endkappen, welche länger widerstehen und so isolirt werden können. An den Endkappen befindet sich auf der Innenseite der Scheitelkante eine knopfförmige Verdickung der Zellhaut, welcher bisweilen eine kleine Ausbuchtung an der Außenseite entspricht (IV. Fig. 5 a). Hier besonders haftet der Gallertstiel, während andererseits bei plasmolytischen Versuchen, wo zahlreiche Plasmafäden mit der Zellhaut, besonders am Ende in Verbindung stehen, solche gern an dem Knopf in stärkerer Masse hängen bleiben. Die Membran der Endkappen erscheint bei der Längsansicht von zarten Kanälen durchsetzt, welche an anderen Stellen der Haut nicht vorhanden sind; selbst bei jenen

---

lung einer Zelle von *Cosmarium Palangula* zwei nebeneinander gelagerte Tochterzellen entstanden sind mit je einer alten und einer jungen Zellhälfte, findet eine Abstoßung der neu gebildeten Membran an jeder jungen Zellhälfte statt und dieselbe bildet eine neue. Man sieht dann die beiden an der Endkante zusammenhängenden halbirtten Zellhäute sich lange Zeit erhalten (IV. Fig. 15). Dieselbe Häutung wurde beobachtet bei *Cosmarium Botrytis*, *undulatum*, *bioculatum*, *pyramidatum*, *subgranatum*, ferner auch bei *Tetmemorus granulatus*, so dass die Erscheinung eine ziemlich allgemeine zu sein scheint. Erklären könnte man sich dieses Abwerfen durch die begrenzte Dehnungsfähigkeit der Zellmembran. Gleich nach der Hervorwölbung jeder jungen Zellhälfte ist dieselbe von einer Zellhaut umgeben, welche nun in dem Verlaufe der Ausbildung jeder Hälfte so stark gedehnt wird, dass eine weitere Dehnung nicht möglich ist und eine solche Haut für die weitere Ausgestaltung der Tochterzellen nur ein Hindernis wäre.

Individuen, bei welchen die ganze Zellhaut zart punktirt aussieht, sind allein an den Enden deutlichere Längsstreifen zu sehen (IV. Fig. 5 *a, b*). Ich halte sie hauptsächlich deshalb für tüpfelähnliche Kanäle, weil bei der Aufsicht der isolirten Endkappen ganz scharf eine Tüpfelung sichtbar ist (IV. Fig. 5 *c, d*), welche je nach Individuen etwas verschieden ausgebildet ist. Ob wir es hier mit wirklichen Poren zu thun haben, in welche Plasmafäden fast bis nach außen gehen, ließ sich nicht entscheiden. Jedenfalls wird man nicht irren in der Annahme, dass diese Tüpfelung für den Prozess der Gallertausscheidung von Bedeutung ist.

Als ein anderes Beispiel aus der Reihe der Desmidiaceen mag *Tetmemorus granulatus* dienen, eine spindelförmige, in der Mitte ein wenig eingeschnürte Alge mit eigenthümlich gebauten Enden (IV. Fig. 6 *b*), deren Organisation<sup>1)</sup> indessen in keinen direkten Zusammenhang mit der Gallertausscheidung zu bringen war. Die Zellmembran ist eisenfrei, dünn, farblos und besitzt zerstreut stehende kleine punktförmige Erhabenheiten. Wenn man die einzelnen Individuen etwa 16—20 Stunden am besten bei höherer Temperatur (26—30° C.) ruhig im Wassertropfen sich selbst überlässt, so findet man infolge lebhafter Bewegung sehr verschiedene Grade der Gallertausscheidung, in Form von Stielen wie von ganzen Zellhüllen. Bei Zusatz von Färbungsmitteln treten auf den Körnchen der Zellwand Gallertkörner auf, welche je nach dem augenblicklichen Grade der Ausscheidung bald kleiner bald größer sind, sich allmählich weiter hervorwölben (IV. Fig. 6 *c*), bis sie zu einer einheitlichen Schicht sich vereinigen, welche von neu gebildeten nach außen gedrängt wird. Bei lebhafter Bewegung geht an den Enden eine besonders starke Ausscheidung vor sich, bald an dem einen, bald an dem andern, so dass zahlreiche Gallertkappen übereinander geschichtet werden (IV. Fig. 6 *a*). Fast stets gelingt es bei Anwendung von sehr verdünnten Farbstofflösungen, auch dicht unterhalb der Zellhaut intensiv und zuerst sich färbende Körner im lebenden Plasma nachzuweisen, die möglicherweise bei der Gallertausscheidung eine Rolle spielen; doch wurde Näheres nicht erforscht<sup>2)</sup>.

1) An den beiden Enden von *Tetmemorus granulatus* ist die Zellhaut stark verdickt, so dass es aussieht, als wenn auf der eigentlichen Haut noch eine besondere Zellstoffkappe aufsitzt. Beide sind faltenförmig eingebogen und diese Falte verläuft nicht in der Richtung eines geraden Durchmessers, sondern etwas bogenförmig. Sie stülpt sich gegen das Zellinnere blasenförmig hervor, und hieran sitzen 4 ausstrahlende kurze Zellstoffbalken, welche an den Enden knopfförmig verdickt erscheinen (IV. Fig. 6 *b*). Diese Balken sind sehr widerstandsfähig gegenüber Schwefelsäure, sind es mehr als die Kappen selbst. Bei plasmolytischen Versuchen bleibt der sich kontrahirende Protoplasmakörper gern an diesen Balken in besonders fester Verbindung.

2) Ganz ähnliche dicht unter der Zellwand befindliche Körner, welche bei lebenden Zellen Methylenblau intensiv aufnehmen, findet man besonders reichlich bei *Pennium Digitus*.

Bei zahlreichen anderen Desmidiaceen finden wir an der Zellhaut ähnliche punktförmige Erhabenheiten, an welchen besonders lebhaft die Gallertausscheidung vor sich zu gehen scheint, so bei den meisten Formen mit ständiger Scheide, wie den *Pleurotaenium*-Arten, *Hyalotheca*, *Desmidiium*, *Bambusina*, ferner auch bei *Cosmarium Phaseolus*, *Xanthidium fasciculatum*. Eine ganz entsprechende Struktur, bei der an den Körnchen der Membran vorzugsweise die Gallerte sitzt, wenn man nach der Färbung und der Verdickung in Glykose-Pepton urtheilt, zeigt sich bei zahlreichen anderen Arten der Gattung *Cosmarium*, wie z. B. *pyramidatum*, *granatum*, *conatum*, *Cucurbita*, *Palangula* etc., *Euastrum ansatum*, *pectinatum*, *oblongum*, *Staurastrum margaritifera* etc.

Es ist allerdings eine schwer zu entscheidende Frage, ob die Körnchen der Membran in allen Fällen kleine Verdickungen oder einfache Ausbuchtungen oder eigentlich zarte Verdünnungen sind, welche nur durch ein Gallertknöpfchen verdickt erscheinen. Alle diese Fälle werden wohl vorkommen. Die Körnchen bei *Tetmemorus*, *Pleurotaenium* erscheinen als kleine Verdickungen, und das kann kein Grund gegen die Auffassung sein, dass an ihnen besonders die Ausscheidung eintritt, weil sehr wohl ein zarter, bei der Kleinheit des Objekts nicht sichtbarer Kanal vorhanden sein kann. Das Gleiche muss man sogar für die weit größeren Höcker von *Cosmarium Botrytis*, *Euastrum verrucosum* annehmen, da auch an diesen hauptsächlich Gallertmasse sich ansammelt. Bei den Warzen der letzteren Art, welche zum Theil sogar etwas Eisenoxydhydrat enthalten, sieht man deutlich die Mitte hell hervorleuchten, als wenn sie von einem Kanal durchsetzt wäre. Übrigens finden sich vielfache Strukturen an den Zellhäuten, wie bei *Staurastrum*-, *Xanthidium*-Arten die mannigfaltigen Stachelbildungen, welche keine Beziehung zu der Gallertausscheidung haben.

In allen jenen Fällen, wo beständig Gallerte die Zellen umhüllt, muss nach jeder Theilung neue ausgeschieden werden. Sehr anschaulich tritt diese Neubildung bei den fadenbildenden Formen, besonders *Hyalotheca dissiliens* hervor. Sind die Fäden in lebhafter Theilung begriffen, so erkennt man nach Färbung mit Methylenblau oder Methylviolett, wie die Gallertscheide gestreckt worden ist, so dass keine Unterbrechung derselben zu erblicken ist. Indessen betrifft die Streckung hauptsächlich die sich weniger färbende Grundsubstanz, in welcher erst von der neuen Zellhälfte aus die sich stark färbende, in Form der Stäbchen erscheinende Gallerte ausgeschieden wird. Man findet so verschiedene Entwicklungsstadien der Stäbchen, welche anfangs als ganz kurze, aber relativ sehr dicke und intensiv sich färbende Theile auf der Zellwand sitzen und erst allmählich zu der späteren Form der vierseitigen Pyramiden sich ausgestalten. Eine nicht häufige, aber doch mehrfach beobachtete Erscheinung wahrscheinlich bei Fäden, welche wenig Theilungen erfahren und lebhaft Gallerte

bilden, zeigt sich darin, dass an fast sämtlichen Zellen eine Neubildung von Stäbchen vor sich geht, während die alte Gallertscheide allmählich in Verquellung übergeht; ja in einem Falle beobachtete ich drei Generationen der Gallerte, resp. der Stäbchen (IV. Fig. 4 f). Alle diese Erscheinungen lassen sich am besten durch meine Anschauung von der Ausscheidung der Gallertsubstanz erklären.

### III. Die Gallertbildungen bei einigen Diatomeen und Schizophyten.

Nach mancher Hinsicht zeigen die Diatomeen zu den Desmidiaceen eine gewisse Verwandtschaft oder bieten wenigstens einige analoge Erscheinungen dar. So zeichnen sich die Kieselalgen ebenfalls durch sehr mannigfaltige und reichliche Bildung von Gallerte aus; wir finden mächtige formlose Schleimmassen, oft sehr stark entwickelte Gallertröhren, in denen zahlreiche Individuen nebeneinander gelagert sind, und besonders mannigfaltig erscheinen die Stielbildungen aus Gallertsubstanz. Nur die letzteren will ich hier an dem Beispiel der *Gomphonema*-Arten in Betracht ziehen.

PFITZER<sup>1)</sup> beschreibt an den jungen Stielen von *Gomphonema constrictum* eine doppelt kontourirte schmale Außenschicht und eine helle Innenmasse, an alten eine breite helle Außenschicht und einen schmalen bräunlichen inneren Strang, während TROLLIUS<sup>2)</sup> die Stiele als hohle Schläuche auffasst. Nach Färbungen und besonders der Einlagerung von Niederschlägen erscheinen nach meiner Beobachtung schon an den jüngsten Theilen die Stiele der genannten Species aus einer breiten dichten Masse, welche im Zentrum von einer viel weniger dichten flüssigeren Substanz kanalartig durchzogen ist (IV. Fig. 24 a). In derselben Weise beschreibt und bildet REINHARDT<sup>3)</sup> die Stiele von *Achnanthes longipes* ab. Die Gallertsubstanz nimmt wie die der Conjugaten lebhaft Farbstoffe auf, z. B. Methylviolett, Methylenblau, Vesuvium, dagegen meistens nicht, oder nur selten in schwachem Grade Kongoroth. Sie unterscheidet sich von der Gallerte der Conjugaten durch die viel geringere Quellungsfähigkeit, da weder Kochen mit Wasser noch Chlorzinkjod sie zur Quellung, resp. zur Lösung bringt; ebenso lassen sie Kali, Ammoniak, schwache anorganische Säuren unverändert, während konzentrirte Schwefelsäure sie sehr langsam und ohne deutliche Quellung löst. Ein fernerer we-

1) PFITZER, Untersuchungen über Bau und Entwicklung der Bacillariaceen; in Botanische Abhandlungen, herg. von HANSTEIN. I. 1874. p. 90. Id., Die Bacillariaceen in SCHENK's Handbuch der Botanik. p. 422.

2) TROLLIUS, Beobachtungen über die Diatomaceen der Umgebung von Jena; Inaug.-Diss. 1882. p. 97.

3) REINHARDT, Algologische Untersuchungen. 1885. p. 464 u. w. Taf. VII. 47. Die Übersetzung der bezüglichen Stellen aus der russisch geschriebenen Arbeit verdanke ich der Liebenswürdigkeit des Herrn JENTYS.

sentlicher Unterschied gegenüber der Conjugatengallerte tritt in dem Verhalten der Stiele bei Einlagerung von Niederschlägen auf. Nie fand eine Abstoßung derselben statt bei mehrfach wiederholten Versuchen mit Chromgelb, Berliner Blau, Thonerde-Alizarin, Katechubleioxyd, gerbsaurem Eisen. Dagegen ist die Gallerte der Verdickung fähig, wie bei dem Aufenthalt der Stiele in Glykose-Pepton sichtbar wird. Hierbei gewinnt die Gallertsubstanz ein sehr stark lichtbrechendes Aussehen, und der anscheinend unveränderte zentrale Kanal tritt infolge dessen bei vielen Stielen sehr scharf hervor. Im normalen Zustande durch Jod ungefärbt, nimmt jetzt der Stiel eine goldgelbe Färbung an, verquillt aber nicht in Chlorzinkjod.

Die wichtigste Frage bezieht sich auf die Entstehung der Gallertstiele. RABENHORST<sup>1)</sup> nahm eine Enddrüse als Absonderungsorgan an, PFITZER<sup>2)</sup>, TROLLIUS<sup>2)</sup>, REINHARDT<sup>2)</sup> vermuthen eine Vergallertung der äußeren Zellwandschicht an begrenzter Stelle, dem Fußende der *Gomphonema*-Zelle. Sie stützen sich bei dieser Annahme darauf, dass der Gallertstiel allmählich in die gallertartige Außenschicht der Zelle übergeht. Abgesehen davon, dass, wenn dieses richtig wäre, damit wenig bewiesen wäre, weil wir von der Entstehung dieser Außenschicht selbst ebensowenig etwas wissen, muss ich auch die Richtigkeit der Thatsache in Abrede stellen. TROLLIUS hat mit Anilinroth, REINHARDT mit Hämatoxylin gefärbt, beides Farbstoffe, welche ebenso die Zellhaut, wenn auch langsamer, färben, infolge dessen dieselben für den Nachweis einer besonderen Gallertschicht an der letzteren nicht zu gebrauchen sind. Man muss nach solchen Mitteln suchen, welche nur das eine oder das andere färben. Kultivirt man die *Gomphonemen* in Kongoroth, so tritt eine Färbung der Zellen ein, während selbst nach wochenlangem Liegen in der Farbstofflösung zahlreiche Stiele ungefärbt bleiben. Dann tritt klar genug hervor, dass nur das allerunterste Ende der Zelle in einer schüsselförmigen Vertiefung des Stielendes sitzt, das letztere vollkommen scharf und ohne Übergang von der Zellhaut abgegrenzt ist. Allerdings gibt es immer eine Anzahl Stiele, welche bei längerem Liegen oder selbst schon nach wenigen Tagen eine zart rosige Färbung annehmen; indessen ist die Grenze derselben gegen die tiefrothe Zellhaut ebenso scharf zu bestimmen, wie im ersteren Falle. Wenn man andererseits aus verdünnten Lösungen (0,4 %) Niederschläge, wie Berliner Blau, gerbsaures Eisen, Thonerde-Alizarin in die Stiele einlagert, bleibt die Zellhaut ungefärbt, und jetzt heben sich die blauen, resp. schwarzen oder rothen Stiele noch schärfer von den auf ihnen sitzenden Zellen ab. Das Ungefärbtbleiben der letzteren weist darauf hin, dass, wenn überhaupt eine schleimige Außenschicht der Zellhaut vorhanden ist, dieselbe außerordentlich dünn und vor allem sehr wenig dicht sein muss, da so fein sich einlagernde und so sichtbare Niederschläge wie

1) RABENHORST, Die Süßwasser-Diatomaceen. 1853. p. 21.

2) PFITZER, l. c. p. 422. TROLLIUS, l. c. p. 99. REINHARDT, l. c. p. 162—165.

Berliner Blau, gerbsaures Eisen nicht mehr bemerkbar werden<sup>1)</sup>. So viel folgt aus diesen Versuchen, dass die Gallertsubstanz der Stiele nicht allmählich übergeht in eine Gallertschicht der Zellhaut und dass eine solche überhaupt noch nicht nachgewiesen ist. Damit ist natürlich nicht behauptet, dass nicht an den *Gomphonema*-Zellen im ganzen Umfange Gallerte gebildet werden kann; denn thatsächlich findet das bei einzelnen Individuen bei nicht näher verfolgten Umständen statt, häufiger bei *Cocconema*. Aber dadurch wird über die Entstehung derselben wie über die der Stiele nichts ausgesagt.

Viel entscheidender für die Annahme einer Vergallertung der Zellhaut wäre die Beobachtung von TROLLIUS, dass nur in der Zellhaut der Gomphonemen, nicht im Zellinhalt, Eisenoxydul vorhanden ist, und dieses sich in den Gallertstielen wiederfindet. Indessen muss ich die Richtigkeit, mindestens die allgemeine Gültigkeit dieser Behauptung in Abrede stellen. Meine eigenen Versuche an Gomphonemen, die Eisenoxydulreaktion hervorzurufen, gelangen niemals; in dem mir vorliegenden Material war Zellhaut wie Gallertstiel eisenfrei. Überhaupt ist mir die Beobachtung von TROLLIUS unerklärlich; Eisenoxydul ist sehr schwierig darzustellen und noch viel schwieriger zu erhalten wegen seiner lebhaften Tendenz, sofort sich zu oxydiren, und ebenso steht es mit Eisenoxydulhydrat und dessen Salzen, von denen selbst die etwas beständigeren doch stets nach gewisser Zeit in Oxyde übergehen. Was TROLLIUS zu dieser Beobachtung veranlasst hat, vermag ich nicht anzugeben. Jedenfalls kann ihr für die vorliegende Frage keine Bedeutung zukommen. Sehr wichtig hierfür ist das Vorhandensein der Kieselsäure in der Membran und der Mangel in den Gallertstielen. Zahlreiche Glühversuche bezeugten diese Thatsache. In vielen Fällen bleibt überhaupt nichts von den Stielen nach sorgfältigem Glühen übrig, oder aber es zeigt sich ein sehr zartes anorganisches Skelett, welches in Salzsäure wieder gelöst wird, infolge dessen keine Kieselsäure sein kann, sondern vielleicht aus Kalksalzen besteht, welche in den meisten organischen Substanzen vorhanden sind. Die Löslichkeit der Stiele in konzentrierter Schwefelsäure ist ebenfalls ein Zeichen für den Mangel der Kieselsäure in den Stielen. Jetzt tritt hier dasselbe Problem auf, wie bei der Gallertbildung an den eisenoxydhaltigen Closterien. Die Kieselsäure, sei es in welcher Form sie in der Diatomeenmembran vorkomme, ist in äußerst fester Verbindung mit derselben, so dass eine gänzliche Trennung beider nur durch Flusssäure, andererseits durch Glühen oder längere Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure möglich ist. Wie soll also eine Trennung beider geschehen, so dass die Kieselsäure zurückbleibt und nur die äußerste Zellhautschicht in eine von ihr wesentlich verschiedene Substanz, wie sie die

1) Es sind immer nur wenige Individuen, an welchen ich eine ganz zart blaue Färbung auch an der Zellwand wahrzunehmen glaubte.

Gallerte der Stiele darstellt, verwandelt wird? Man hat sich diese Frage bisher nicht vorgelegt, ist einfach darüber hinweggegangen. Aber so lange sie nicht gelöst ist, steht die Annahme von der Vergallertung der Zellhaut auf ganz schwankem Grunde. Nach den bis jetzt vorliegenden Thatsachen erscheint mir die Annahme unabweisbar, dass auch hier bei den Diatomeen die Stiele durch allmähliche Ausscheidung von Seiten des Cytoplasmas in die Länge wachsen, indem fort und fort neue Gallertscheiben hauptsächlich von dem Rande, weniger der Mitte des Zellendes aus erzeugt werden. Dieses Appositionswachsthum der Gallerte tritt besonders anschaulich hervor, wenn man farbige Niederschläge, am besten Berliner Blau, in die Gallertstiele hinein befördert. Dann gelingt es, Zellen zu beobachten, welche auf den älteren blau gefärbten Theil des Stieles neue farblose Gallerte aufgelagert haben (IV. Fig. 21 b). Auffallend ist nur, wie relativ selten dieses Wachsthum unter den obwaltenden Umständen zu beobachten ist. Nach Einlagerung von Chromgelb, gerbsaurem Eisen, Katechubleioxyd, Thonerde-Alizarin gehen die meisten Gomphonemen allerdings bald zu Grunde, während bei Berliner Blau sie wochenlang normal gedeihen und doch merkwürdigerweise nur höchst selten den Stiel verlängern. Es kann dies nicht darin liegen, dass etwa Niederschlagtheilchen in die Zellhaut eingedrungen sind, dieselben so zu sagen verstopft haben, denn man beobachtete vielfach Theilungen nach der Einlagerung, so dass bei dem Mangel der Stielbildung es eine nicht seltene Erscheinung war, dass 4 Gomphonemen-Zellen dicht nebeneinander auf demselben alten Stiele saßen und durch wenig Gallerte an ihren Fußenden zusammen gehalten sind, was in normalen Fällen nicht vorkommt, weil nach jeder Theilung die beiden Tochterzellen besondere Stiele ausscheiden. Eine nähere Erklärung dieser Beeinträchtigung, speziell der Gallertausscheidung, kann ich nicht liefern.

Die große formenreiche Klasse der Schizophyten zeichnet sich ebenfalls durchgehends durch großen Reichthum an verschiedenen Gallertbildungen aus; ich habe nur einige wenige Vertreter in Betracht gezogen.

Als ein Beispiel der einzelligen Chroococcaceen ist *Chroococcus helveticus* untersucht worden, welcher in 2- bis 4 zelligen kleinen Kolonien erscheint. Jede intensiv blaugrüne feinkörnige Zelle besitzt eine äußerst zarte, dünne Zellwand und eine dicke, stark lichtbrechende weiße Gallertscheide. Dieselbe färbt sich lebhaft mit Methylviolett, Methylenblau, Vesuvin, bleibt in Jodlösung farblos und zeigt gegenüber Chlorzinkjod, Schwefelsäure große Quellungsfähigkeit, da sie darin sofort vollständig verquillt. Dagegen unterscheidet sich die Gallerte von der der Conjugaten dadurch, dass in Glykose-Pepton nach 2 Tagen gar keine, selbst nach 3—5 Tagen nur eine sehr schwache Verdickung eintritt, wie die zarte Gelbfärbung durch Jod anzeigt. Ferner ist die Gallerte unfähig, eingelagertes Chromgelb zu entfernen. Eine andere sehr nahe stehende, aber kleinere *Chroococcus*-Species verhielt sich in den Eigenschaften der Gallerte etwas verschieden, insofern

die letztere in Chlorzinkjod nur wenig quoll, in Glykose-Pepton sich stärker verdickte.

Sehr indifferent gegenüber Farbstoffen und Reagentien ist die Gallertscheide von *Sirosiphon ocellata*. Sie färbt sich wenig mit Methylenblau, verquillt nicht in Chlorzinkjod, Ammoniak, Kali, bei deren Wirkung jedoch eine den Zellen zunächst liegende Schicht in Quellung übergeht, so dass die Zellen die Scheide an deren Spitze durchbrechen und herausdringen. In Glykose-Pepton findet nur eine sehr schwache Verdickung statt. Ebenso wie bei *Sirosiphon* verhielten sich auch die Scheiden von *Tolyptothrix*-, *Oscillaria*-Arten, welche im normalen Zustand häufig schon durch Jod gelb sich färben und bei welchen festgestellt wurde, dass eingelagerte Niederschläge, wie Chromgelb, Berliner Blau nicht abgestoßen werden.

Wesentlich verschieden von den bisher erwähnten Schizophyten erwies sich eine *Sphaerozyga*-Art<sup>1)</sup>, welche ich als *mucosa* bezeichnen will. Die Zellfäden leben einzeln und bestehen aus rosenkranzförmig angeordneten rundlichen Zellen von 7—8  $\mu$  Durchmesser, zwischen welchen interkalar die kaum dickeren Grenzzellen sich vorfinden. Die in ihren Dimensionen sehr wechselnden Sporen finden sich interkalar theils neben einer Grenzzelle, theils aber auch ohne Begleitung der letzteren. Besonders eigenthümlich ist den Zellfäden der Besitz einer zarten, ohne Färbung kaum sichtbaren Gallertscheide von 1,8—3  $\mu$  Breite. Nach Hinzufügen von Methylviolett, Methylenblau erblickt man an den Seitenwänden jeder Zelle eine Gruppe von blauen, deutlich nach außen verjüngten und radial ausstrahlenden Stäbchen; da dieselben an den gegen die Nachbarzellen zugewendeten Seiten der Zellhaut fehlen, erscheinen die einzelnen Stäbchengruppen ganz isolirt von einander (IV. Fig. 24c). Merkwürdig ist es, dass häufig, aber nicht immer diese Stäbchen an einem Fadenstück in sämtlichen Gruppen scharf gegen das eine Ende gerichtet sind, und dass bei längeren, vielleicht ganz intakten Fäden von der Mitte aus gerechnet, die Stäbchen der einen Fadenhälfte nach dem einen, die der anderen nach dem anderen Ende zugewendet sind. Die Einlagerung von Berliner Blau weist aber nun nach, dass in der That eine

1) Ich muss WITTRÖCK, De Anabaena Notula E. Fasc. X Alg. Aq. dulc. exsicc. 1882, beistimmen, wenn er die Unterschiede von *Cylindrospermum*, *Sphaerozyga*, *Dolichospermum* etc. als nicht durchgreifend genug bezeichnet, um verschiedene Gattungen aufzustellen. Die vorliegende Form ist ein gutes Beispiel für die Übergänge zwischen den Gattungen; sie besitzt Eigenschaften von *Sphaerozyga*, *Aphanizomenon*, *Aulosira*, und da die Sporen bisweilen fast kugelig sind, auch einen Charakter von *Anabaena* (vergl. KIRCHNER, Schlesiens Kryptogamenflora. II. p. 235—237). Außerdem könnte man die Form wegen der besonderen Art der Scheide zu einer besonderen Gattung erheben. Denn die Scheiden von *Aulosira* sind hautartig. Indessen beabsichtige ich nicht eine ausführliche systematische Bearbeitung der ganzen Gruppe und stelle die Art wegen der meist zylindrischen Sporen und der interkalaren Heterocysten zu *Sphaerozyga*.

zusammenhängende breite homogen blaue Gallertscheide jeden Faden umkleidet und dass die Stäbchen entsprechend wie bei der Scheide der Zygomenen nur diejenigen Elemente sind, welche sich durch besondere Anziehung zu Farbstoffen auszeichnen. Die Ähnlichkeit mit *Zygnema* tritt auch in dem weiteren Verhalten deutlich hervor. Die Gallertscheide wird durch die Einlagerung zu einer starken Quellung veranlasst (vergl. IV. Fig. 24 a gleich nach der Einlagerung, Fig. 24 b 24 Stunden nachher). Da an den den Querwänden entsprechenden Stellen die Quellung langsamer eintritt, so nimmt die verquollene Gallerte ein regelmäßig gefaltetes Aussehen an. Meistens verquillt die Gallerte an den Grenzzellen sehr viel weniger, so dass dann starke Einschnürungen der sonst weit abstehenden Masse bemerkt werden. In anderen Fällen dagegen sah ich die Scheide auch an den Grenzzellen verquollen. Nach der erfolgten Abstoßung lässt sich mit Methylblau keine Gallerte an den Zellen, jedenfalls keine Stäbchenstruktur mehr nachweisen; ob noch eine sich nicht färbende Grundsubstanz vorhanden bleibt, wurde nicht nachgewiesen. Das Verhalten gegen Glykosepepton und andere Reagentien wurde wegen eintretenden Mangels an Material nicht untersucht.

Hinsichtlich der Entstehung der Gallerte bei den Schizophyten ließen sich aus der bisherigen Untersuchung keine näheren Muthmaßungen erschließen; für die Scheiden der *Oscillaria*-, *Tolypothrix*-, *Sirosiphon*-Arten ist die Annahme, dass sie durch Metamorphose der Zellhaut entstehen, nicht unwahrscheinlich<sup>1)</sup>.

#### IV. Die Gallertbildungen bei einigen Chlorophyceen.

Sehen wir ab von den eine ganz besondere Stellung einnehmenden Conjugaten, so treten uns in der Reihe der echten Chlorophyceen mehrere große Unterfamilien entgegen, welche hinsichtlich der Gallertbildung sehr verschieden sich verhalten. Eine ganze Anzahl Formen sind sehr arm daran, so z. B. die *Conferva*-, *Chroolepus*-, *Cladophora*-Arten; ebenso entbehren derselben die größere Zahl von Oedogonien<sup>2)</sup>, *Bolbochaete*, *Vaucheria*. Dagegen erzeugen die Chaetophoreen in sehr reichlichem Maße Gallerte und dieselbe bestimmt die äußere Formgestaltung der einzelnen Spezies. Als ein Beispiel von stark gelatinösen Fadenalgen soll *Chaetophora endiviaefolia* dienen.

Diese Alge fand sich in zylindrischen verzweigten, bis 2 cm langen Gallertkolonien vor, welche an anderen Pflanzentheilen festsäßen. Eine jede solche Kolonie, resp. ein Zweig derselben besteht aus einem Bündel lang-

1) Vergl. STRASBURGER, Wachstum der Zellhäute, p. 190.

2) Bei einer schmalen, nicht näher bestimmten Art von *Oedogonium* beobachtete ich regelmäßig eine Gallertscheide.

gestreckter Zellfäden, welche in der Mitte liegen und von welchen zahlreiche Seitenäste ausgehen, die radial gegen die Peripherie strahlen und hier dicht mit kurzen fast wirtelig gestellten Zweigen besetzt sind. Einzelne Zweige verlängern sich zu sehr langen farblosen Zellfäden, welche weit aus der Gallerte hervorragen und als Haarfäden bezeichnet werden können. In der Mitte der Kolonie liegen die Zellfäden in sehr wenig dichter Gallerte, welche gegen die Peripherie hin fester und kompakter gestaltet und aus einzelnen Massen zusammengesetzt ist, von denen jede ihre Entstehung einem der Wirteläste verdankt. Bei Alkoholwirkung tritt diese Sonderung der Gallerte an der Peripherie deutlich hervor und ebenso auch bei Anwendung von Färbemitteln, z. B. Methylviolett, Methylenblau, Vesuvin. Dabei zeigt sich auch eine charakteristische Stäbchenstruktur. Von den obersten Zellen jedes Wirtelzweiges strahlen nach allen Seiten die Gallertstäbchen aus, welche mitunter eine ansehnliche Länge erreichen können (IV. Fig. 17c). Dagegen zeigt sich in der wenig dichten und stark verquollenen Gallerte in der Mitte der Kolonie keine Struktur mehr. In sehr charakteristischer Weise, welche an *Zygnema B* erinnert, bringt Methylenblau eine Struktur an der Gallertscheide der farblosen Haarfäden hervor. Es erscheint ein sehr verschieden weitmaschiges dunkelblaues Netzwerk, auf welchem besonders an den Schnittpunkten dichtere Balken sich erheben, welche bei der Seitenansicht als Stäbchen erscheinen. Außerdem aber ist die Gallertschicht, welche dicht der Zellwand anliegt und die Maschen des großen Netzwerkes ausfüllt, noch sehr fein netzförmig gestaltet (IV. Fig. 17a). An anderen Fäden erheben sich auf dem großen Netzwerk sehr zahlreiche Balken nebeneinander, so dass eine sehr dichte Stäbchenstruktur hervortritt.

Die Struktur sowohl der Haarfädenscheide wie der Gallerte der Wirteläste wird ebenso hervorgerufen durch den Aufenthalt in Glykose-Pepton. Die den einzelnen Wirtelästen angehörenden Gallertpartien sind deutlich gesondert, ihre Stäbchenstruktur bei nicht zu starker Einlagerung ist ebenfalls sichtbar oder tritt besonders bei der Aufsicht als Körnelung hervor (IV. Fig. 17b). Bei Hinzufügen von Chlorzinkjod wird eine lebhaftere Quellung veranlasst; die Scheiden der Haarfäden wölben sich in großen, weiten, blasigen und faltigen Massen hervor, welche schließlich sich gänzlich auflösen, während gelbe Tropfen ausgeschieden werden. Ebenso quillt die Gallerte der Wirteläste sehr intensiv. Ein Unterschied der letzteren gegenüber der Substanz der Zygnemenscheiden zeigt sich nur darin, dass bei *Chaetophora* die Gallerte nicht durch kochendes Wasser verschwindet, sondern nachher immer noch deutlich, besonders bei Färbung sichtbar ist. Vollständig gelöst wird die Gallerte durch Kochen mit verdünnter Salzsäure, durch welche die Zellmembran ihre Färbefähigkeit gegenüber Methylenblau verliert.

Inbetriff des Verhaltens bei Einlagerung von fremden Niederschlägen

ist das Resultat nicht so klar und prägnant, wie bei *Zygnema*. Augenscheinlich wird die Scheide der Haarfäden nach Einlagerung von Chromgelb, Berliner Blau in lockeren, faltigen Massen abgestoßen. Weil indessen überhaupt die Scheide leicht sich von der Zellwand trennt, tritt die Abstoßung nicht so scharf als besondere Erscheinung hervor. Unzweifelhaft findet auch Abstoßung und Verquellung der Gallerte der Wirteläste statt, da nach Einlagerung von Berliner Blau die einzelnen Gallertpartien an der Peripherie sich nach 24 Stunden stark hervorwölben in Form hellblauer lockerer blasiger Masse. Indessen geht die Verquellung und Abstoßung nur bis zu einem gewissen Grade vor sich und kann auch nicht weiter gehen, weil die Gallerte des inneren Theiles der Kolonie einmal sehr wenig oder nichts von Niederschlag enthält und weil sie auch infolge ihrer größeren Verdünnung überhaupt nicht der Abstoßung fähig zu sein scheint.

Eine zweite große Gruppe der Chlorophyceen, welche durch besondere Mannigfaltigkeit in den Gallertbildungen sich hervorhebt, stellen die formreichen Protococcoiden dar. Abgesehen von den Volvocineen, welche ich besonders in dem nächsten Abschnitt behandeln will, ist nur eine Form als Beispiel herangezogen worden, nämlich ein Vertreter der Tetrasporeen, *Gloeocystis ampla* (*Pleurococcus superbus* Cienkowski). Diese Alge erscheint theils in einzelnen, theils zu mehreren vereinigten Zellen, welche von einer Reihe ineinander geschachtelter Zellhäute eingeschlossen sind, die in verschiedenem Grade von einander abstehen und durch eine weiche Gallerte getrennt sind, welche nach den bisherigen Anschauungen aus etwas weniger dichten Zellhautlamellen bestehen soll. NÄGELI<sup>1)</sup> nimmt für die mit der Theilung der Zellen eintretende Vergrößerung der einzelnen Zellhautlamellen ein Intussusceptionswachsthum an, während SCHMITZ<sup>2)</sup> und STRASBURGER<sup>3)</sup> für die ganz entsprechend gebaute Gattung *Gloeocapsa* eine allmähliche Dehnung der Häute behaupten, welcher dann später eine Sprengung folgt. Die Abspaltung der äußersten Zellhäute einer *Gloeocystis*-Kolonie hat schon CIENKOWSKY<sup>4)</sup> richtig beobachtet. Infolge der Erhaltung der abgeworfenen Zellhäute wird bei der vorliegenden Species eine eigenartige Stielbildung zu Stande gebracht, welche allerdings nur nach Färbung mit Methylenblau u. s. w. hervortritt. Man erkennt dann, dass die einzelne *Gloeocystis*-Zelle, resp. eine Kolonie derselben, von zahlreichen Häuten umhüllt, auf einem verschieden langen Stiele sitzt, der aus einzelnen Etagen aufgebaut erscheint (IV. Fig. 18 a). Jede derselben besteht aus einer fast stets in gleicher Weise zusammengezogenen, stark gerunzelten inneren Haut und einer weichen, schleimigen äußeren Schicht, welche die betreffende Etage mit der oberen und unteren verbindet. Die Stielbildung beruht

1) NÄGELI, Pflanzenphysiologische Untersuchungen. II. 1858. p. 282.

2) SCHMITZ, l. c. p. 7.

3) STRASBURGER, l. c. p. 36.

4) CIENKOWSKY, Über einige chlorophyllhaltige *Gloeocapsen*. Bot. Ztg. 1865. p. 23.

darauf, dass die an der Peripherie befindliche Zellhaut, welche noch von einer weichen Gallertschicht der nächst älteren Ausscheidung der Zelle umkleidet ist, nur bis zu einem gewissen Grade gedehnt werden kann und dann plötzlich reißt, wobei sie am Scheitelpunkt platzt, sich sofort bis zum entgegengesetzten basalen Ende elastisch zu einer gerunzelten Haut zusammenzieht, welche mit der Gallertschicht eine neue Etage des Stieles bildet. Mit jeder Sprengung rückt die *Gloeocystis*-Zelle um eine Etage höher. Die Ursache für die Dehnung jeder Zellhaut liegt in der allmählichen Wasseraufnahme der an ihrer Innenseite befindlichen weichen Gallertschicht. STRASBURGER fasst bei *Gloeocapsa* dieselbe als eine Reihe weicher Zellhautschichten auf, worin ich ihm wenigstens hinsichtlich *Gloeocystis* nicht beistimmen kann, da ein Nachweis ihrer Zellhautnatur nicht gelingt, und ebenso wenig der Nachweis einer Zusammensetzung aus einzelnen Lamellen. Ich halte vielmehr diese weichen, schwach lichtbrechenden Lagen bei *Gloeocystis* in der That für Gallerte, entsprechend der Substanz bei anderen Algen. In dem jüngsten Stadium gleich nach ihrer Bildung erscheint sie vollkommen homogen, färbt sich auch ganz gleichmäßig und zeigt noch eine ziemlich starke Lichtbrechung, welche dann allmählich mit der Ausdehnung schwächer wird. Diese Gallerte besitzt gleich nach ihrer Entstehung ein Quellungsvermögen, infolge dessen sie Wasser aufnimmt und die Ursache der Dehnung der sie umgebenden Zellhautschicht wird. Indessen ist dieses Vermögen nur sehr begrenzt, so dass sie bald mit der Wasseraufnahme aufhört und nun selbst durch die Quellung der nächst jüngeren Gallertschicht und die dadurch wieder herbeigeführte Dehnung der zwischenliegenden Zellhaut gedehnt wird. Denn nach dem Platzen der äußeren Zellhaut bleibt die Gallerte mit der nächst inneren in Verbindung, ohne sich weiter zu verändern, und erhält sich beliebig lange Zeit später in den Etagen des Stieles. Die *Gloeocystis*-Zelle bildet darnach abwechselnd Zellhäute und Gallertschichten.

Die Substanz der letzteren besitzt in hohem Grade die Fähigkeit, in Glykose-Pepton stickstoffhaltige Substanzen einzulagern. Zwischen den einzelnen, kaum verändert aussehenden Zellhautblasen erscheint in solchem Falle eine sehr stark lichtbrechende weiße, mit Jod sehr intensiv gelb sich färbende Gallertmasse. Indessen ist ihre Quellungsfähigkeit nicht so groß, wie bei den Conjugaten. Chlorzinkjod bewirkt nur, dass die eingelagerte Substanz sich in kleinen, bisweilen in regelmäßig konzentrischen Kreisen angeordneten Tröpfchen ausscheidet (IV. Fig. 48 b), welche dann später zu größeren Massen zusammenfließen. Diese starke Einlagerung in Glykose-Pepton findet sich besonders bei den jungen dichten Gallertschichten, da die älteren, besonders die am Stiel befindlichen nur schwache Verdickung zeigen. Dieselbe Erscheinung zeigt sich auch nach Einlagerung von Chromgelb, insofern die jüngsten Gallertlagen am intensivsten dasselbe in sich aufnehmen. Eine Abstoßung des Chromgelb wurde nie beobachtet, und es mag beiläufig hierbei erwähnt werden, dass die Gallertstiele von

*Mischococcus* ebenfalls nicht die Fähigkeit haben, eingelagertes Berliner Blau zu entfernen.

Die Zellhautschichten von *Gloeocystis* lagern, wie nach der Jodfärbung hervortritt, ebenfalls etwas stickstoffhaltige Substanz ein, ohne in Chlorzinkjod eine weitere Veränderung zu zeigen und ohne dass ein solcher Unterschied der jüngeren und älteren Lagen sich bemerkbar macht.

#### V. Die Gallertbildungen bei Volvocineen und Peridineen.

Den Tetrasporeen unter den Protococcoiden schließen sich die Volvocineen auf's innigste an, andererseits zeigen die letzteren in manchen Punkten, wie z. B. in der Bildung schwärmender Gallertkolonien, Beziehung zu den echten Flagellaten. Im allgemeinen sind die Volvocineen sehr vielfältig und genau untersucht, und ebenso hat man ihren Gallertbildungen mehr, als es bei anderen Organismen bisher geschehen war, Aufmerksamkeit gewidmet. Indessen nach mancher Hinsicht stehen noch Fragen offen, so dass eine ausführlichere Untersuchung geboten schien.

Die einfachsten Formen der Volvocineen sind die Chlamydomonaden, bei welchen die einzelnen Zellen, von einer Zellhaut umgeben, für sich schwärmen. Die Gattungen *Chlorogonium*, *Chlamydococcus* sind sehr arm an Gallerte, bilden solche kaum bei der Theilung, während die *Chlamydomonas*-Arten besonders bei längerer Zeit der Unbeweglichkeit mächtige tetrasporaähnliche Gallertmassen erzeugen.

Indessen sind die Eigenschaften dieser Gallerte von *Chlamydomonas* nicht näher verfolgt worden. Dafür bot sich Gelegenheit, einen bisher unbeachtet gebliebenen Organismus zu beobachten, welcher in gewisser Weise eine Übergangsform zwischen den Chlamydomonaden und den koloniebildenden eigentlichen Volvocineen darstellt, insofern die Einzelzelle außer ihrer Zellhaut noch stets mit einer besonderen Gallerthülle umkleidet ist. Die frei für sich umherschwärmenden Zellen (IV. Fig. 23 a) sind ellipsoidisch bis fast kugelig, von wechselnden Dimensionen (Lg. = 28—42  $\mu$ , Br. = 23—33  $\mu$ ). Die Zellhaut liegt dem Zellinhalt ganz dicht auf und ist stark lichtbrechend und relativ sehr dick (1,5—1,8  $\mu$ ). Die dunkelgrüne Farbe verdankt die Zelle dem Vorhandensein von zahlreichen rundlichen bis länglichen, in der Peripherie dicht zusammenstehenden Chlorophyllkörpern, welche ganz mit kleinen Stärkekörnchen erfüllt sind. Einen Amylonkern, wie er sonst bei allen anderen Chlamydomonaden vorkommt, konnte ich bisher bei keinem Exemplar beobachten. Am vorderen Ende liegen zwei abwechselnd pulsirende Vakuolen, etwas seitlich nahe der Zellwand ein länglicher Augenfleck. Sehr bemerkenswerth gegenüber den anderen Chlamydomonaden erscheint die Anheftungsweise der beiden langen Cilien. Sie entspringen nicht von der vordersten Spitze des Körpers, sondern mehr seitlich, ziemlich entfernt von einander, noch etwas hinter den kontraktiven Vakuolen

und gehen, jede für sich, durch einen besonderen Kanal der dicken Zellwand, welche übrigens an dieser Stelle ein wenig ausgerandet erscheint (III. Fig. 23 b z). Die Theilung der Zellen erfolgt im Ruhezustande durch successive Zweitheilung, entsprechend wie bei anderen Chlamydomonaden; ein weiteres Entwicklungsstadium wurde bisher nicht beobachtet.

Speziell interessirt hier bei diesem Organismus die besondere, meist  $2,5 \mu$  dicke Gallertscheide neben der Zellhaut, beide durch verschiedenes Aussehen und andere Eigenschaften scharf unterschieden. Die Zellhaut färbt sich mit Jodlösung gelb, die Gallertscheide bleibt ungefärbt; Chlorzinkjod bringt letztere zur vollständigen Lösung, verändert die Zellhaut nicht in sichtbarer Weise, färbt sie auch nicht violett. Die Zellhaut zeichnet sich durch eine ganz besonders lebhafte Anziehungskraft zu Farbstoffen, wie Methylenblau, aus; die Scheide nimmt dieselben nur aus konzentrirteren Lösungen auf, zeigt dabei keine deutliche Struktur. In Glykose-Pepton dagegen tritt das umgekehrte Verhalten ein, insofern die Zellhaut relativ wenig einlagert, die Gallertscheide dagegen sehr stark lichtbrechend und glänzend wird, sich dann mit Jod intensiv gelb färbt und bei Zusatz von Chlorzinkjod lebhaft zu einer faltigen Haut quillt, welche eine Zeit lang feinkörnig erscheint durch die Ausscheidung des eingelagerten Körpers, bis sie schließlich ganz verschwindet.

Gallertscheide und Zellhaut sind hier bei *Gloeomonas* entsprechend wie bei den Conjugaten zwei verschiedene Organe der Zelle; beide kehren auch wieder bei den meisten der koloniebildenden Volvocineen.

*Pandorina morum* besteht bekanntlich aus 16 Zellen, welche zu einer kugeligen Kolonie vereinigt sind und von welchen jede von einer besonderen Zellhaut umkleidet ist. Außerdem ist die ganze Kolonie von einer gemeinsamen Mantelhülle umgeben, welche nach STEIN<sup>1)</sup> aus primären und sekundären Verdickungsschichten bestehen soll. Die Schichtung kommt nur dadurch zu Stande, dass diese Mantelhülle aus zwei verschiedenen Lagen zusammengesetzt ist, einer inneren, welche aus den verschmolzenen peripherischen Zellhautstücken sämmtlicher Einzelwesen besteht, und ferner aus einer äußeren, allen gemeinsamen Gallertscheide<sup>2)</sup>. Die erstere kann man als die Zellhaut der Kolonie bezeichnen, sie ist viel dicker, als die von ihr ausgehenden, die Einzelzellen trennenden radialen Seitenwände (IV. Fig. 22 s u. z). Die Gallertscheide ist entsprechend wie bei *Gloeomonas* deutlich von der dicken Zellhaut verschieden. Sie erscheint viel schwächer lichtbrechend, als die letztere, und zeichnet sich wie diese durch lebhafte Färbung in Methylenblau etc. aus, unterscheidet sich aber wesentlich dadurch, dass an ihr eine deutliche Stäbchenstruktur bemerkbar wird, wäh-

1) STEIN, Der Organismus der Infusionsthiere. III, 4; Die Flagellaten. Taf. XVI. Fig. 14, 15.

2) Vergl. auch KIRCHNER, Kryptogamenflora von Schlesien. II. p. 88.

rend die Zellhaut sich homogen färbt (IV. Fig. 22). In Glykose-Pepton nimmt die Gallertscheide in hohem Maße die durch Jod gelb werdende stickstoffhaltige Substanz auf, zeigt bei nicht zu starker Einlagerung die Stäbchenstruktur und quillt in Chlorzinkjod lebhaft zu einer sehr weit abstehenden, stark gefalteten, feinkörnig erscheinenden Haut. Die Zellhaut verdickt sich auch, aber viel weniger als die Gallerte in Glykose-Pepton, bleibt dann bei Zusatz von Chlorzinkjod im wesentlichen unverändert, so dass die Trennung von ihr und der Gallertscheide dadurch leicht herbeigeführt werden kann. Selbst in dem Falle, dass die *Pandorina*-Kolonie infolge der Theilung sich stark in die Fläche ausgebreitet hat, bleibt Scheide und Zellhaut deutlich gesondert; die erstere zeigt selbst bei stark verquollenen Kolonien ihre Stäbchenstruktur; die Zellhaut ist es besonders, welche durch die Entstehung der jungen Tochterkolonien stark ausgedehnt ist. Ihre Dicke bei ungetheilten Familienstöcken findet in diesem Verhalten bei der Theilung ihre biologische Erklärung.

Sehr nahe an *Pandorina* schließt sich *Eudorina elegans* an, von welcher mir aber nur ein ungentügendes Material zur Verfügung stand. Auch hier liegt auf der von allen Einzelzellen gebildeten Zellhaut eine besondere Gallertscheide, welche ebenfalls lebhaft Methylenblau aufnimmt, ohne aber dabei eine Stäbchenstruktur aufzuweisen. In Glykose-Pepton verdickt sie sich stark und zeigt dann eine körnige Struktur. Der wesentliche Unterschied der Gallertsubstanz von *Eudorina* gegenüber der von *Pandorina* besteht darin, dass weder die normale noch die verdickte Gallerte in Chlorzinkjod verquillt.

Noch schärfer von *Pandorina* unterscheidet sich die Gallertscheide von *Gonium pectorale* und *Tetras*. Bezüglich des Vorhandenseins einer besonderen Mantelhülle bei *Gonium* ist bisher noch keine Übereinstimmung erlangt. Schon EHRENBERG, FOCKE sprachen von einer solchen, besonders aber vertheidigte COHN<sup>1)</sup> das Dasein derselben, welches er durch anhängende Tuschtheilchen nachwies. STEIN<sup>2)</sup> dagegen wendet sich sehr entschieden gegen FOCKE, COHN und bestreitet die Existenz der Hülle. Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass COHN und nicht STEIN Recht hat. Jede *Gonium*-Kolonie hat ihre besondere Gallertscheide wie *Pandorina*, *Eudorina*. Allerdings ist sie ohne weiteres nicht zu sehen, sondern erst nach Färbung, und bezüglich derselben zeichnet sich die Gallerte vor den meisten Gallerten anderer Algen durch sehr geringe Färbefähigkeit aus, so dass selbst Methylviolett, Methylenblau namentlich bei *Gonium pectorale*, weniger häufig bei *Tetras* versagen. Das beste Färbungsmittel ist gerb-

1) COHN, Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der mikroskopischen Algen und Pilze. Nova Acta Leop. XXIV, 4. 1834. p. 472; vergl. ferner COHN, Bemerkungen über die Organisation einiger Schwärmzellen. Beiträge zur Biologie. II. 1877. p. 403.

2) STEIN, l. c. p. 82, 412. Taf. XVI. Fig. 4—7.

saures Vesuvium, weil die Gallerte Tannin fixiren kann, so dass es damit gelingt, sie nachzuweisen in Form einer ringsum laufenden, durch den Farbstoff etwas contrahirten, regelmäßig an der Peripherie undulirten Hülle (II. Fig. 49 a, 20). Hierbei tritt bei beiden *Gonium*-Arten eine Stäbchenstruktur der Gallerte hervor, welche auch bisweilen bei der schnell vorübergehenden Färbung mit Methylenblau deutlich wird (IV. Fig. 49 b). So viel sich beobachten lässt, ist die Gallerte nur an der Peripherie vorhanden, nicht in den Interzellularräumen zwischen den Zellen im Innern der Kolonie.

Eine weitere Eigenthümlichkeit der Gallerte von *Gonium* ist die Unfähigkeit, in Glykose-Pepton sich zu verdicken; höchst selten gelang es nach mehrtägigem Aufenthalte mit Jod eine schwach gelbliche Färbung der Scheide nachzuweisen.

Die eigenartigste Stellung nimmt unter den Volvocineen die Gattung *Volvox* ein, und das macht sich auch bezüglich ihrer Gallerte bemerkbar. Nach den bekannten Untersuchungen von WILLIAMSON<sup>1)</sup>, BUSK<sup>1)</sup>, STEIN, COHN<sup>2)</sup> besteht jede Kolonie aus sehr zahlreichen, in der Peripherie einer Kugel zusammensitzenden Einzelzellen, von welchen jede von einer Schalenhülle umgeben ist, welche in ihrem peripherischen Theil mit dem der anderen Zellen zu einer der ganzen Kolonie gemeinsamen Haut verklebt ist. STEIN und BÜTSCHLI<sup>3)</sup> bezeichnen die Schalenhülle der Einzelzelle als hautartig, von dem Zellkörper weit abgehend, während COHN dieselbe als eine dünne gallertartige Hülle ansieht, welche nach innen zu in die weiche, fast flüssige Inhaltsmasse der ganzen Kugel übergeht. Den Raum der Hohlkugel nimmt nach STEIN eine indifferente Flüssigkeit ein, während WILLIAMSON das Vorhandensein eines gummiartigen Schleimes darin vermuthete<sup>4)</sup>. Meine Bemühungen, die besonderen Schalenhüllen der Einzelzellen genauer nachzuweisen, haben ein negatives Resultat gehabt; ich habe sie an fertigen reifen Kolonien nie gesehen. Vielmehr möchte ich die Anschauung von COHN dahin erweitern, dass in den reifen Kolonien überhaupt keine bestimmten Hüllen um jedes Individuum ausgebildet, dass alle von einer gemeinsamen Gallerte umgeben sind, welche nach außen von einer hautartigen Schicht abgegrenzt wird und nach innen mit der die ganze Kugel erfüllenden Gallertmasse zusammenhängt. Die letztere lässt sich nachweisen beim Zerdrücken der Kolonie und dem Zusatz von Methylenblau. Dabei zeigt sich, dass die Gallerte nicht homogen ist, sondern dass in ihr ein grobes Netzwerk von dickeren und dünneren Bal-

1) Vergl. die ausführliche Behandlung des Gegenstandes bei STEIN, l. c. p. 146—124.

2) COHN, Die Entwicklungsgeschichte der Gattung *Volvox*; Festschrift 1875.

3) BÜTSCHLI, Protozoen p. 691.

4) Auch LEVICK, *Volvox globator*, is it a hollow sphere? nach JUST, Jahresbericht, X, 4. 1882. p. 323 ist auf die Vermuthung gekommen, dass das Innere der *Volvox*-Kugel nicht von Flüssigkeit, sondern von einer Gallerte erfüllt ist.

ken vorhanden ist, welche etwa im Zentrum sich zu einer dichteren Masse vereinigt haben, die in ihrem Aussehen an einen Ganglienknoten erinnert. Die Gallerte zwischen den Strängen erscheint selbst aus äußerst zarten Fäden zusammengesetzt. Jod, Chlorzinkjod lassen die Gallertsubstanz ungefärbt, in Jod und Schwefelsäure quillt sie anfangs, zieht sich dann zusammen und lässt das Balkennetzwerk tief braun gefärbt scharf hervortreten. Am klarsten tritt aber die Struktur bei Aufenthalt in Glykose-Pepton hervor. Nach 2 Tagen sieht man an den unzerdrückten Kolonien in der Mitte den Netzknoten, von welchem nach der Peripherie die sehr ungleichmäßig dicken Stränge ausstrahlen. Jetzt färbt Jod die Gallerte intensiv gelb, Chlorzinkjod ruft aber keine besondere Quellung hervor. Die Membran der Kolonie erscheint nach außen wie nach innen scharf begrenzt, zeigt nach Einwirkung von Glykose-Pepton und Jodfärbung eine deutliche körnige Struktur.

Nach meiner Auffassung also sind die Einzelzellen reifer *Volvox*-Kolonien nicht mehr von besonderen Zellhäuten umgeben, sondern sie liegen eingebettet in der Gallerte, welche die ganze Kugel ausfüllt. Die plasmatischen Verbindungsstränge zwischen den Nachbarzellen gehen ununterbrochen von einer Zelle zur andern. Zur Stütze der ganzen Kugel dient ein dichteres Balkengerüst, welches die Gallertmasse durchsetzt. Nach außen ist die Kolonie von einer gemeinsamen Haut abgegrenzt. Dieselbe zeigt, wie schon vielfach beobachtet worden ist, eine hexagonale Felderung, entsprechend der Zahl der Einzelzellen, und diese Beobachtung ist wohl die Veranlassung gewesen, für jedes Feld eine zugehörige Seitenwand anzunehmen. Sehr wahrscheinlich nach der von WILLIAMSON, COHN, STEIN gelieferten Entwicklungsgeschichte ist in den jüngsten Stadien jede Einzelzelle von einer Zellhaut umkleidet, deren peripherische Theile zu einer gemeinsamen Haut verkleben, deren Seitenwände aber später verschwinden und durch die Gallerte ersetzt werden, welche die Zellen in großer Quantität während des Wachstums der Kolonie ausscheiden. Darnach würde also nur die peripherische Haut der *Volvox*-Kolonie von den ursprünglichen Zellhäuten das einzig Übrigbleibende sein.

Die Familie der Peridineen, welche wohl manche Berührungspunkte ebenso wie die Volvocineen mit den echten Flagellaten haben, andererseits doch wesentlich von diesen unterschieden sind und eine eigenartige Stellung einnehmen, bietet sehr wenig Bemerkenswerthes bezüglich der Gallertbildung dar. Die häufigsten Süßwasserformen und, wie es scheint, auch die Meeresbewohner erzeugen höchstens bei der Theilung innerhalb der alten Zellhaut Gallertsubstanz, wie z. B. die *Peridinium*-Arten. Nur sehr wenige sind bisher bekannt geworden, welche Gallerte in größerer Menge bilden, vor allem das *Gymnodinium fuscum*. In einer frühern Arbeit<sup>1)</sup>

1) G. KLEBS, Über die Organisation einiger Flagellatengruppen; Tübinger Untersuchungen. I. 1883. p. 448.

habe ich schon mitgetheilt, dass die braunen nackten, frei umherschwärmenden Zellen, sowie man sie mit Farbstoffen oder Reagentien behandelt, von einer dicken Gallerthülle umgeben sind. Nach neueren Erfahrungen, besonders auch an einigen Flagellaten und Infusorien, ist es mir sehr wahrscheinlich, dass während der Bewegung die Zellen frei von Gallerte sind, dass aber auf bestimmte äußere Reize hin, wie bei dem Herausquellen der Trichocysten von *Paramecium Aurelia* u. a. diese Gallerthülle sehr leicht und schnell ausgeschieden wird. Dieselbe zeigte nach früheren Beobachtungen bisweilen Stäbchenstruktur, welche indessen nicht in dem Grade, wie z. B. bei *Zygnema*, *Pandorina* charakteristisch für die Gallerte ist, da sie bei Farbstoffen wie Methylviolett, Methylenblau nicht scharf genug hervortritt, allerdings wohl vielfach deshalb, weil die Gallerte sich dabei stark kontrahirt. In Glykose-Pepton verdickt sich die Substanz und quillt dann in Chorzinkjod auf, jedoch nur in begrenzter Weise zu einer etwas faltigen Haut.

Interessant bei diesem *Gymnodinium fuscum*, und deshalb hebe ich es an dieser Stelle noch einmal hervor, ist die Thatsache der lebhaften Gallertbildung bei Abwesenheit einer Zellhaut, infolge dessen überhaupt eine Entstehung durch Metamorphose derselben ausgeschlossen ist. Die direkte Ausscheidung aus dem Cytoplasma lässt sich auch durch die außerordentliche Schnelligkeit, mit der die Bildung geschieht, allein gut erklären. Um so bemerkenswerther ist hier diese Gallertentstehung, als sonst die Peridineen den typischen Bau von Pflanzenzellen aufweisen und sich durch den Besitz einer echten Cellulosehaut auszeichnen. Die letztere scheint in hohem Grade frei von gewissen Einlagerungen zu sein, welche bei den anderen Algen, z. B. *Zygnema*, in charakteristischer Weise auftreten. So fehlt der Zellhaut von *Peridinium tabulatum* die Fähigkeit, mit Methylenblau, Methylviolett lebhaft sich zu färben und in Glykose-Pepton Stoffe einzulagern, infolge deren sie sich mit Jod gelb färbt. Die Cellulosereaktionen gelingen sehr leicht an ihr, die Färbung mit Kongoroth ist an noch lebend bleibenden Individuen nachzuweisen. Andererseits allerdings müssen in der Zellhaut besondere Bestandtheile vorhanden sein, denen sie ihre Sprödigkeit verdankt.

*Peridinium tabulatum* mit seiner mannigfach verzierten gefälten Zellhaut zeigt noch eine besondere Eigenthümlichkeit. In verdünnten Farbstofflösungen, in welchen durch schnellen Tod der Cilien die Zellen zur Ruhe kommen, beobachtet man nicht selten an einigen Exemplaren die allmähliche Ausscheidung einer sehr zarten, farb- und strukturlosen zusammenhängenden Haut um die anscheinend unveränderte Zellhaut, an welcher sich vorher keine besondere strukturlose Außenschicht nachweisen lässt. Gerade bei dem charakteristischen Bau der Zellhaut kann diese Hülle nur durch eine Ausscheidung von Seiten des Cytoplasmas durch die Zellmembran entstanden sein. Eine analoge Erscheinung habe ich auch

bei *Ceratium cornutum* gemacht. Bei beweglichen und dann mit Osmiumsäure fixirten Individuen lässt sich durch Methylenblau keine besondere Hülle um die ungefärbt bleibende Zellhaut nachweisen, ebenso wenig, wenn man lebende Zellen sofort in die Farbstofflösung bringt. Lässt man dagegen dieselben einige Minuten in einem Tropfen auf dem Objektträger sich bewegen, setzt dann verdünntes Methylenblau hinzu, so tritt allmählich um jedes Individuum ein sehr zartes, sehr lockeres Netz von höchst feinen Fäden hervor, welche hier und da kleine Körnchen enthalten. Genaueres über die Natur dieses Netzes habe ich wegen Mangels an genügendem Material nicht feststellen können, jedoch ist es sehr wahrscheinlich, dass wir es hier mit einer Ausscheidung infolge eines äußeren Reizes — der Veränderung des Mediums — zu thun haben.

## VI. Die Gallertbildungen bei einigen Flagellaten.

In der großen sehr formenreichen Klasse der Flagellaten entfaltet sich wie bei den Thallophyten eine überraschende Mannigfaltigkeit in den Gallertbildungen, welche einerseits vielfach an diejenigen der Algen erinnern, andererseits durchaus eigenartig sind. Von vornherein ist auf ein Moment ein großes Gewicht zu legen, welches die Thallophyten und Flagellaten unterscheidet und von besonderer Bedeutung für die Frage nach der Entstehungsweise der Gallerte ist. In allen Fällen bei den Thallophyten, mit einziger Ausnahme vielleicht der reifen Kolonien von *Volvox*, finden wir den Zellkörper zunächst umgeben von einer Zellhaut, welche, wie sich leicht nachweisen lässt, aus Cellulose besteht, und auf diese folgt, im Falle des Vorhandenseins, eine Gallerthülle, welche nicht aus Cellulose oder einem direkten Abkömmling derselben gebildet ist und überhaupt in wesentlichen Punkten von der Zellhaut abweicht. Bei den Flagellaten, in der Umgrenzung, wie ich sie annehme, mit Ausschluss von Volvocineen und Peridineen, ist der Zellkörper zunächst auch umkleidet von einem hautähnlichen Organ, welches aber durchaus verschieden ist von der pflanzlichen Zellhaut und welches man zum Unterschiede als Plasmamembran bezeichnen kann. Die Zellhaut zeigt im wesentlichen dieselben Eigenschaften an lebenden wie an toten Zellen; sie lässt sich leicht von dem lebenden Plasmakörper durch Plasmolyse trennen, sie wird sehr häufig während der Entwicklung entfernt und neu gebildet, vor allem nach jeder Theilung, auch in dem Falle, wo die Zellen, wie bei den Zygneten u. a., im Verbands bleiben. Die Plasmamembran der Flagellaten ist dagegen ein lebender Theil des Zellkörpers selbst, welcher sich ohne Tödtung des letzteren nicht von ihm trennen lässt und thatsächlich in der Entwicklung nie getrennt wird, welcher stets mitgetheilt wird, wie der Kern. Dieser prinzipielle Unterschied der Plasmamembran, oder wie sie bei Zoologen leider noch immer

genannt wird, der Cuticula<sup>1)</sup> und der vegetabilischen Zellhaut tritt am klarsten bei dem Verhalten beider gegenüber Kongoroth hervor. Die Zellhaut färbt sich roth, gleichgültig ob die Zellen todt oder lebendig sind, und ihre Färbung hat keinen tödtlichen Einfluss auf das Plasma; die Plasmamembran nimmt ebenfalls lebhaft Kongoroth auf, aber nur, wie das Zellplasma, wenn sie mit diesem getödtet wird. Wochenlang leben Euglenen in 0,05% Kongorothlösung ohne Spur von Färbung, die sofort beim Tode eintritt<sup>2)</sup>. Schon früher habe ich auf diesen höchst wesentlichen Unterschied von Zellhaut und der Plasmamembran speziell bei den Euglenen aufmerksam gemacht und auch ihren verschiedenen chemischen Bau nachgewiesen. Ich habe deshalb hier noch einmal darauf zurückkommen müssen, weil BÜRSCHLI auf diesen Unterschied kein Gewicht legt und diese Plasmamembran, resp. Cuticula mit den Hüllenbildungen, zu denen auch die Zellhaut zu rechnen ist, in eine Reihe zusammenstellt. Ich kenne kein Beispiel, in dem man im Zweifel sein kann, ob eine Plasmamembran oder eine Zellhaut vorhanden ist. Dagegen giebt es bei den Flagellaten zahlreiche Übergangsformen von Arten mit wohl ausgebildeter Plasmamembran zu solchen, bei welchen man nur von einer dichteren, peripherischen Lage des Plasmas, einer Hautschicht, sprechen kann. Die Plasmamembran ist eben eine besondere Differenzirung der Hautschicht.

Infolge der eigenartigen Organisation des Flagellatenkörpers, des Besitzes dieser während des Lebens unverändert an ihrer Stelle bleibenden Plasmamembran, ist hier von vorn herein die Frage nach der Entstehung der Hüllenbildungen viel klarer und einfacher und kann kaum anders beantwortet werden, als durch die bisher auch hier schon geltende Ansicht, dass die Gallerte bei den Flagellaten stets ein Ausscheidungsprodukt und nicht ein Umwandlungsprodukt der peripherischen Haut ist. Außerdem liegen aber wesentliche Stützen dieser Ansicht vor, einmal in den Beobachtungen

1) Der Ausdruck Cuticula, welcher bekanntlich für die Haut der Infusorien zuerst von COHN angewandt wurde (Zeitschr. für wissensch. Zoologie. V. 1854. p. 424), hatte damals seine Berechtigung, jetzt aber nicht mehr, da der in pflanzlicher Anatomie gebrauchte Begriff Cuticula — ein verkorktes Umwandlungsprodukt der Zellhaut — in keiner Weise auf das lebende Organ der Plasmamembran bei Flagellaten und Infusorien passt. Derselbe Ausdruck mit zwei heterogenen, dabei aber doch leicht zu verwechselnden Bedeutungen ist bei dem Zusammenhang von Botanik und Zoologie sehr störend, weshalb es gut wäre, einen besonderen Namen für diese Plasmamembran zu bilden.

2) In meiner früheren Arbeit (Untersuchungen aus dem Tübinger Institut. I. p. 243 Anmerkung) habe ich angegeben, dass es gelingt, lebende *Euglena spirogyra* mit Hämatoxylin zu färben. Diese Färbung beruht in diesem Falle auf einer Verbindung des Farbstoffes mit dem in der Plasmamembran der betreffenden *Euglena* vorhandenen Eisenoxydhydrat. Andere Euglenen mit eisenfreier Plasmamembran zeigten niemals diese Färbung.

KENT'S<sup>1)</sup> bezüglich der Bildung der Stiele von *Anthophysa* und den meinigen über Gallertausscheidung bei Euglenen. Da die letztere für die vorliegende Untersuchung von Bedeutung ist, möchte ich etwas ausführlicher, als in meiner früheren Arbeit, darauf zurückkommen.

Hauptsächlich untersucht wurde die rothe Form der *Euglena sanguinea*, deren Körper während des Schwimmens umgekehrt eiförmig, und von einer derben, spiralig gestreiften Plasmamembran umgeben ist. Fügt man zu den schwärmenden rothen Zellen sehr verdünnte Methylenblaulösung hinzu, so tritt in dem Moment der Berührung des Farbstoffes mit der *Euglena* ein lebhaftes Hin- und Herzucken, Zusammenziehen und Wiederausdehnen statt, und von dem Körper strahlen nach allen Seiten sofort tief blau sich färbende Gallertfäden, welche sich zu einer Hülle in Form eines Netzwerkes vereinigen. Die Gestalt dieser Gallertausscheidung ist in den einzelnen Fällen außerordentlich verschieden, hängt von der Individualität der *Euglena*, von der Natur, der Konzentration des Farbstoffes ab; auch Methylgrün, Methylviolett (IV. Fig. 25 b), Vesuvin, Fuchsin rufen die Gallertausscheidung hervor. In sehr verdünntem Methylgrün erscheint die Gallerte fast wie ein homogener, diluirter Schleim mit nur wenig deutlichen, dichteren Partien, dessen netzförmige Struktur dann erst nach Alkoholbehandlung hervortritt. In Vesuvin bildet die Gallerte eine nur selten geschlossene, meist stark zusammengezogene, tief braun gefärbte Masse, die aus kurzen, dichten Stäbchen zusammengesetzt erscheint. Bei rascher Wirkung des verdünnten Methylenblaus — nach Zusatz desselben im offenen Tropfen — nimmt die Gallerte die Form eines sehr zierlichen, durchbrochenen Netzwerkes an (IV. Fig. 25 a); bei ganz allmählichem Eindringen des Farbstoffes unter dem Deckglas erfolgt eine unregelmäßige und langsame Ausscheidung von dichteren und weniger dichten, geraden und mannigfaltig gekrümmten Stäbchen, während dessen die *Euglena* weiterkriecht, so dass oft eine große Strecke mit den blauen Gallertstücken wie besäet wird (IV. Fig. 25 c, b).

Die Gallertausscheidung gehört in die Reihe der Reizerscheinungen, da nur lebendige Individuen der *Euglena* dieselben zeigen. Die Rolle des auslösenden Reizes können sehr verschiedene Momente spielen, außer Farbstoffen auch Salzlösungen, schwache Alkalien, Säuren, mechanischer Druck u. s. w. Diese Mittel müssen eine gewisse schädigende Einwirkung ausüben; denn solche Farbstoffe, wie z. B. Kongoroth, Indigkarmin, Nigrosin, in welchen die Euglenen lange Zeit ungestört leben können, vermögen nicht, die Gallertausscheidung herbeizuführen. Die reizauslösenden Farbstoffe müssen hierfür auch eine gewisse Konzentration besitzen, unter welche der Gehalt der Lösung nicht sinken darf, um eine Wirkung noch auszuüben. Eine Lösung des Methylenblaus von 1 : 400 000 wirkt noch deutlich

1) S. KENT, A Manual of Infusoria. I. 1880—84. p. 268—269.

ausscheidend, eine solche von 1:200 000 nicht mehr. Ist eine Reizursache vorhanden, so tritt meistens der Erfolg sehr schnell ein, was besonders daraus ersichtlich wird, dass selbst schnell tödtende Mittel, wie Jodlösung, Alkohol, noch eine Ausscheidung bewirken. Dagegen tödtet 1 % Osmiumsäure so momentan, dass keine Gallerte mehr gebildet werden kann.

Neben der lebhaften Farbstoffeinlagerung besitzt die Gallertsubstanz von *Euglena sanguinea* auch das Vermögen, in Glykose-Pepton sich zu einer sehr stark lichtbrechenden, mit Jod tief gelb sich färbenden Masse zu verdicken, welche in Chlorzinkjod wohl etwas, aber nur begrenzt verquillt und sich in dieser Beziehung wie die Gallerte von *Gymnodinium* verhält.

Jedenfalls geht aus den vorliegenden Beobachtungen die Entstehung der Gallerte durch Ausscheidung klar hervor. Das Cytoplasma presst die Substanz durch die Plasmamembran, welche gegenüber der vegetabilischen Zellhaut sich durch ein sehr viel dichteres Gefüge auszeichnen muss und sich in dieser Beziehung wie die Hautschicht des vegetabilischen Plasmas verhält, welche die osmotische Aufnahme und Ausgabe von Stoffen regulirt. In manchen Fällen bei sehr gleichmäßiger Ausscheidung findet man die Gallertstäbchen sehr regelmäßig in Spiralfolgen auf der Plasmamembran sitzen, entsprechend ihrer Spiralfurung, so dass wahrscheinlich an den schmalen Furchen zwischen den eigentlichen Spirallinien die Ausscheidung erfolgt. Bei *Euglena velata*, welche ebenfalls durch Farbstoffe gereizt wird, Gallerte zu bilden, ließ sich, wie ich früher bemerkt habe<sup>1)</sup>, ein Zusammenhang der Gallertstäbchen mit dem Cytoplasma der *Euglena* nachweisen. Bei *Euglena sanguinea* gelang bisher dieser Nachweis nicht, jedoch lässt sich mit Hilfe von Methylgrün (nicht Methylenblau) feststellen, dass an der noch lebenden *Euglena* innerhalb der Plasmamembran im peripherischen Protoplasma sich kugelige Körper blau färben, welche vielleicht das Bildungsmaterial für die Ausscheidung darstellen.

Von anderen Euglenen zeigt noch eine Art, welche wahrscheinlich identisch ist mit der von SCHMITZ<sup>2)</sup> als *Euglena geniculata* beschriebenen, eine Gallertbildung infolge äußerer Reize, welche besonders sichtbar bei Zusatz von Fuchsin und Methylviolett ist. Die sich dabei kontrahirende *Euglena* erscheint sofort umgeben von einer zart gefärbten, anscheinend sehr lockeren Schleimmasse, dann plötzlich von zahlreichen, dichteren Körnchen in der Nähe des Körpers, während andere Individuen gekrümmte, roth, resp. blau gefärbte Stäbchen besonders am Schwanzende ausscheiden.

Die größere Anzahl der Euglenaceen hat nicht die Fähigkeit, auf äußere Reize hin sofort Gallerte auszuschleiden; die Bildung derselben bei Theilungen, Ruhezuständen geht langsam vor sich, so dass sie nicht direkt sicht-

1) KLEBS, I. c. p. 275.

2) SCHMITZ, Beiträge zur Kenntnis der Chromatophoren; PRINGSHEIM'S Jahrbücher. XV. p. 44.

bar wird. Die Gallerthüllen treten in mannigfacher Weise auf, sehr häufig in Form von scharf begrenzten Häuten, den vegetabilischen Zellhäuten sehr ähnlich, wie z. B. bei *Euglena viridis*, bei welcher Art aber andererseits statt dessen auch die ausgeschiedene Gallerte unter Umständen fast schleimartig werden kann. Äußere Verhältnisse, bei *Euglena viridis* z. B. trockener oder feuchterer Standort, üben auf die Gestaltung der Hülle gewissen Einfluss aus, hauptsächlich in der Weise, dass sie die Art der Ausscheidung durch den Organismus bedingen, so dass der letztere also je nach den Umständen bald dichtere, bald weniger dichte Substanz aussondert. Wir müssen andererseits der Gallerte selbst eine gewisse Veränderungsfähigkeit zuschreiben, insofern sie gleich nach der Ausscheidung in Berührung mit dem Außenmedium in begrenztem Maße Wasser aufnehmen und infolge dieser Quellung zu homogenen Hüllen verschmelzen kann. Die durch Farbstoffe hervorgelockten Gallertstäbchen quellen allerdings nicht, was aber leicht verständlich ist, da sie den Farbstoff aufgenommen haben und infolge dessen meist sogar etwas kontrahirt erscheinen. Bei manchen Euglenaceen hat die Gallerthülle die Fähigkeit, anorganische Körper, speziell Eisenoxydhydrat, einzulagern. An und für sich hat die Gallerte jeder Euglenacee dieses Vermögen, wenn man sie in eisenoxydhaltiges Wasser, z. B. 0,4% essigsäures Eisen, bringt, und diese Eigenschaft ist von dem Leben der *Euglena* selbst unabhängig. Thatsächlich sind es in unsern Gewässern aber nur wenige Formen, bei welchen in die Gallerthülle sehr viel Eisenoxydhydrat eingelagert wird, so dass dieselbe zu einem spröden, harten Panzer sich gestaltet, so bei den *Trachelomonas*-Arten, in viel geringerem Grade bei *Ascoglena*. Für diese Fälle müsste man eine ganz besonders ausgebildete Anziehungskraft der anfangs eisenfreien, zarten Gallerthülle zuschreiben, infolge deren sie aus der höchst verdünnten Eisensalzlösung (in Form des kohlensauren Salzes), wie sie das Wasser unserer Sümpfe darstellt, das Eisenoxydhydrat herausziehen kann. Man wird aber auch an die Möglichkeit denken, dass bei diesen Arten der lebendige Organismus bei der Eiseneinlagerung wirksam ist, um so mehr, als die bei *Trachelomonas hispida*, *armata* anfangs weiche, zarte, homogene Hülle sich später mit mannigfachen Stachelbildungen auf ihrer Oberfläche bedeckt, und es sehr schwer erklärlich ist, dieselben anders als durch nachträgliche Einwirkung der Zelle selbst hervorgerufen anzunehmen. Allerdings ist es auffallend, dass gleich nach der ersten Ausscheidung die *Euglena* selbst in keinem so innigen Zusammenhange mit der Hülle steht, wie etwa die Zellhaut mit dem Cytoplasma bei Pflanzenzellen, sondern vollständig frei und gesondert sich in der Hüllhaut bewegt.

Unter zahlreichen anderen Flagellaten, welche ich untersucht habe, ist noch ein Organismus von mir beobachtet worden, welcher wie *Euglena sanguinea*, *velata* fähig ist, plötzlich Gallerte auf äußere Reize hin auszu-

scheiden, nämlich die von CIENKOWSKY<sup>1)</sup> zuerst beschriebene *Vacuolaria virescens*, welche nach meiner Meinung identisch ist mit der von STEIN<sup>2)</sup> als *Coelomonas grandis*<sup>3)</sup> bezeichneten Form. Dieser Organismus nimmt nach manchen Beziehungen eine interessante Stellung ein und ist bisher sehr wenig bekannt. Er tritt in Form von eiförmigen bis fast rundlichen, dunkelgrünen Zoosporen auf, welche am vorderen Ende an einer Ausrandung zwei Cilien tragen, von denen die eine sehr häufig nicht lang ausgestreckt ist, sondern nahe dem Körper bleibt und hier wellenförmig hin und her schwingt<sup>4)</sup>. Ausgezeichnet ist der Körper durch den Mangel einer besonderen Plasmamembran, statt deren nur eine dichtere, stark lichtbrechende Schicht des Cytoplasmas sich vorfindet. In demselben liegen, wie CIENKOWSKI und STEIN schon beobachtet haben, zahlreiche elliptische Chlorophyllkörper ohne Stärke, welche überhaupt fehlt und vielleicht vertreten wird durch die zahlreichen, öllartig aussehenden, stark lichtbrechenden Körner, die in Alkohol löslich sind. Im mittleren Theil des Körpers befindet sich ein grosser feinkörniger Kern mit 4—2 Nucleoli; im vorderen ein großer zellsaftähnlicher Hohlraum, zwischen welchem und der Peripherie ein bis zwei kontraktile Vakuolen vorhanden sind.

Der Körper der *Vacuolaria* verhält sich wie eine weiche, plastische Masse, welche man bis zu einem hohen Grade platt drücken kann und welche auch während des Lebens bei Eintritt ungünstiger Umstände amöboider Bewegungen fähig ist. Besonders treten dieselben hervor bei Berührung mit verdünnten Farbstofflösungen. Hierbei zuckt der Körper zusammen, wellenförmig wogt seine Peripherie einen kurzen Moment auf und nieder, indem sehr schnell Fortsätze ausgestoßen und wieder eingezogen werden, bis dann sehr bald eine Kontraktion zu einer kugelförmigen Masse erfolgt. Bei diesen Bewegungen wird wie bei *Euglena sanguinea* eine breite Gallerthülle ausgeschieden. Diese Aussonderung geschieht so schnell und bei den geringsten Veränderungen, dass es sehr schwer gelingt die Zellen zu tödten, ohne zugleich die Bildung der Gallerte zu ver-

1) CIENKOWSKI, Über Palmellaceen und einige Flagellaten. Archiv f. mikrosk. Anat. VI. p. 426. Fig. 49—22.

2) STEIN, Der Organismus etc. III, 4. Taf. XII. Fig. 4—5; vergl. auch BÜTSCHLI, Protozoen. p. 849.

3) Der Hauptunterschied, welcher zwischen *Vacuolaria* Cnk. und *Coelomonas* Stein besteht, bezieht sich auf die Zahl der Cilien; die erstere hat zwei, die letztere nur eine. Ich glaube nicht zu weit zu gehen, wenn ich behaupte, dass hier ein Irrthum von Seiten STEIN's vorliegt, der hier gerade so erklärlich ist, wie der Irrthum desselben Autors in der Beobachtung der Cilien von *Dinopyxis* (*Exuviaella* Cnk.). An den lebenden Schwärmern erkennt man fast stets nur eine Cilie, die andere liegt zu nahe dem Körper, um gesehen zu werden, und der Nachweis derselben gelingt nur gut mit Fixierungsmitteln, besonders Jod. Die Arbeit von CIENKOWSKI hat Stein, obwohl sie älteren Datums ist, in seinem Flagellatenwerk nicht berücksichtigt.

4) Jedoch ist diese Lage der zweiten Cilie nicht so regelmäßig und charakteristisch, wie etwa bei *Exuviaella*.

anlassen. Osmiumsäure versagt hier, weil der Körper infolge ihrer Wirkung zerfließt. Die Hülle erscheint in Form einer dicken, hautartigen Schicht, welche stets gerunzelt ist; in ihren Eigenschaften verhält sie sich wie die Gallerte von *Euglena sanguinea*, nimmt dieselben Farbstoffe auf, bleibt ungefärbt in Jod, Chlorzinkjod, verdickt sich in Glykose-Pepton und quillt dann in Chlorzinkjod etwas, aber nur in begrenztem Grade auf, so dass sie erhalten bleibt und dabei eine körnige Struktur annimmt.

Außer dieser Ausscheidung infolge äußerer Reize wird die Gallerte in grosser Menge gebildet, wenn die Flagellate sich zur Ruhe setzt und sich theilt, in welchem Falle große palmellaähnliche Gallertmassen gebildet werden<sup>1)</sup>.

In den bisher besprochenen Fällen der Flagellaten waren es einzelne frei für sich lebende Organismen, welche die Gallerte ausschieden. Sehr häufig spielt aber Gallertsubstanz eine wichtige Rolle bei der Bildung von bestimmt geformten Kolonien, seien es festsitzende, auf verzweigten Stielen sich erhebende, wie bei *Cladomonas*, *Dendromonas*, seien es frei schwimmende, aber so gut wie unbewegliche, wie bei *Spongomonas*, seien es lebhaft umherschwärmende, wie bei *Uroglena*. STEIN, KENT<sup>2)</sup>, BÜTSCHLI haben schon darauf hingewiesen, dass die Gallerte bei manchen dieser genannten mannigfaltigen Formen eine Struktur in der Weise zeigt, dass in einer homogenen Grundsubstanz sich feine, runde Körnchen vorfinden. KENT<sup>2)</sup> betrachtet dieselben als unverdaute und ausgeschiedene Nahrungsreste des Organismus, während BÜTSCHLI<sup>3)</sup> die Unwahrscheinlichkeit dieser Ansicht hervorhebt. In der That liegt für dieselbe kein thatsächlicher Grund vor; vielmehr sind die Körner ein nothwendiges Strukturelement der Gallertsubstanz.

Als Beispiel für die Untersuchung wählte ich *Phalansterium digitatum* STEIN<sup>4)</sup>, welches in festsitzenden, dichotom verzweigten Gallertstöcken auftritt. In jedem Zweige (IV. Fig. 26) letzten Grades sitzt eine farblose Flagellate von eiförmigem Körper, welcher nach vorne zu in eine schnabelartige Verlängerung ausgeht, in welcher die Basis der einzigen Cilie sitzt. In dem farblosen Cytoplasma finden sich eine häufig ihren Platz verändernde

1) Vergl. CIENKOWSKY, l. c. Taf. XXIII. Fig. 24, 22.

2) KENT, A Manual of Infusoria, I. p. 288.

3) BÜTSCHLI, Protozoen p. 686.

4) STEIN, l. c. Taf. VII. Fig. 3—14. St. gibt Quertheilung für diesen Organismus an; ich habe unzweifelhaft Zustände der Längstheilung beobachtet; sehr häufig sind die Zustände, wo zwei Schnäbel mit je einer Cilie an dem sonst noch ungetheilten Organismus vorhanden sind. Nach der Theilung rückt die eine Tochterzelle unter die andere; ich möchte fast vermuthen, dass durch solche übereinander stehende Tochterzellen STEIN auf die Vermuthung gekommen ist, dass Quertheilung erfolgt. Ich habe solche scheinbare Theilungszustände, wie er sie abbildet, ebenfalls gesehen, aber mich überzeugt, dass der vordere Theil des einen Organismus durch den anderen nur verdeckt war.

kontraktile Blase, ein bläschenartiger Kern, nicht pulsirende Vakuolen und kleine Körnchen unbekannter Natur. Die Gallerthüllen erscheinen als weiche, nach außen scharf begrenzte Massen und sind nicht offen, wie STEIN meint, sondern auch am vorderen Ende geschlossen bis auf eine Öffnung für die Cilie. Man erkennt es, sobald man die Kolonien in 0,4 % essigsäurem Eisen kultivirt, aus welchem die Gallerte Eisenoxydhydrat an sich zieht, infolge dessen sie sich gelb färbt und sehr scharfe Kontouren annimmt. In der Gallerte liegen zahlreiche, scheibenförmige kleine Körner, welche selbst wieder eine äußerst zarte, körnige Struktur zu haben scheinen, und welche nie in der peripherischen Schicht, sondern stets innerhalb derselben, am gehäuftesten dicht um den Organismus selbst sich befinden. In den älteren, keine Zellen mehr enthaltenden Theilen der Kolonie sind diese Gallertkörner in geringer Anzahl vorhanden.

Die Körner wie die Grundsubstanz der Gallerte nehmen lebhaft Farbstoffe auf, wie Methylenblau, Methylviolett, Vesuvin; jedoch färben sich die Körner intensiver. In Glykose-Pepton findet Einlagerung statt, so dass nach Jodzusatz sowohl die Körner wie die Grundsubstanz sich lebhaft gelb färben. Chlorzinkjod ruft aber auch an den verdickten Gallertkolonien keine nennenswerthe Verquellung hervor.

Es gelang ferner, in die Gallerte der Kolonien Chromgelb einzulagern, wobei die Hülle ebenfalls am vorderen Ende sich als geschlossen erwies, und sowohl Körner wie Grundsubstanz den Niederschlag enthielten. Doch fand keine Abstoßung desselben, resp. keine Verquellung der Gallerte statt, obwohl die Flagellaten während mehrerer Tage trotz der Einlagerung lebend blieben.

Infolge des Mangels einer Mundöffnung, jedweder Bestandtheile, die als aufgenommene feste Nahrungsstoffe zu deuten gewesen wären, des Geschlossenseins der Hülle, ist man zu der Ansicht genöthigt, dass *Phalansterium digitatum* wie so viele andere farblose Flagellaten saprophytisch lebt, und schon deswegen die Anschauung von KENT bezüglich der Natur der Gallertkörner unhaltbar ist. Das Verhalten gegenüber Farbstoffen, Reagentien zeigt deutlich, dass die Körner dichtere Theile der Grundsubstanz darstellen. Dass beide durch Ausscheidung der Flagellate entstehen, ist nach den sonstigen Erfahrungen höchst wahrscheinlich; genaueres gelang bisher nicht nachzuweisen, namentlich nicht die Frage zu lösen, ob vielleicht nur die Gallertkörner ausgesondert werden und ein Theil derselben nachher sich zu der Grundsubstanz umbilde <sup>1)</sup>.

1) Beiläufig möchte ich hier bemerken, dass ich nicht mit KENT und BÜTSCHLI einverstanden bin, das *Phalansterium* von den Spongomonaden so weit zu trennen. B. stellt diese Form zu seinen Choanoflagellaten, welche er als eigene große Unterabtheilung von den echten Flagellaten trennt, welche Monaden, Euglenen, Volvocineen u. s. w. umfassen. Die schnabelartige Verlängerung des Körpers, in welcher die Basis der Cilie sitzt, ist doch keine solche Besonderheit, entspricht vollständig dem Mem-

Dieselbe Struktur, dieselben Eigenschaften bezüglich des Verhaltens gegen Farbstoffe, Glykose-Pepton, eingelagertes Chromgelb, bietet auch die Gallertmasse einer *Spongomonas*, welche in großen, vielfach gefalteten schwärzlichen Gallertschläuchen frei schwimmend gefunden wurde und wahrscheinlich mit *Sp. intestinum* Cnk.<sup>1)</sup> identisch war. Hier liegen zahllose kleine farblose Monaden in der Peripherie der Gallerte, deren bräunliche bis schwärzliche Färbung, wie KENT<sup>2)</sup> schon betont, besonders in den Gallertkörnern auftritt. Diese Färbung beruht wie in so vielen anderen Fällen bei Flagellaten auf der Einlagerung von Eisenoxydhydrat.

#### Zusammenfassung.

Die wesentlichsten Resultate der vorliegenden Abhandlung sind kurz folgende:

Die Gallertscheide der Zygmenen stellt ein von der Zellhaut nach vielen Beziehungen scharf unterschiedenes eigenartiges Organ vor. Sie besteht in den ausgesprochenen Fällen aus einer gegenüber Farbstoffen, Reagentien sich sehr indifferent verhaltenden, äußerst schwach lichtbrechenden Grundsubstanz und einem in Form von Stäbchen eingelagerten dichteren Bestandtheil, welcher lebhaft gewisse Farbstoffe, wie Methylviolett, Methylblau, Vesuvin, anzieht und sich dabei stark kontrahirt, welcher eine besondere Oberflächenanziehung zu Eisenoxyd-, Thonerde-, Chromoxyd-Verbindungen zeigt und in Glykose-Pepton lebhaft eine stickstoffhaltige Substanz einlagert. Die Trennung beider Bestandtheile geschieht durch kochendes Wasser, Chlorzinkjod, wobei die Grundsubstanz ungelöst zurückbleibt, während der färbbare Stoff herausgelöst wird. Bei lebenden Zygmenen kann die Trennung, wenn auch nicht so vollständig, durch Kultur in 0,4 % Eisenweinstein oder saurem chromsaurem Kali herbeigeführt werden.

Die ganze Gallertscheide wird gelöst durch Salzsäure, während die Zellhaut zurückbleibt.

Die Gallertscheide der Zygmenen besitzt die merkwürdige Eigenschaft, bei Einlagerung von Niederschlägen in Quellung überzugehen und dadurch von den Zellen sich zu trennen, gleichsam abgestoßen zu werden. Die Scheide quillt in Form von zahlreichen Blasen oder einer vielfach ge-

brantrichter bei den Euglenaceen, in welchen ebenfalls die Basis der Cilie sitzt. Im Übrigen steht *Phalansterium* so nahe bei den Spongomonadinen, dass eine Vereinigung mit denselben mir berechtigter erscheint.

1) CIENKOWSKI, Über Palmellaceen und einige Flagellaten p. 430. Fig. 37, 38. Ein Unterschied der von mir beobachteten Form von der eigentlichen Art zeigte sich darin, dass die schlauchartige Gallertkolonie nie in die Länge gestreckt, sondern rundlich war, mehr wie eine große vielfach gestaltete Hohlkugel aussah. Vielleicht lag auch eine neue Spezies vor; doch bin ich nicht näher darauf eingegangen.

2) KENT, A Manual etc. p. 288.

falteten Haut oder eines Schlauches hervor. Der Niederschlag wirkt bei dieser Abstoßung nicht durch seinen chemischen Charakter; denn die allernannigfachsten anorganischen wie organischen Stoffe führen die Verquellung herbei. Vielmehr übt er die Wirkung vermöge seiner physikalischen Beschaffenheit aus; vor allem kommt die Größe, vielleicht auch die Form der Niederschlagstheilchen in Betracht. Grobkörnige und deutlich krystallinische Niederschläge werden nicht abgestoßen. Eine scheinbare Ausnahme von der Regel machen die meisten Verbindungen der Elemente der Eisengruppe, speziell Eisen, Chrom, Aluminium, insofern dieselben entweder gar nicht oder in beschränktem Maße abgestoßen werden. Hier tritt die besondere Anziehungskraft der Gallertsubstanz zu diesen Verbindungen hindernd dem Prozess der Abstoßung entgegen.

Die Abstoßung des Niederschlages infolge Verquellung der Gallerte ist keine Reizerscheinung, da sie auch unter gewissen Umständen bei todtten Zygmenen zu Stande kommt, so dass der bestimmten Organisation der Gallerte selbst die Hauptrolle bei dem Prozess zuzuschreiben ist. Andererseits ist hervorzuheben, dass die meisten Tödtungsmittel lebender Zellen sofort, alle bei länger andauernder Wirkung die Organisation der Gallerte so verändern, dass sie nicht mehr mit den Niederschlägen verquellen kann.

Die Abstoßung des Niederschlages geht im allgemeinen in der Weise vor sich, dass der anfangs meist gleichmäßig in der Gallerte vertheilte Niederschlag, von Gallerte umhüllt, aus der Scheide herausgleitet, an der Peripherie sich ansammelt und dann durch Verquellung der Gallerte in den mannigfach geformten Blasen oder Häuten hervortritt. Wesentlich dabei ist, dass bei dieser Verquellung nur der färbbare, in Form der Stäbchen auftretende Bestandtheil der Gallerte betheiligt ist. Je nach der Menge des eingelagerten Niederschlages wird eine kleinere oder größere Menge dieses Gallertbestandtheiles aus der Scheide entfernt; aber auch bei vollständigster Abstoßung bleibt die Grundsubstanz übrig, welche selbst nicht derselben fähig ist.

Der Prozess der Abstoßung ist vollständig gleich dem Quellungsprozess, welchen die Gallerte bei Einwirkung eines quellenden Mittels und gleichzeitiger Gegenwart eines festen Niederschlages zeigt, welcher z. B. bei der Wirkung von Chlorzinkjod auf die in Glykose-Pepton verdickte Gallerte eintritt, ebenso bei Wirkung von Salzsäure auf die Gallerte, welche Eisenoxydhydrat eingelagert enthält. Jedoch ist hierfür stets nothwendig, dass das quellend wirkende Mittel den Niederschlag in der Gallerte entweder löst oder so chemisch verändert, dass der um die Gallerttheilchen befindliche Niederschlagsmantel gesprengt wird. Diejenige Ursache, welche bei Einlagerung von Niederschlägen in die Scheide lebender Zygmenen eine Trennung des Niederschlagsmantels und zugleich eine Verquellung der Gallerte herbeiführt, ist vollständig unbekannt.

Die Gallertscheide ist nicht durch Metamorphose der äußeren Zellwand-schicht, sondern durch Ausscheidung seitens des Cytoplasmas entstanden. Die Gallertsubstanz ist von der Zellhaut wie von den bekannten Umwandlungs-produkten derselben, Schleimen, Gummiarten ganz wesentlich verschieden. Allerdings enthält auch die Zellhaut neben Cellulose noch einen andern Körper, welchem sie ihre Färbefähigkeit mit Methylenblau und die Einlagerung eines stickstoffhaltigen Stoffes aus Glykose-Pepton verdankt. Aber diese Beimengung ist, abgesehen davon, dass sie nur in sehr geringer Menge in der Zellhaut vorkommt, von dem Hauptbestandtheil der Gallerte dadurch verschieden, dass er in kochendem Wasser unlöslich ist und durch Chlorzink-jod nicht aus der Zellhaut herausquillt. Ferner zeigen die Wachsthumser-scheinungen, dass die Gallerte nicht aus der Zellhaut hervorgeht. Die Zellhaut wächst durch Apposition neuer Zellhautlamellen, während die älteren zu der äußersten, die Zellen verbindenden Schicht sich vereinigen, welche überhaupt der Vergallertung durchaus widersteht und nach einer Reihe von Theilungen und Streckungen der Zellen, unter manchen Um-ständen — Einlagerung von Niederschlägen in die Gallerte und Nichtab-stoßung derselben — bei jedem Wachsthum der Zellen gesprengt wird und deren Reste sich oft noch lange Zeit nachher nachweisen lassen.

Wesentlich dieselben Eigenschaften der Gallerte von *Zygnema* bezüg-lich des Verhaltens gegenüber Farbstoffen, Glykose-Pepton, Reagentien, Einlagerung von Niederschlägen kehren wieder bei der Gallerte anderer Conjugaten, namentlich der Desmidiaceen, von denen eine Anzahl eben-falls stets von einer Gallertscheide umschlossen ist, welche bei *Hyalotheca*, *Desmidium*, einigen *Cosmarium*-, *Staurastrum*-, *Xanthidium*-Spezies deutliche Stäbchenstruktur zeigt, oder aus einzelnen Gallertkörnern sich zusammen-setzt, wie bei *Pleurotaenium*. Sehr viel Gallerte wird von den Desmidiaceen besonders bei ihren Bewegungen erzeugt, hauptsächlich in Form längerer oder kürzerer Gallertfäden.

Die Gallerte der Desmidiaceen muss, wie die der Zygnemen, ein Aus-scheidungsprodukt sein. Am klarsten tritt dies hervor bei den Closterien, welche Eisenoxydhydrat in ihrer Membran enthalten, die infolge dessen ohne Lösung des Niederschlages, resp. ohne dass letzterer selbst in die Gal-lerie übergeht, nicht vergallerten könnte. Thatsächlich bleibt an den aus-scheidenden Stellen die Zellhaut stets eisenhaltig und lässt, obwohl unter den Augen des Beobachters Gallertbildung erfolgt, nicht die geringste Verän-derung bemerken; die ausgeschiedene Gallerte ist eisenfrei. Vielfach sind besondere Stellen der Zellhaut ausgezeichnet, an denen die Gallertaus-scheidung vor sich geht. So besitzen die Endkappen der eisenhaltigen Clo-sterien deutliche Tüpfel, welche an der übrigen Membran nicht vorhanden sind. Bei *Pleurotaenium*-, *Tetmemorus*-, *Cosmarium*-, *Staurastrum*-Arten, bei *Hyalotheca*, *Desmidium*, *Bambusina* sind es als besondere Körnchen her-

vortretende Stellen der Zellhaut, auf welchen die Stäbchen oder die Gallertkörner sitzen.

Bei anderen Algengruppen finden sich ebenfalls mannigfache Gallertbildungen, welche in ihrer Erscheinung, ihren Eigenschaften entweder der Conjugatengallerte sehr ähnlich oder verschieden davon sich verhalten. Das erstere trifft z. B. zu für *Chaetophora endiviaefolia*, deren Gallerte sowohl an den langen Haarfäden wie an den kurzen, die Hauptmasse der Gallerte bildenden kurzen Wirtelästen Stäbchenstruktur zeigt, sich stark in Glykose-Pepton verdickt, der Abstoßung von Niederschlägen fähig und stark quellungsfähig ist. Ebenso verhält es sich mit der Gallertscheide einer Schizophyte, der neuen *Sphaerozyga mucosa*.

Andererseits gibt es unter den Chlorophyceen wie Schizophyten abweichende Gallertformen. *Chroococcus helveticus* besitzt eine stark lichtbrechende Gallerte, die zwar sehr quellungsfähig, aber nicht verdickungs- und abstoßungsfähig ist, auch keine Struktur erkennen lässt. Die Tetrasporee *Gloeocystis ampla* verdankt den bekannten Aufbau einer Wechselagerung von Zellhaut und Gallertschicht, welche letztere sich stark verdickt, aber nur sehr begrenzt quellungsfähig ist und eingelagerte Niederschläge nicht entfernt.

Von den stark gallertbildenden Diatomeen sind nur die Stiele von *Gomphonema constrictum* untersucht, welche aus einer sehr dichten Gallerte bestehen, die in der Mitte des fadenförmigen Gebildes weniger dicht erscheint. Die Substanz färbt sich intensiv, verdickt sich in Glykose-Pepton, ist sehr wenig quellungsfähig, stößt keine Niederschläge ab. Die Gallerte der Stiele geht nicht allmählich in eine schleimige Schicht der Zellhaut über, sondern ist scharf getrennt, wächst durch Auflagerung neuer Gallertmasse, welche höchst wahrscheinlich ausgeschieden wird. Die Gallerte ist frei von Kieselsäure.

Sehr verschiedene Abstufungen in den Eigenschaften der Gallerte finden sich in der Reihe der Volvocineen. Die neue Chlamydomonade *Gloeomonas ovalis*, ferner die koloniebildenden Formen von *Pandorina*, *Eudorina*, *Gonium* besitzen stets außer der Zellhaut noch eine besondere Gallertscheide. Die Substanz derselben ist sehr quellungsfähig bei *Gloeomonas*, kaum geringer bei *Pandorina*, weniger bei *Eudorina*, *Gonium*; dieselbe Reihenfolge zeigt sich in dem Verhalten gegenüber Farbstoffen, Glykose-Pepton. Hierbei zeigt keine Struktur *Gloeomonas*, eine undeutliche *Eudorina*, eine scharfe Stäbchenstruktur *Pandorina*, *Gonium*; die Gallerte der letzteren Form färbt sich übrigens sehr schwer und verdickt sich kaum. Am eigenartigsten ist *Volvox* gebaut, bei dessen reifen Kolonien die einzelnen Zellindividuen nicht mehr eine besondere Zellhaut erkennen lassen, sondern in einer gemeinsamen Gallerte liegen, welche auch das Innere der ganzen Kugel ausfüllt und hier von einem Netzwerk gröberer und feinerer Balken von dichterem, festerer Substanz durchsetzt ist. An der Peripherie der Kugel findet sich

eine scharf abgegrenzte, polygonal gefelderte Membran, welche von den ursprünglichen Zellhäuten der Einzelzellen herrührt. Die Gallertsubstanz quillt wenig, verdickt sich stark. Eine die ganze Kolonie umgebende Gallertscheide ist nicht vorhanden.

Von den Flagellaten zeichnen sich einige Formen aus durch Gallertbildung auf äußere Reize hin, z. B. bei Einwirkung von verdünnten Farbstoffen. Hier ist keinem Zweifel unterworfen, dass eine Ausscheidung erfolgt, und zwar bei *Euglena sanguinea* durch die sehr dichte Plasmamembran, welche als lebendiges Glied der Zelle nie, so lange dieselbe lebt, sich davon trennt, daher, sowie wegen der anderen chemischen und physikalischen Eigenschaften, ganz wesentlich von der vegetabilischen Zellhaut unterschieden ist, wie auch von den verschiedenen Hüllenbildungen der Flagellaten selbst. Die Frage nach der Vergallertung der Zellhaut kommt hier nicht in Betracht. Die Ausscheidung auf äußere Reize erfolgt in mannigfach geformten geraden oder gekrümmten, kurzen, fadenartigen Elementen, welche sich zu einer mehr oder minder dichten, geschlossenen Hülle vereinigen.

Dieselbe momentane Ausscheidung einer Gallerthülle zeigt auch *Vacuolaria virescens*; nur geht hier der Prozess blos durch eine dichtere Schicht des Plasmas vor sich, die Hülle ist auch stets sofort zu einer etwas gerunzelten geschlossenen Haut gestaltet. Die Gallertsubstanz selbst von *Euglena*, *Vacuolaria*, zieht lebhaft die oft genannten Farbstoffe an, verdickt sich stark in Glykose-Pepton, zeigt ein begrenztes Quellungsvermögen.

Die koloniebildenden Flagellaten, z. B. *Phalansterium*, *Spongomonas*, zeichnen sich durch eine Gallerte aus, welche aus einer Grundsubstanz und darin eingelagerten dichteren Elementen, den Gallertkörnern, besteht. Beide Bestandtheile, lebhaft sich färbend und verdickend, gerathen bei Einlagerung von Niederschlägen nicht in Quellung, sind überhaupt wenig quellungsfähig.

Die braune bis schwarze Färbung solcher Flagellatenkolonien rührt von der Einlagerung von Eisenoxydhydrat her.

## Figurenerklärung.

Die Vergrößerung der Figuren ist durch die eingeklammerten Zahlen angegeben. In den meisten Figuren ist die Gallerte durch einen dunkleren Ton von dem meist weiß gelassenen Zellinhalt oder der schmalen, scharf begrenzten Zellhaut ausgezeichnet.

Nur in einzelnen Fällen ist sie noch durch den Buchstaben *s*, die Zellhaut durch *z* bezeichnet.

### Tafel III.

- Fig. 1 *a*. (630) *Zygnema B.* nach Färbung mit Methylenblau.
- 1 *b*. (630) - - - - -
  - 2 *a b*. (580) *Zygnema A.* 2 Tage in Glykose-Pepton, *d* (1280).
  - 2 *c* (580) - - in absolutem Alkohol.
  - 3, 4 *a b* - - mit schmalen Gallertscheide, 3 *a* Seitenansicht (580),  
4 *a id.* (580), 3 *b* Aufsicht (1280), 4 *b id.* (580).
  - 5 *a b*. *Zygnema A.* *a*. Seitenansicht, *b*. Aufsicht (1280) mit verdünntem Methylenblau gefärbt.
  - 6 *a b*. *Zygnema A.* *a b* wie bei 5 (1280) mit konzentriertem Methylenblau gefärbt.
  - 7, 9, 10, 11. (245) *Zygnema C.*, Verquellung der Gallerte nach Einlagerung von Chromgelb.
  - 8. (580) *Zygnema C.* nach Einlagerung von Katechueisenoxyd.
  - 12. (245) - - - - - Berliner Blau.
  - 13. (580) *Zygnema vaginatum*, Zygosporien.
  - 14. (580) *Zygnema laete-virens*, Zygosporien.
  - 15, 16. (580) *Zygnema B.*, 4 Wochen nach der Einlagerung von Katechubleioxyd in die Gallertscheide, mit Methylenblau gefärbt.
  - 17. (290) *Zygnema C.*, 5 Wochen nach der Einlagerung von phosphorsaurem Eisenoxydul; *r* die schwarzen Ausscheidungsprodukte.
  - 18. (500) *Zygnema C.*, 26 Tage nach der Einlagerung von vanadinsaurem Eisenoxydul; *r* wie bei Fig. 17.
  - 19. (1280) *Zygnema C.*, 2 Tage in 0,1% Eisenweinstein; *r* wie bei Fig. 17.
  - 20. (580) *Zygnema B.*, 5 Wochen nach der Einlagerung von Katechubleioxyd.
  - 21. (580) *Zygnema A.*, nach Färbung mit Kongoroth; Querwand mit zahlreichen Zellhautlamellen.
  - 22. (500) *Zygnema C.*, 26 Tage nach der Einlagerung von vanadinsaurem Eisenoxydul; *r* wie bei Fig. 17.
  - 23. (830) *Zygnema spec.*, nach Behandlung mit 10% Rohrzuckerlösung, in der etwas Methylviolett aufgelöst war.
  - 24. (680) *Zygnema spec.*, nach Färbung mit verdünntem Methylviolett.
  - 25. (1280) *Mesocarpus spec.*, die Querwand *a* frisch, *b* 2 Tage in Glykose-Pepton, *c* wie *b* und dann mit Chlorzinkjod behandelt.
  - 26. (580) *Zygnema A.*, 5 Wochen nach Einlagerung von Katechubleioxyd; *r* wie bei Fig. 17.
  - 27. (245) *Zygnema C.*, nach Einlagerung von Chromgelb.

## Tafel IV.

- Fig. 1 a—g. Gallertscheide von *Hyalotheca dissiliens*, 1 a. (270) Seitenansicht, 1 b. (1200) Aufsicht, 1 e f. (546) Seitenansicht, 1 g. (1130) nach Färbung mit Methylenblau, Zellhaut ohne Scheide, 1 c. (585) Seitenansicht, 1 d. (1280) Aufsicht, 2 Tage in Glykose-Pepton.
- 2 a. *Desmidium Schwartzii*, (585) nach Färbung mit Methylenblau, b (1280) 2 Tage in Glykose-Pepton.
  - 3. (585) *Bambusina Brebissonii*, nach Färbung mit Vesuvin.
  - 4 a b. (300) *Closterium didymotocum*, ein Ende mit je einem Gallertfaden nach Fixirung mit Sublimat und Färbung mit Methylenblau.
  - 5 a—d. (300) *Closterium didymotocum*, die Endkappen a b Längsansicht, c d Aufsicht, nach Isolirung durch konzentrirte Schwefelsäure.
  - 6 a—c. *Tetmemorus granulatus*, a (150), c (300) nach Färbung mit Methylviolett, b isolirte Endkappen (480).
  - 7. (580) *Staurastrum polymorphum*, nach Färbung mit Methylenblau.
  - 8. (200) *Pleurotaenium Ehrenbergii*, Abstoßung der Gallerte nach Einlagerung von Berliner Blau.
  - 9. (160) *Closterium didymotocum*, mit langem Gallertfaden, nach Färbung mit Methylviolett.
  - 10. (580) *Pleurotaenium truncatum*, nach Färbung mit Methylviolett, das Endstück einer Zelle.
  - 11. (1280) *Pleurotaenium Trabecula*, Gallertscheide, 2 Tage in Glykose-Pepton, a Seitenansicht, c Aufsicht, b nach Zusatz von Chlorzinkjod.
  - 12. (150) *Euastrum verrucosum*, mit langem Gallertfaden; Färbung mit Methylviolett; a schmaler Theil, b breiter Theil des Gallertfadens.
  - 13. (150) *Cosmarium pyramidatum*, mit breitem Gallertfaden, der in eine Zelhülle übergeht; Färbung mit Methylviolett.
  - 14. (76) *Tetmemorus granulatus*, mit langem Gallertfaden; Färbung wie bei Fig. 13.
  - 15. (400) *Cosmarium Palangula*, eben getheilt, die Zellhäute der jungen Zelhälften abgestoßen.
  - 16. (585) *Staurastrum dejectum*, Färbung mit Methylenblau.
  - 17 a—c. *Chaetophora endiviaefolia*, a (1280) Haarfädenzelle, c (580) Wirteläste; b Färbung mit Methylenblau; b (580) Wirtelast; 2 Tage in Glykose-Pepton.
  - 18 a b. *Gloeocystis ampla*, a (240) nach Färbung mit Methylenblau, b (290) 2 Tage in Glykose-Pepton.
  - 19 a b. *Gonium pectorale*, a (580) halbe Kolonie nach Färbung mit gerbsaurem Vesuvin, b (1280) einzelne Zelle, gefärbt mit Methylenblau.
  - 20. (580) *Gonium tetras*, gefärbt mit gerbsaurem Vesuvin.
  - 21 a b. (1280) *Gomphonema constrictum*, a nach Färbung der Zellmembran mit Kongoroth, Gallertstiel ungefärbt; b 5 Tage nach der Einlagerung von Berliner Blau, n das neu aufgelagerte Stück farbloser Gallerts substanz.
  - 22. (1280) *Pandorina morum*, 2 Zellen der Kolonie, 1 Tag in Glykose-Pepton, Gallertscheide mit Stäbchenstruktur.
  - 23 a b. *Gloeomonas ovalis*, a (580) b (1280) ein Stück der Peripherie mit Zellhaut z und Gallertscheide s.
  - 24 a b c. *Sphaerozyga mucosa*, a (500) direkt nach Einlagerung von Berliner Blau in die Gallertscheide, b (500) 24 Stunden darauf mit Verquellung der Gallerte, c (560) nach Färbung mit Methylenblau.
  - 25 a—c. *Euglena sanguinea*, Gallerts substanz, ausgeschieden bei Einwirkung von Methylenblau, a (500), b (1000), c (250).
  - 26. *Phalansterium digitatum*, nach Einlagerung von Chromgelb.

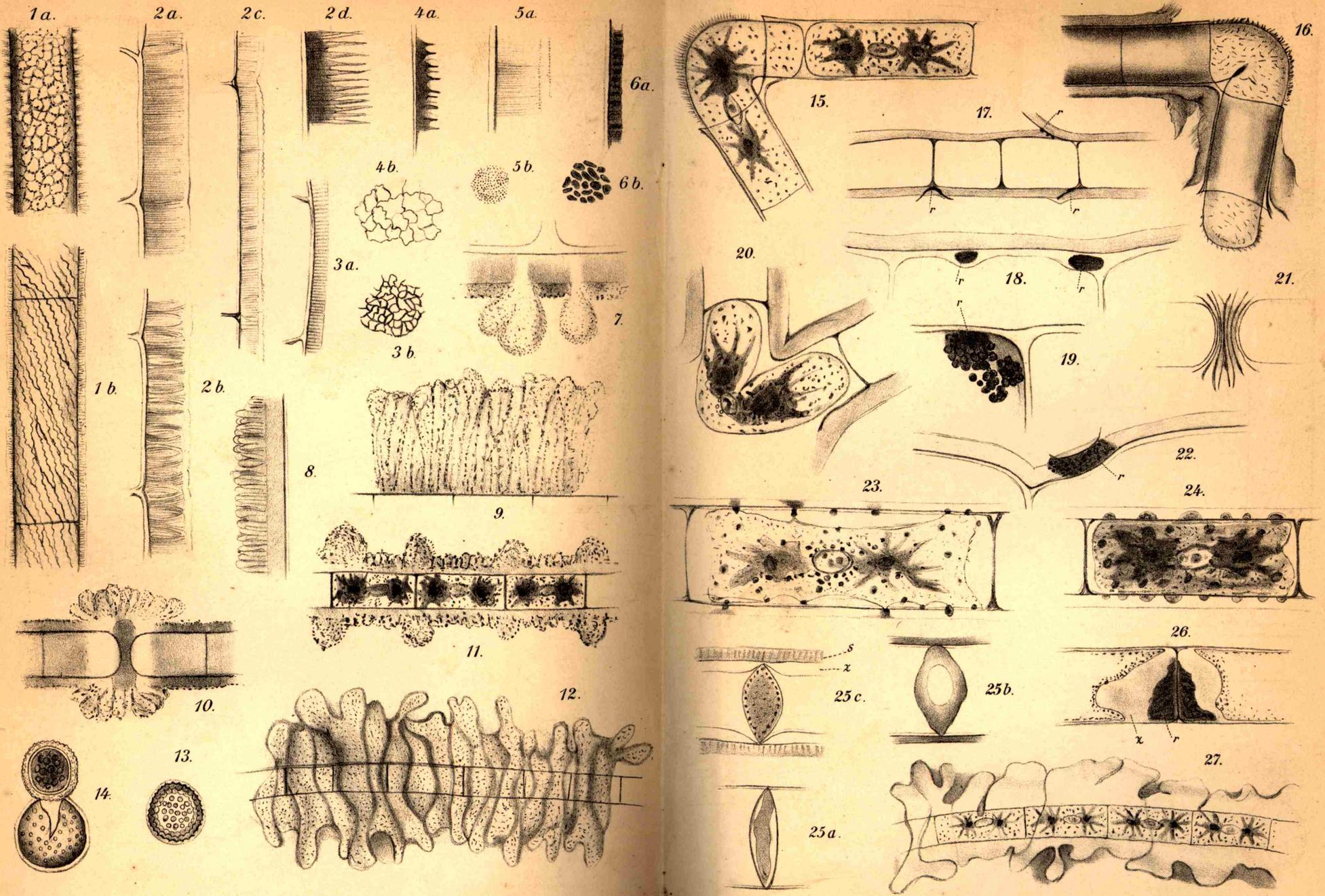
## Inhaltsübersicht.

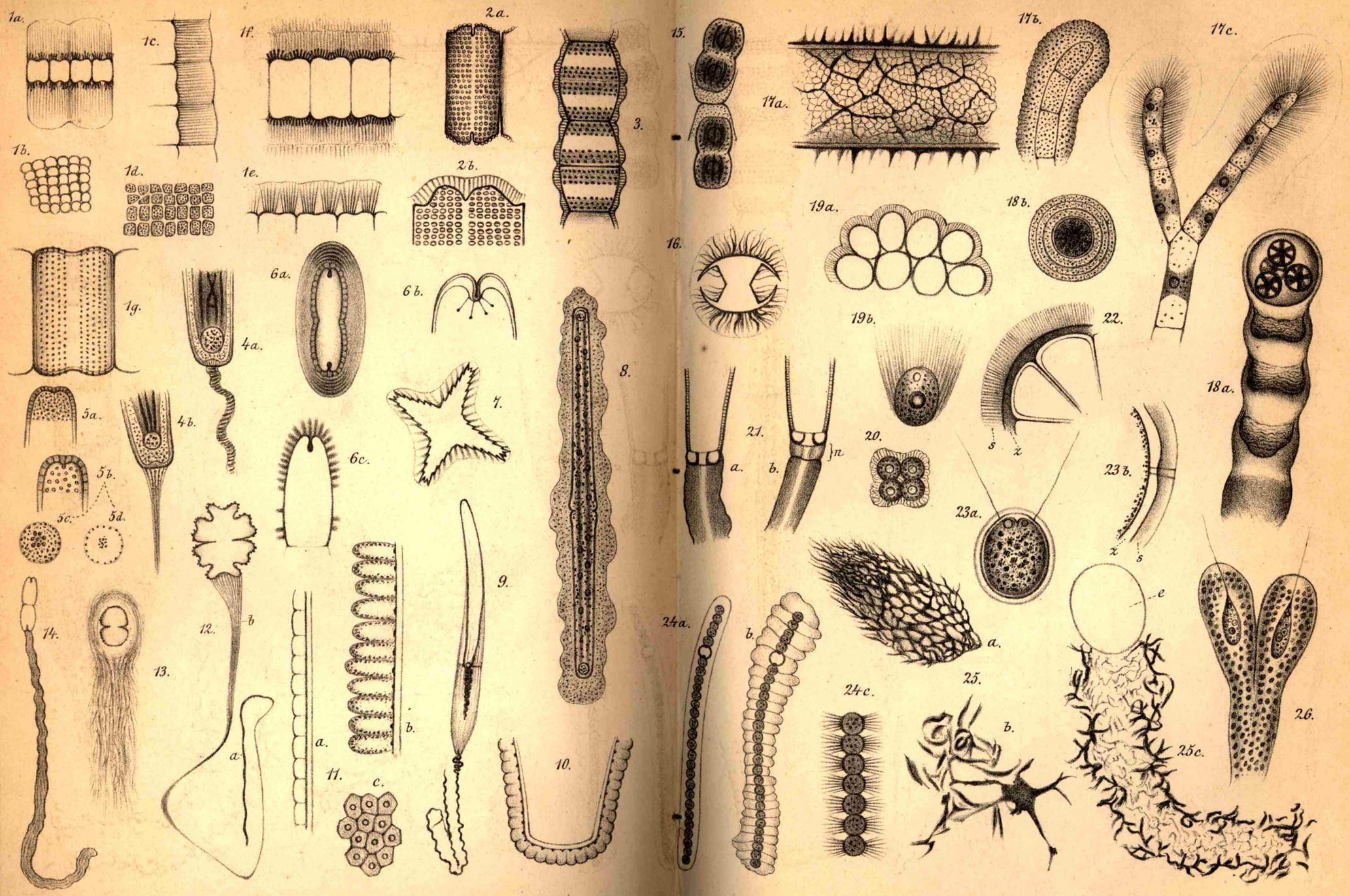
	Seite
Einleitung . . . . .	333
I. Die Gallertscheiden der Zygneuen . . . . .	334
1. Die Struktur der Gallertscheide . . . . .	336
2. Die Eigenschaften der Gallertscheide . . . . .	339
A. Die Methode der Einlagerung . . . . .	339
B. Die Verfärbung und Verquellung . . . . .	340
C. Die Einlagerung verschiedenartiger Niederschläge . . . . .	344
D. Die Art und Weise der Abstoßung . . . . .	348
E. Die Beziehung des todtten und lebenden Zustandes von <i>Zygnema</i> zu dem Prozess der Abstoßung . . . . .	353
F. Das Verhalten der Gallertscheide gegenüber Farbstoffen und Reagentien . . . . .	355
G. Über den Prozess der Abstoßung und Quellung . . . . .	364
3. Über das Verhältnis der Gallertscheide zu der Zellmembran und das Wachsthum beider . . . . .	368
a. Die Eigenschaften von Zellhaut und Gallertscheide . . . . .	369
b. Das Wachsthum von Zellhaut und Gallertscheide . . . . .	374
II. Die Gallertbildungen bei anderen Conjugaten . . . . .	377
III. Die Gallertbildungen bei einigen Diatomeen und Schizophyten . . . . .	388
IV. Die Gallertbildungen bei einigen Chlorophyceen . . . . .	393
V. Die Gallertbildungen bei Volvocineen und Peridineen . . . . .	397
VI. Die Gallertbildungen bei einigen Flagellaten . . . . .	403
Zusammenfassung . . . . .	411

## Berichtigung.

An folgenden Stellen ist Prollius statt Trollius zu lesen:

- S. 388 al. 20 von oben, Anmerkung 2.
- S. 389 al. 13       -       -       -
- S. 390 al. 11, 17, 22 von oben.





# Onions

**Major Production Areas** — Newaygo, Ottawa, Allegan, Jackson, and Calhoun counties.

**Acreage** — Total 1968 acreage was 6,800 on muck soils, with average acre yield of 320 cwt.

## Production Requirements

Each onion variety has its own day-length requirement for bulb initiation. For the 2½ to 3½-inch bulb size, plant a variety with a day-length for bulb initiation of 13 to 15 hours. (Do not use varieties grown in Texas. They will bulb prematurely in Michigan.)

The crop requires a fairly cool temperature during the early stages of growth to permit extensive foliage and root development before bulbing starts. High temperatures during the early growth period can cause premature bulbing. During bulbing, harvesting and curing, relatively high temperatures and low humidity are preferred.

## Soils

The onion thrives on a wide range of soil conditions, provided adequate moisture, fertility, and good physical condition are maintained. Muck soils are ideal.

## Varieties

### Early

*Early Yellow Globe*

*Early Harvest*

*Main Season*

*Trapp's Downing's Yellow  
Globe*

*Spartan Banner*

*Spartan Gem*

*Spartan Era*

*Spartan Bounty  
Abundance*

## Lime and Fertilizer

**Lime** — Apply lime to muck soils if the pH is below 5.2 and to mineral soils to maintain a pH of 6.0 to 6.5.

**Fertilizer** — Based on soil test results, the following quantities of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O are recommended:

	Available soil phosphorus (Bray P <sub>1</sub> ) lbs. P/A						
	0-19	20-39	40-69	70-99	100-149	150-199	200+
	lbs. of P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> per acre recommended						
All soils .....	300	250	200	150	100	50	0

	Available soil potassium—lbs. K/A						
	< 125	125-199	200-274	275-349	350-425	425-500	500-600
	lbs. of K <sub>2</sub> O per acre recommended						
Organic soils .....	400	350	300	250	200	150	100
Sandy loams .....	300	250	200	150	100	50	

**Nitrogen** — With the above fertilizer, apply 60 pounds of nitrogen to muck soils and 120 pounds to sandy loam soils per acre.

**Micronutrients** — Use 5 pounds of manganese per acre in the band fertilizer if the pH is 5.8 to 6.4 and 10 pounds of manganese if the pH is above 6.4. Apply 4 pounds of copper per acre on muck soils if the pH is 5.8 to 6.4 and 2 pounds of copper per acre if the pH is above 6.5. Double these copper rates if the field has never received copper. Zinc at the rate of 3 pounds per acre is needed for several years on newly developed mucks or a yearly application of 2 to 3 pounds of zinc may be needed on mineral soils known to be deficient.

Organic soils of pH 5.5 or lower and soils high in iron may need molybdenum. Seed treatment suggested in this case is sodium molybdate at the rate of ½ ounce per acre dissolved in 3 tablespoons of water. Mix with the seed required for one acre. For foliar spray, use 2 ounces per acre.

See Extension Bulletin E 486 for additional details on micronutrients.

**Fertilizer application** — Apply in bands of 2 to 3 inches below the seed up to 500 pounds of fertilizer high in phosphorus. Broadcast the remaining fertilizer and disk in before planting.

**Sidedress** — Apply 200 pounds of pelleted ammonium nitrate or 160 pounds of urea per acre in early June.

## Spacing and Planting

Space rows 16 inches apart with 8 to 12 plants per foot. The area desired per plant is about 25 square inches. Where jumbo onions are desired, as for French-fried onion rings, precision-seed so that plants are no closer than 2 inches between plants in the row.

Two to four pounds of seed per acre are required depending on germination, seed size, and spacing.

## Weed Control

Consult the most recent revision of Extension Bulletin 433.

## Insect and Disease Control

Consult the most recent revision of Extension Bulletin 312.

## Sprout Inhibitor

For storage onions, apply maleic hydrazide (sold as MH-30) as a spray on the foliage approximately 1 to 2 weeks before harvest when the bulbs are mature, the tops are down, and 5 to 8 leaves are still green. Apply