# Ueber die Regenerationsvorgänge bei den Siphonaceen.

Ein Beitrag zur Erkenntniss der Mechanik der Protoplasmabewegungen.

Von

**Paul Klemm.**

Hierzu Tafel V und VI.

Abgesehen von einigen früheren gelegentlichen Beobachtungen[1]) ist besonders durch die Untersuchungen Hansteins[2]) bekannt, dass die Algen der Gattung Vaucheria durch eine auf den ersten Blick ausserordentlich erscheinende Regenerationsfähigkeit ausgezeichnet sind. Schien es doch danach, als ob Theile des Protoplasmas einer Zelle von sehr verschiedener und oft sehr wenig Masse zur Regeneration befähigt seien. Seit wir durch die Untersuchungen von Schmitz[3]) wissen, dass die Siphonaceen zahlreiche Zellkerne besitzen, liegt aber die Sache wesentlich anders. Der Gedanke, dass ein tieferer Gegensatz bestände zwischen der Empfindlichkeit des Protoplasmas der Vaucherienschläuche und dem der Zellen höherer Pflanzen[4]), wird dadurch in ein ganz anderes Licht gerückt. Denn durch den Besitz zahlreicher Kerne sind auch die Siphonaceen wie die übrigen Organismen, bei denen man auf den ersten Blick erkennt, dass sie aus zahlreichen Lebenseinheiten bestehen, als Kolonien solcher Lebenseinheiten gekennzeichnet. Wenn aus einer kleinen Portion des Inhalts eines Vaucheriaschlauches also ein neues Pflänzchen hervorsprosst, so ist dies im Grunde genommen nicht anders, wie bei einem Algenfaden, den man in viele Stücke zerschneidet und von denen jedes, sobald es nur eine unverletzte Zelle enthält, wieder zu der Gestalt, in der uns die Pflanze gewöhnlich entgegentritt, zu einem neuen Faden auswachsen kann.

1) S. Pfeffer, Physiologie II, S. 173.

2) Einige Züge aus der Biologie des Protoplasmas. II. Reproduction u. Reduction v. Vaucheriazellen. Hansteins botan. Abhandl. IV, 2. Heft S. 46 ff. S. auch Haberlandt, Ueb. d. Bez. zw. Function u. Lage des Zellkerns. 1887, S. 83 ff.

3) Beobachtungen über die Siphonocladiaceen. 1879. Festschrift der naturforschenden Gesellschaft zu Halle.

4) Hanstein, a. a. O. S. 47 u. S. 54.



Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0023-0

Der Unterschied beruht eben nur darin, dass bei den Siphonaceen nicht jede Lebenseinheit, nicht jede „Energide“ [1]) ihre besondere Membran und ihren besonderen Saftraum besitzt, sondern alle von einem Mutterindividuum abstammenden Energiden eine gemeinsame Membran und einen gemeinsamen Saftraum haben. Das Protoplasma der Siphonaceenindividuen ist ein „Symplast.“ [2]) Die Masse einer einzelnen Energide erscheint dadurch nicht genau begrenzt, erscheint nicht als morphologische Einheit, trotzdem bleibt sie physiologische Einheit und von jeder solchen dürfen wir annehmen, dass sie, insofern sie nur unverletzt bleibt, die Regeneration eines neuen Pflänzchens einleiten kann.

Die geringere Empfindlichkeit des seiner Zellhaut entkleideten Protoplasmas der Siphonaceenschläuche im Vergleich zu der anderer Pflanzen ist aber unter den obwaltenden Verhältnissen leicht verständlich, sie ist in der Besonderheit begründet, dass das zu einer Energide gehörende Protoplasma nicht zu einer zarten gespannten Blasenhaut geformt ist, die erst Halt bekommt durch die Cellulosewand, sondern ein Klümpchen darstellt, das fähig ist, manchen Gefahren zu widerstehen, die einem zartwandigen, der schützenden Zellhaut entkleideten Bläschen verhängnissvoll werden. Haben wir also auch keinen Grund zu folgern, dass die Empfindlichkeit des Protoplasmas an sich gegen mechanische Einflüsse in dem einen Falle wesentlich verschieden sei von der im andern, so ist doch klar, dass die Verhältnisse des Aufbaus den Siphonaceen eine grössere Widerstandsfähigkeit sichern, wie den Protoplasmamassen der meisten anderen Pflanzen.

Desshalb glaubte ich, dass sich das Protoplasma der Siphonaceen gut dazu eignen müsse, lebensfähiges Protoplasma in solchen Quantitäten zu gewinnen, dass man eine Reihe von Experimenten damit anstellen könnte, die für die Erkenntniss der Leistungen desselben grosse Bedeutung haben, und für welche die nackten Protoplasmamassen der Myxomyceten, die ja auch in grösseren bequem zu handhabenden Mengen zu erlangen sind, ganz unbrauchbar oder nur bedingt tauglich sind. Besonders richtete ich mein Augenmerk auf die grösseren Siphonaceen des Meeres: Caulerpa, Bryopsis, Derbesia und Valonia, die ich während eines etwa siebenwöchentlichen Aufenthaltes in der zoologischen Station zu Neapel zu untersuchen Gelegenheit hatte. Der Aufenthalt war leider nur zu kurz, um mir ausgedehntere Unter-

1) Dieser treffende von Sachs vorgeschlagene Name (Flora 1892 S. 57) ist für eine kurze bestimmte Ausdrucksweise gerade hier sehr willkommen.

2) Hanstein, Einige Z. a. d. Biol. d. Prot. S. 9.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0024-6

suchungen zu erlauben, immerhin lernte ich die Objecte und die Möglichkeit kennen, inwiefern dieselben für Protoplasmauntersuchungen Erfolg versprechen und Vortheile gewähren.

In vorliegendem Aufsatz werde ich einige Untersuchungsergebnisse besprechen, die auf mehr oder weniger tiefgreifende mechanische Verletzungen und die Regeneration aus kleinen Theilen Bezug haben und aus denen man Schlüsse von allgemeiner Bedeutung ziehen kann.

Zunächst werde ich beschreiben, wie locale Verletzungen und Trennungen des Protoplasmas innerhalb der Zellhaut, wie man sie bei Derbesia leicht erreichen kann, wieder heilen. Doch seien einige Worte vorausgeschickt, die kurz ein Bild des zuerst zu besprechenden Untersuchungsobjectes Derbesia Lamourouxii geben sollen. Die Schläuche derselben wachsen in dichten Rasen und sind wenig verzweigt, nur am Grunde sind häufig einige dünnere chlorophyllarme oder chlorophyllfreie rhizoidartige Auszweigungen vorhanden. Der Hauptkörper ist ein meist unverzweigter an der Spitze keulig erweiterter Schlauch, der nur selten einige wenige dünnere Auszweigungen trägt. Die Hauptschläuche werden bis 2 mm dick. Das mikroskopische Bild ist ein dem von Vaucheria sehr ähnliches. Das Plasma fand ich meist, wenn auch in sehr langsamen Strömen, sich bewegend. Dass Bewegung stattfindet, erkennt man deutlich, wenn man Chlorophyllkörper an der Grenze des Gesichtsfeldes ins Auge fasst; sie verschwinden langsam oder rücken weiter ins Gesichtsfeld herein. Die Richtung der Ströme lässt sich schon an der Anordnung der Chlorophyllkörper leicht erkennen. Sie sind dort in Reihen geordnet, die, nebeneinander verlaufend, mehr oder weniger breite Bahnen bilden, in welche aus den benachbarten ruhenden oder entgegengesetzt strömenden Theilen des Protoplasmas neue kurze Ketten von Chloroplasten oft in scharfem Bogen einbiegen. Die sonst ziemlich langgestreckt ovale Scheiben bildenden Chloroplasten biegen sich dabei oft selbst ziemlich scharf um. (S. Taf. V Fig. 7.) Die Chlorophyllkörper schieben sich auch unter Umständen übereinander und geben dadurch zur Bildung dunkler Streifen Anlass; dies geschieht besonders an den Enden.

Uebt man nun mit der Spitze einer Präparirnadel, sie flach haltend, seitlich auf einen Derbesiaschlauch momentan einen Druck aus, ohne die Zellhaut zu verletzen, so findet ein Einreissen des Protoplasmaschlauches statt, dies ist verbunden mit einer Contraction der benachbarten Protoplasmamassen, so dass im optischen Durchschnitt eine tiefe Einbuchtung entsteht. Dann beginnt ein Zuströmen von Protoplasma, anfangs sehr rasch, später langsamer; alles das vollzieht sich

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0025-2

in etwa einer Minute; ein solches nach einer Minute rasch skizzirtes Stadium ist in Fig. 1a Taf. V abgebildet. Am Rande des Loches selbst sind eine Menge Chlorophyllkörper angehäuft, das nach der Wunde hinströmende Protoplasma führt aber nur wenige Chlorophyllkörper mit sich. Nach einiger Zeit verschliesst sich die Wunde, bleibt aber immer noch deutlich erkennbar durch einen dunkelgrünen Klumpen von Chlorophyllkörpern, der noch einige Zeit verbleibt, wie in dem nach drei Minuten gezeichneten Bilde in Fig. 1b Taf. V dargestellt ist. Allmählich stellen sich dann von der Wundstelle abführende Ströme neben den immer noch vorhandenen Zuströmen ein und führen auch Chloroplasten aus dem Klumpen an der Wundstelle fort. Nicht selten werden Chlorophyllkörper auf einem von zwei entgegengesetzten Strömen begrenzten Gebiete in einem Wirbel herumbewegt — siehe das nach einer halben Stunde gezeichnete Bild Fig. 1c Taf. V —, bis sich allmählich auch Strombahnen und Chlorophyllkörper wieder wie im normalen Zustande ordnen, so dass man die Wundstelle nur noch an einer eventuell nachher noch verbliebenen Ausbauchung der Zellwand an der gedrückten Stelle erkennt.

Im Wesentlichen übereinstimmend ist das Verhalten des Protoplasmaschlauches bei einer Trennung, gleichviel ob damit auch eine Trennung der Membran verbunden war oder nicht. Nur, dass in letzterem Falle eine rasche und vollständige Verheilung der Wunde stattfindet, so dass das Protoplasma sich wieder zum einheitlichen Schlauche zusammenschliesst, an dem keine Spur der Trennung mehr zurückbleibt.

Im Einzelnen ist der Verlauf, von dem drei Stadien in Taf. V Fig. 2a—c dargestellt sind, folgender: drückt man mit einer Nadel, sie flach haltend, quer auf einen Schlauch von Derbesia, so werden zunächst einzelne Chloroplasten und fasrige Massen ausgestossen, während gleichzeitig eine Contraction der beiden Theile eintritt, so dass die Enden derselben oft um den Durchmesser des Schlauches auseinanderrücken. Es ist dies leicht erklärlich, da durch die Oeffnung des Schlauches der Turgor natürlich vollständig aufgehoben wird. Die Chlorophyllkörper ziehen sich auch hier eine Strecke zurück, mit Ausnahme einer Anzahl, die einen Saum am Wundrande bilden. Alsbald aber beginnen sich die Wundränder wieder zusammenzuneigen, es strömt immer neues Plasma zu und endlich kommt ein Verschluss der Theile zu Stande, die an ihrem Scheitel einen dunklen Pfropf von Chlorophyllkörpern tragen. Bemerkenswerth ist, dass sehr bald wieder der osmotische Druck sich geltend macht, die beiden Theile werden dadurch abgerundet und nähern sich einander mehr

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0026-8

und mehr. Sie treffen schliesslich aufeinander, werden gegeneinandergepresst unter Abflachung der beiden Wundpole, bis endlich der Raum zwischen denselben vollständig ausgefüllt wird. Die ausgeworfenen todten Massen scheinen dabei wieder aufgenommen zu werden, näher verfolgt habe ich das jedoch nicht. Es könnte das zunächst rein mechanisch geschehen, wie bei den Carminkörnchen, zu deren Aufnahme Pfeffer das Plasma von Vaucheria zwang.[1]) Der ganze Vorgang vollzieht sich in etwa fünf Minuten. Noch erhält sich mehr oder weniger kurze Zeit eine Protoplasmalamelle, schliesslich durchreisst sie, einen Ringwulst zurücklassend, der bald auch durch lebhaftes Abströmen verschwindet. Nach etwa 20 Minuten begannen sich auch die Chlorophyllkörper, die durch den ganzen Schlauch oder fast durch den ganzen Schlauch in Unordnung gerathen, wieder zu ordnen, ebenso die Ströme, die nun nach erlangter Continuität wieder gleichgerichtet sind, und schliesslich verräth nichts mehr die Verletzung.

Sind auch diese Wundverschlussvorgänge bei vollständig durchschnittenen Schläuchen im Allgemeinen dieselben, wie bei der Trennung des Protoplasten innerhalb des Celluloseschlauches, so sind doch natürlich auch einige Besonderheiten zu beobachten.

So werden nach dem Durchschneiden noch längere Zeit mehr oder weniger grosse Massen des organisirten Protoplasmas ausgestossen.

Wenn wir nach den Ursachen dieser Erscheinung forschen, so liegt der Gedanke nahe, sie darin zu suchen, dass beim vollständigen Durchschneiden das Protoplasma unmittelbar mit dem Seewasser in Berührung kommt, während bei einer Trennung des Protoplasmaschlauches innerhalb der Cellulosemembran es immer nur der Zellsaft sein wird, der mit dem Plasma in Berührung kommt. Denn wenn im letzteren Falle auch der Protoplasmaschlauch geöffnet wird, so erfolgt durch Aufhebung des osmotischen Druckes neben der Contraction des Plasmas auch eine solche des elastisch gespannten Celluloseschlauchs; es wird also zunächst kein Wasser eindringen, sondern im Gegentheil ein Theil des Zellsaftes nach aussen filtriren. Zudem vollzieht sich das Wiederzusammenschliessen des Protoplasmas so rasch, dass inzwischen noch kein erheblicher Stoffaustausch durch Diffusion eingetreten sein wird. Es kommt also nicht zur Ausstossung grösserer desorganisirter Massen. Bei den vollständig durchschnittenen Schläuchen kommt es aber dazu. Damit soll nicht etwa behauptet sein, dass das Meerwasser an sich und die Stoffe, die es enthält,

1) S. Pfeffer, Ueber Aufnahme u. Ausgabe ungelöster Körper. Abh. d. kgl. sächs. Ges. d. Wissensch. XVI, 1890, S. 168.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0027-4

schädlich für das Protoplasma seien. Chlornatrium ist ja bekanntermaassen ein für den Chemismus des Protoplasmas indifferenter Körper, und zudem ist das Meerwasser ja immer in Berührung mit dem Protoplasma, aber es ist zu bedenken, dass der Wechsel der Verhältnisse ein sehr plötzlicher ist. Und das kann nicht oft genug hervorgehoben werden, dass bei allen Mechanismen, seien es Organismen, seien sie menschlicher Construction, nicht allein das absolute Maass der Veränderungen einleitenden Einflüsse in Betracht kommt, sondern dass ein sehr wesentlicher Factor die Dauer ist, innerhalb deren sich die Veränderungen vollziehen. Der Spielraum von aussen einwirkender Kräfte, der dem Protoplasma zu ertragen vergönnt ist, ist ein sehr grosser, vielleicht ein weit grösserer als man zur Zeit ahnt, nur muss man dem Plasma gestatten, von Stufe zu Stufe sich den Veränderungen anzupassen. Nicht chemische Wandlungen sind hier die Gefahr, sondern die heftige Veränderung der Bewegungen zur Erreichung des Gleichgewichts. Da das Wesen des Lebens in dem beständigen aber nie erreichten Streben zum Gleichgewicht besteht, so ist diese Wirkungsweise sehr erklärlich.

Die zerstörten Massen werden, wie dies Hanstein für Vaucheria geschildert hat, oft explosionsartig hervorgeschleudert. Dieses Hinausschleudern beginnt sofort nach dem Durchschneiden. Unter den ausgestossenen Massen treten bestimmt geformte Gebilde zweierlei Art besonders hervor, wie man sie übrigens auch durch andere destructive Einflüsse, wie z. B. starke electrische Schläge erhält (s. Taf. V Fig. 3). Die einen sind unregelmässig fasrige Gebilde, sie werden einzeln oder in Gruppen ausgestossen und haben dann häufig unregelmässig sternartige Form. Die anderen sind kugelige Gebilde von deutlich radialfasriger Struktur und ausserdem häufig concentrischer Schichtung. Auf eine Untersuchung der Substanz habe ich mich nicht weiter eingelassen, nur so viel kann ich sagen, dass sich diese Kugeln mit Jod gelb färben. Die erste Eruption ist die bedeutendste, es erfolgen aber auch noch während des Zusammenneigens der Wundränder dann und wann kleinere. Eine weiter ins Einzelne dringende Beobachtung vom Loslösen dieser Massen bis zum Ausstossen war mir nicht möglich, dazu vollzieht sich der Vorgang zu rasch. Sie werden aber deutlich aus der Oeffnung hervorgestossen und lösen sich nicht von den Rändern los, von denen sich nur Portionen körniger Destructionsmassen trennen.

Unterdessen schreitet das Zusammenneigen der Wundränder rasch fort unter fortwährendem Hinzuströmen von Protoplasma. Dieses führt auch Chlorophyllkörper mit, die anfänglich zurückgewichen waren,

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0028-9

nun aber den Wundrand als dunkelgrüner Kranz umsäumen, und wenn es zum Verschluss der Wunde gekommen war, einen Klumpen an dem Wundscheitel bilden. Sobald dies eingetreten ist, beginnt auch eine allmähliche Expansion, ein Zeichen, dass der osmotische Druck sich wieder geltend macht. Das geschieht auch hier sehr rasch. Der Klumpen von Chloroplasten erscheint dann oft eingesenkt, weil das umgebende chlorophyllfreie Plasma leichter ausdehnbar ist, wie jener. Nicht selten kommt es dabei zu einem erneuten Zerreissen und dann werden neuerdings Zerstörungsmassen ausgestossen.

War der Verschluss aber ein endgiltiger, so beginnen Rückströmungen, welche auch die Chlorophyllkörper allmählich wegführen, und bald ist eine normale Kugelkappe wieder hergestellt. Die Rückströmungen sind so stark, dass nach einiger Zeit weniger Chlorophyllkörper am Scheitel vorhanden sind, wie weiter rückwärts im Schlauch. Die Expansion schreitet dabei immer weiter fort.

Hatte ich bis jetzt nur die Vorgänge unmittelbar an der Wundstelle geschildert, so ist damit das Bild der durch die Verwundung verursachten Veränderungen noch kein vollständiges, denn es machen sich Wirkungen auch an entfernter liegenden Theilen, ja durch den ganzen Schlauch geltend, wie das bei einem so heftigen Eingriff nicht Wunder nehmen kann.

Vor allem ist die Aufhebung des Turgors von in die Augen fallendem sich über den ganzen Schlauch erstreckenden Einfluss. Er äussert sich darin, dass meist an den Enden der Schläuche sich das Plasma von der Zellwand abhebt und zurückzieht, oft beträchtliche Strecken. Nicht selten kommt es auch, besonders in längeren Schlauchtheilen, zu Einschnürungen und allmählichen Trennungen des Protoplasmaschlauches, die ganz so sich vollziehen wie bei Einwirkung plasmolytischer Lösungen auf langgestreckte Zellen und nach den Gesetzen, die hierfür maassgebend sind.

Auch wenn dann wieder Ausdehnung erfolgt, wird selten das Protoplasma wieder dem ursprünglichen Membranende angedrückt, sondern es wird, wie an deren offenem Ende eine neue Membran an der Grenze der durch die Loslösung frei gewordenen Plasmakappe gebildet. So lange dies nicht der Fall, sind übrigens die Schläuche höchst empfindlich, unbedeutende Erschütterungen können leicht den Protoplasmaschlauch an den nackten Stellen wieder zum Zerreissen bringen.

Das gesammte Plasma wird aber durch den Wundreiz auch noch in andrer Weise in Mitleidenschaft gezogen; das augenfälligste sind Unregelmässigkeiten, Stockungen oder Beschleunigungen in den Be-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0029-8

wegungen, Zuckungen, Umkehr der Ströme u. s. w., sowie der Chlorophyllkörper, die jetzt nicht mehr wie bei normalen Schläuchen dicht nebeneinander gelagert, oft polygonal ineinandergefügt, eine gleichmässige Vertheilung in der Peripherie der Schläuche besitzen, sondern zu Gruppen und Klumpen sich zusammenballen, so dass schon mit unbewaffnetem Auge die Schläuche ein ganz anderes Aussehen bekommen, nicht mehr gleichmässig hellgrün, sondern dunkelgrün gefleckt erscheinen. Wie weit die Chloroplasten activ oder passiv dabei sind, ist eine Frage für sich, die ausserhalb des Rahmens dieser Untersuchung lag.

Der letzte Act der Verheilung ist die Membranbildung. Sie geht so rasch nicht vor sich oder kommt doch so rasch nicht zum Abschluss, wie die des Protoplasmas, die, wie gesagt, sich bei Derbesia in etwa 20 Minuten vollzog, wenn keine Störung dazwischen trat.

So viel ist gewiss, dass vom Abend bis zum nächsten Morgen, also nach etwa 15 Stunden, immer schon eine neue Membran gebildet war, sie zeigt aber noch Verschiedenheiten im Vergleich zur normalen Membran und zu späteren Zuständen der regenerirten, sie ist immer noch sehr dehnbar und am Scheitel in inniger Verbindung mit dem Protoplasma, denn bei Einwirkung von Salzlösungen zieht sich zunächst die ganze Kappe stark zurück, dabei kommt es am Scheitel häufig nicht zu einer Trennung von Plasma und junger Membran, sondern die letztere wird von dem sich contrahirenden Plasma in Falten mit zurückgezogen. Nach einigen Tagen aber sind die durch Regeneration entstandenen Enden nur durch etwaige Reste des freigelegten Membranstückes an der Wundstelle von normalen zu unterscheiden.

Die von Hanstein[1]) an Vaucheria beobachtete Thatsache, dass ältere nicht mehr in voller Entwickelung stehende Schläuche häufig Theile in ihrem Innern abgliedern, ist auch bei Derbesia häufig genug zu beobachten.

Es kann die Folge mechanischer Verletzungen, besonders Quetschungen, bei denen die Cellulosemembran erhalten blieb, sein, wie sich leicht durch das Experiment ermitteln lässt, doch können auch andere Einwirkungen dazu führen. Unter ungünstigen Allgemeinbedingungen, so wenn das Wasser lange nicht erneuert wurde und verdorben war' treten dergleichen Erscheinungen häufig auf. Es theilt sich dann das Protoplasma innerhalb der Celluloseschläuche in mehr oder weniger lange Stücke, die sich, wenn zu rechter Zeit noch den verderblichen Einflüssen Einhalt geboten wurde, so dass ein Absterben nicht erfolgt, an den freien Stellen mit einer Membran umgeben und schliesslich

1) a. a. O. S. 46 u. 54.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0030-9

zu neuen Individuen heranwachsen können. Die unmittelbare Voraussetzung ist offenbar nur eine durch das Schwinden des Turgors hervorgebrachte Contraction des Protoplasmas. Ist osmotisches Gleichgewicht erreicht, die Contraction also zum Stillstand gekommen, so umgibt sich der Protoplasmakörper an den Stellen, mit denen er nun unmittelbar mit dem Aussenmedium in Berührung ist, mit einer neuen Membran. Es können natürlich wiederholt solche Einflüsse wirken und der Verwirklichung eines solchen Falles ist offenbar die Bildung zuzuschreiben, welche Taf. V Fig. 6 abgebildet ist. Es hat sich durch das schrittweise Zurückweichen des Protoplasmas Cellulosemembran auf Cellulosemembran gebildet, so dass wir schliesslich eine dicke geschichtete Cellulosekappe vor uns haben, die an einer Stelle noch eine kleine von der Hauptmasse abgesonderte Protoplasmaportion einschliesst.[1]) Selbst sehr kleine Theile, die durch Abtrennung aus irgend welchen Ursachen entstanden, findet man innerhalb der Schläuche erhalten und in allen möglichen oft ganz unregelmässigen Gestalten, die anfangs unter den Bemühungen zur Regeneration angenommen werden. (S. Tafel V Fig. 5.)

Ein solcher Zerfall des plasmatischen Inhaltes in mehrere Theile ist demgemäss auch leicht erreichbar durch Einwirkung plasmolytisch wirkender Mittel, da bei der Contraction des Protoplasmas in längeren schlauchförmigen Zellen hier wie in echten Zellen eine Trennung in mehrere Stücke die Regel ist.

Beiläufig sei erwähnt, dass dieser Vorgang in Augenblicken der Gefahr für das Leben der Pflanzen biologisch einen nicht zu unterschätzenden Werth hat. Denn er hat die Wirkung einer Vermehrung der Anzahl von Ausgangspunkten für eine neue Individuenbildung, von denen ein Theil zu Grunde gehen kann, ohne dass so leicht ein Aussterben erfolgt. Die gefahrdrohenden Einflüsse schaffen also auch selbst wieder Umstände, die dem vollständigen Zugrundegehen vorbeugen.

Aber die Verletzungen, die Theilungen ohne Verlust des Regenerationsvermögens können noch viel weiter gehen. Aus kleinen Portionen, die vielleicht zufällig bei Verwundungen herausgepresst wurden, können bei Derbesia wie bei Vaucheria neue Pflänzchen entstehen.

Um absichtlich grössere Mengen solcher kleinen Portionen zu erhalten, quetschte ich einfach das Plasma aus einem geöffneten Schlauch aus. Dabei erhält man Portionen sehr verschiedener Grösse und von verschiedener anfangs unregelmässiger Form. Die Zahl der-

1) Es ist eine analoge Bildung, wie sie von Klebs bei Vaucheria beobachtet wurde. Beitr. z. Phys. d. Pflanzenzelle. Tüb. Unters. II. Taf. VI. 1.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0031-5

Chloroplasten, welche dabei den einzelnen Ballen zufallen, ist sehr verschieden, viele werden auch ganz isolirt, sie verquellen und gehen schliesslich zu Grunde. Auch kleine Portionen mit nur einem Chlorophyllkörper sind zu finden, bei denen entweder die Masse des farblosen Protoplasmas überwiegen oder auch sehr zurücktreten und nur als zarte Hülle desselben erscheinen kann. Kurz es kann das Verhältniss der Masse des Chlorophylls zur Masse des farblosen Protoplasmas sehr mannigfaltig sein.

Einige Worte über die Handhabung. Es stellte sich bald heraus, dass die Beobachtung von Objectträgerpräparaten, in der feuchten Kammer aufbewahrt, ungünstig sei, wenn es sich um längere Beobachtugsdauer handelte. Die Objecte gehen zu leicht durch Erschütterungen, die von der festen Unterlage sich denselben mit voller Stärke mittheilen, in den ersten Stadien des Verheilungsprocesses zu Grunde, auch stellen sich Bacterien ein, die in den kleinen Wassermengen verhältnissmässig rasch zunehmen, deren Ueberhandnehmen man zwar durch öfteres Ablaufenlassen des alten und Hinzutropfen neuen Wassers wohl verhindern kann, aber es ist damit natürlich wiederum eine Gefahr der Störung des Heilungsprocesses verbunden, abgesehen von der Unbequemlichkeit. Ich senkte desshalb die Objectträger mit den darauf liegenden Objecten nach der Beobachtung in flache Krystallisirschalen mit einer grösseren Menge Seewassers und liess sie an einem ruhigen Orte in der Zwischenzeit bis zur nächsten Beobachtung liegen. Oder es wurden die Derbesiaschläuche in Tuschnäpfchen ausgedrückt, in die eine hinreichende Menge Wasser gebracht wurde, welches nach vorsichtigem Absaugen durch frisches ersetzt werden konnte.

Sehr bald nach dem Ausquetschen des Plasmas beginnt die Abrundung der Massen zu Kugeln; bei solchen, die nur aus einem von einer Plasmahülle umgebenen Chloroplasten bestehen, rundet sich auch dieser ab. Solche Kugeln, die wenig Chlorophyllkörper enthalten, zeigen sehr deutlich die Bildung von Vacuolen, an Zahl und Grösse sehr verschieden; oft ist nur eine grosse vorhanden, oft so viel, dass ein Schaumgerüst zu Stande kommt. Die kleineren Portionen gehen nun bald zu Grunde. Nach 24 Stunden war von denselben nur ein kleiner Theil noch am Leben. Besonders in Objectträgerpräparaten, in denen die zerstörten Plasmamassen den sich einstellenden Bacterien reichlich Nahrung bieten, starben die gesunden auch bald, um dann ebenfalls den Bacterien anheimzufallen.

Die, welche am Leben geblieben waren, hatten sich am Tage nach der Operation mit einer Membran umgeben, so dass ich plasmo-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0032-0

lytische Abhebung von der Wand beobachten konnte, wenn ich Salzlösungen höherer Concentration einwirken liess. Die meisten lebenskräftigen Pflänzchen haben aber ihre Form geändert, sie sind nicht mehr kugelig, sondern haben sich in einer Richtung gestreckt, haben elliptische oder eiförmige Umrisse erhalten. Es ist dies der Beginn des Auswachsens zu neuen Schläuchen. Dabei ist bereits eine Verschiedenheit der Pole erkennbar, an dem einen, dem mit grösserem Radius, liegt die grössere Masse der Chlorophyllkörper, an dem mit kleinerem Radius, dem spitzeren Pole, sind weniger, oder er ist ganz frei von Chloroplasten.

Es sind dies offenbar die Anfänge polarer Ausbildung, wir haben ein Rhizoidende und ein für die Assimilation sich specifisch entwickelndes Ende vor uns. Danach ist man wohl zu der Folgerung berechtigt, dass kein Object so günstig ist, wie diese sich selbständig ernährenden anfänglich kugeligen, nach keiner Richtung in irgend welcher Weise bevorzugten Massen, um an denselben die Ursachen der polaren Ausbildung zu studiren; denn dass diese Polarität in inneren Ursachen allein nicht zu suchen sei, sondern ein Produkt aus äusseren und inneren ist, das ist heute für jeden, der des Näheren die Forschungen über die Factoren, welche Form und Richtung bestimmen, verfolgt, wohl gewiss. In den ausgestreiften, abgerundeten Siphonaceenmassen haben wir eben unpolare kuglige Gesellschaften von Energiden vor uns und es wird nun darauf ankommen, ob es Mittel gibt, diese beim Fortwachsen in der Kugelform zu erhalten und ob es Mittel gibt, willkürlich die Punkte der Kugel zu bestimmen, deren einer zu dem Pol wird, der hauptsächlich als Haft- und Saugorgan wirkt — zum Wurzelpol —, deren anderer zum Sprosspol wird, der die chlorophyllführenden als Hauptfunction im Dienste der Assimilation thätigen Glieder entwickelt.

Ehe wir indess auf die Erörterung allgemeinerer Gesichtspunkte eingehen, will ich erst die Regenerationserscheinungen bei Valonia näher schildern, die, im Ganzen übereinstimmend mit denen von Vaucheria und Derbesia, doch des Besonderen und Wichtigen genug bieten, insofern nämlich, als hier die Wirkung gewisser in engen Räumen wirksamer Attractionskräfte, der Capillärkräfte, in Wegfall kommt und also keiner Berücksichtigung mehr bedarf.

Die Valonienexemplare, welche mir vorlagen, waren zum Theil grössere, bis über 1 cm dicke, meist birnförmige Blasen, zum Theil mehr keulige, schlauchartige, chlorophyllarme Basaltheile besitzende, in Rasen gesellig gewachsene Pflanzen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0033-6

Sticht man eine Valonia an, so wird ein Theil des Saftes mit grosser Gewalt ausgespritzt und der Turgor, der ursprünglich ausserordentlich prall gespannten Blase schwindet. Wenn aber keine weitere Verletzung damit verbunden ist, so verheilen derartige Verwundungen sehr rasch wieder. Das Plasma erleidet dabei keine tiefer gehenden Veränderungen, es hebt sich aber bis zum Verschluss der Wunde und zur Wiederherstellung des osmotischen Druckes in muldenförmigen Vertiefungen von der Wand ab. Man erhält dann mit mässiger Vergrösserung betrachtet Bilder, wie das auf Tafel VI Fig. 3. Sonst ist dabei nichts Bemerkenswerthes zu beobachten. Nach 24 Stunden kann die Verheilung eine so vollständige sein, dass ein mässiger Druck kein Wiederaufreissen der Wunde zur Folge hat.

Schneidet man aber die Blasen quer durch oder schneidet man Kappen von den Blasen los, so vollziehen sich Vorgänge, die ich unter Bezugnahme auf die Bilder der Tafel VI schildern werde.

Vorausschicken will ich noch, wie dabei experimentell verfahren wurde. Der Schnitt wurde mit einer scharfen Scheere vollzogen, die Objecte lagen dabei in einem Uhrschälchen, von Seewasser vollständig bedeckt. Meist wurden Exemplare mittlerer Grösse gewählt. Sie sind günstiger wie ganz grosse, weil diese leicht bei zufälligen Stössen, gegen welche die Valonien während der Heilung noch viel empfindlicher sind wie Derbesia, zu Grunde gehen.

Die Stücke, welche abgeschnitten wurden, waren aber immerhin sehr verschieden, absolut und im Verhältniss zur Pflanze. Es wurden Exemplare in zwei Hälften zerschnitten und kleinere Theile abgeschnitten, so kleine, dass die nur wenige Quadratmillimeter grossen Stücke nur sehr wenig gewölbt waren und bei oberflächlicher Betrachtung fast eben erschienen. Die Uhrschälchen wurden, vor Erschütterungen thunlichst geschützt, in feuchte Kammern gestellt. Das Wasser wurde täglich gewechselt, wobei immer mit grosser Vorsicht zu verfahren nöthig war.

Der Gang der Verheilung ist im Wesentlichen derselbe, nur ist die Dauer verschieden und die Gefahren für das Gelingen sind mehr oder weniger gross. Er ist folgender: Unmittelbar nachdem der Schnitt ausgeführt wurde, zieht sich das Protoplasma von den Wundrändern ein Stück zurück uud hebt sich in der vorhin beschriebenen Weise in Mulden von der Cellulosewand ab. Wenige Minuten darauf beginnen sich dann die Wundränder des Protoplasmas von der Wand abzuheben, so dass ein frei in das umgebende Medium hineinragender nach aussen mehr oder weniger gewölbter Ring von Protoplasma

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0034-2

entsteht, die Mündung dieses Ringes ist von zusammengeballten Chlorophyllkörpern dunkelgrün umsäumt. Diese Mündung wird immer enger, der Ring immer breiter. Ströme von Protoplasma, die Chloroplasten mitführen — es bleibe dahingestellt, inwiefern diese bei der Bewegung activ oder passiv sind —, laufen strahlig nach der Mündung zu (Tafel VI Fig. 4, 5, 6).

Die Strömung ist ziemlich rasch, sie ist eine fieberhafte, während im normalen Zustande keine ohne Messungen festzustellende Strömungsbewegungen zu beobachten sind; die unmittelbar dem dunkelgrünen chlorophyllreichen Wundrande benachbarte Zone ist verhältnissmässig chlorophyllarm. Nach etwa einer Stunde ist in der Regel die Mündung verschwunden, der Verschluss ist erreicht.

Ich habe bereits angedeutet, dass die den Wundverschluss bildende Protoplasmalamelle gewölbt ist. Diese Wölbung ist nun sehr verschieden, sie kann sehr flach sein, sie kann aber auch eine sehr stark gebogene Leitkurve haben. Es hängt dies ab einerseits von der Ausdehnung der Wundfläche, andrerseits aber von der Wölbung, die das sich regenerirende Stück selbst besass; die Wölbung ist um so steiler, je flacher dieses war, um so flacher, je mehr dieses gewölbt war, so dass unter allen Umständen das Streben nach Bildung einer Blase sich geltend macht. Es müssen also sehr mächtige Kräfte im Spiele sein, die Adhäsion und Schwerkraft, die beide diesen Bewegungen des Protoplasmas entgegen wirken müssen, zu überwinden vermögen.

Ist es zum Verschluss gekommen, dann macht sich sofort auch die Produktion osmotisch wirkender Stoffe geltend, das plasmatische Wundverschlussgewölbe nimmt unter allen Umständen die Gestalt einer Kugelkappe an, anfangs am Verschlusspol noch mit kleinen Unregelmässigkeiten, veranlasst durch die Chlorophyllballen, die erst allmählich abgeführt werden, ganz entsprechend dem, wie es bei Derbesia geschildert wurde.

In diesem Stadium der Heilung ist die Empfindlichkeit der neu hergestellten Blasen gegen Erschütterungen und Stösse sehr gross. Erst wenn auch die Membran wieder ausgeschieden und zu einiger Mächtigkeit gelangt ist, nach 1—2 Tagen, kann der Regenerationsvorgang als vollendet und gelungen gelten.

Die Wirkung, welche Erschütterungen haben, ist ein sofortiges Zusammensinken der Blase zu einer unförmigen dunkelgrünen Masse. Wohl macht auch diese noch Versuche, wieder neue Blasen zu bilden, es sondern sich einzelne Portionen ab und schwellen theilweise blasig auf, indessen scheint dies mehr Folge von Vacuolenbildung zu sein.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0035-8

Nach einigen Tagen waren diese Massen immer zu Grunde gegangen. Wie gross die abgeschnittenen Stücke sind, d. h. wie das Verhältniss der Theile ist, in welche man die Blasen zerlegt, ist für das Zustandekommen der Regeneration hier bei Valonia wie bei Vaucheria und Derbesia von untergeordneter Bedeutung. Lebensbedingung ist aber die flache Ausbreitung der vorhandenen Protoplasmamasse, ob sie nun, wie in den kleineren Portionen, durch Vacuolenbildung im Innern oder durch Umwölben erreicht wird.

Nicht selten findet man auch unter den gesammelten und kultivirten Valonien Exemplare, die ihre Individualität verloren haben, dadurch, dass das Protoplasma in mehrere kleinere Blasen zerfiel, die den Raum der Mutterpflanze nicht mehr ausfüllen, sondern, von demselben nur einen Theil einnehmend, darin herumschwimmen. Jedenfalls haben wir auch darin Regenerationserscheinungen zu erblicken, die darauf beruhen, dass durch Herabsinken des Turgors eine Theilung des Protoplasmas erfolgte.

Meine Bemühungen, durch künstlich eingeleitete Plasmolyse dasselbe zu erreichen, sind mir indess nicht gelungen; ich konnte selbst mit 10% Salpeterlösung kein Abheben des Protoplasmas von der Wand erreichen. Warum, ist mir nicht klar, die beschränkte Zeit erlaubte mir nicht, näher darauf einzugehen. Die Objecte waren aber Tage lang in der Salpeterlösung gesund und lebensfähig geblieben.

Solche Theilungen scheinen übrigens in Beziehung zu stehen zu den Verzweigungen, welche mitunter zu beobachten sind. Doch macht das Folgende nur darauf Anspruch, ein Erklärungsversuch zu sein, den ich gebe, weil, so viel ich weiss, keine unmittelbaren Beobachtungen darüber bekannt sind. Ein solch verzweigtes Exemplar ist in Fig. 2 Taf. VI abgebildet, daneben ein von dem Gebilde abgelöstes Aestchen, dessen Anheftungsstelle an jenem auf den Beschauer zugekehrt ist. Von diesen Verzweigungen besitzt jede ihre eigene Membran, die an der Berührungsstelle abgeplattet ist. Sie werden dadurch zusammengehalten, dass sie von einer gemeinsamen Membran umgeben sind, die sich unschwer abschälen lässt. Es stecken also mehrere Blasen in einer gemeinsamen Umhüllung und es liegt mithin dasselbe Verhältniss, wie in den vorhin besprochenen Fällen vor, nur dass die umschlossenen Blasen mit ihren Membranen der Hülle des gemeinsamen Mutterindividuums fest anliegen. Es liegt deshalb der Gedanke nahe, dass die Zweige aus solchen Theilen entstehen oder doch entstehen können. Freilich, es müsste damit auch ein nachträgliches Flächenwachsthum der ursprünglichen Membran wieder eintreten,

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0036-3

wenn die aus dem Innern hervordrängenden Tochterindividuen so weit herangewachsen sind, dass sie derselben prall anliegen. Doch liegt der Annahme dieser Möglichkeit nichts im Wege, da auch die älteren äusseren Schichten der Einzelblasen — die Membranen der Valonien sind stets geschichtet — im Grunde genommen zum Ganzen in demselben Verhältnisse stehen. Es ist nur der Unterschied, dass in dem einen Falle der Verkehr des Protoplasmas mit der äusseren Celluloseschicht eine Zeit lang aufgehoben gewesen sein würde, während er im andern Falle immer bestehen blieb. Da aber in plasmolysirten Zellen nach der Aufhebung der Plasmolyse der von der Wand zeitweise zurückgezogene Protoplast das weitere Flächenwachsthum bewirkt, so ist denkbar und wahrscheinlich, dass er auch in unserem Falle das gleiche vermag.

---

Hanstein hat einen Versuch, in die causalmechanische Erkenntniss des Vorganges einzudringen, an seine Beobachtungen bei Vaucheria nicht geknüpft. Der Wundverschluss könne nicht Wunder nehmen[1]), sagt er, bei der „Gestaltsamkeit" des Primordialschlauchs „und der Herrschaft desselben über die Constellation aller seiner Micellen und Molekeln". Damit ist offenbar die Vorstellung verbunden, dass lediglich innere Ursachen im Spiele sind. Es entspricht dies auch den sonst von Hanstein entwickelten Vorstellungen.

Machen wir also die Probe, inwiefern die vorliegenden Beobachtungen im Verein mit den allgemeinen Forschungen über die Lebensleistungen des Protoplasmas uns Anhaltspunkte gewähren, tiefer in die Erkenntniss des Vorganges einzudringen.

Es ist ein Bewegungsvorgang, mit dem wir es zu thun haben, eine Reizbewegung, ausgelöst durch die Verwundung. Er steht also in Bezug zu der allgemeinen Frage der Protoplasmabewegungen, über deren Ursachen die mannigfachsten oft widersprechenden Anschauungen geäussert worden sind, auf die wir kurz zurückgreifen müssen. Beruhten die älteren Erklärungsversuche von Hofmeister und Sachs im Wesentlichen auf der Annahme localer Aenderungen des Imbibitionsvermögens, stützen sich also in letzter Linie auf die Micellartheorie Nägelis, so sind neuerdings Vorstellungen erörtert worden, die nicht mehr eine besondere Struktur voraussetzen und mit der Anwendung der Micellartheorie auf das Protoplasma brechen. Sie sind bis in alle Einzelheiten durchgeführt von Berthold in

1) a. a. O. S. 50.



Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0037-9

seiner „Protoplasmamechanik“ und stehen, als zur gründlichst durchdachten und neuerdings erst näher erforschte physikalische Forschungsergebnisse berücksichtigenden Kette von Schlussfolgerungen vereinigt, naturgemäss im Vordergrund des Interesses.[1])

Ganz eigenartig, aber zum Theil verwandt, sind auch die Erörterungen Bütschli's,[2]) deren Consequenzen freilich auf noch sehr wenig fassbare Vorstellungen führen.

Beide Forscher sind vergleichend vorgegangen, indem sie untersuchten, inwiefern die Protoplasmabewegungen mit vollkommen durchsichtigen physikalischen Vorgängen übereinstimmten. Sie kommen zu der Ueberzeugung, dass eine solche Uebereinstimmung bestehe. Während es aber Bütschli hauptsächlich darauf ankam, darzuthun, dass diese Uebereinstimmung bei der von ihm beobachteten, für allgemein und für eine Erscheinung von höchster Wichtigkeit erachteten Schaumstruktur möglich sei, hat Berthold die bestimmtesten Rückschlüsse auf den Charakter des Protoplasmas gezogen, das nach ihm „in seiner Gesammtheit als Emulsion aufzufassen ist.“[3]) Die Bewegungen des Protoplasmas sind demnach Emulsionsbewegungen.

Der Schwerpunkt der Frage liegt zunächst offenbar darin, zu ermitteln, ob äussere oder ob innere Kräfte die Triebfedern der Bewegung sind. Sind es äussere, ausschliesslich äussere, dann muss auch jetzt schon eine volle Erklärung möglich sein; sind es innere, auf welche die natürlich nie unwirksamen äusseren Kräfte auch als Componenten einwirken müssen, so wird erst ein weiterer Einblick in das Leben des Protoplasmas, das in vieler Beziehung noch so geheimnissvoll für uns ist, die Erkenntniss bringen können.

Wenn ich hier innere und äussere Kräfte einander gegenüberstelle, so möchte ich dies nicht thun ohne dabei zu erklären, dass damit nur räumliche Gegensätze auseinander gehalten werden sollen, nicht etwa qualitative; es geschieht also immer mit dem Bewusstsein, dass im Innern wie aussen dieselben Kräfte wirken, die alles was geschieht beherrschen. Die Unterscheidung läuft also im Grunde darauf hinaus, ob das Protoplasma als eine Masse aufzufassen ist, in welcher chemisches Gleichgewicht herrscht, oder, da wir auf das bestimmteste wissen, dass dies nicht der Fall, doch nur Umsetzungen

1) Hauptfleisch ist der Vorwurf nicht zu ersparen, dass er dieselben in seinen „Unters. üb. d. Strömung des Protoplasmas“, Prgsh. Jb. XXIV, 1892, nicht gebührend berücksichtigt hat.

2) Ueber mikroskopische Schäume und das Protoplasma.

3) a. a. O. S. 64.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0038-5

vor sich gehen, die keine Massenbewegungen zur Folge haben, oder ob jene Stoffwechselvorgänge im Protoplasma auch zu sichtbaren Massenbewegungen führen.

Das Protoplasma ist ja, so lange es lebendig ist, kein bestimmter Stoff, noch eine Stoffmischung von definirbarer Zusammensetzung, ebensowenig wie das bei einer gährenden Flüssigkeit der Fall ist; es ist eine in Bewegung befindliche Masse, in welcher durch Störung des Gleichgewichts Bewegungserscheinungen, Umsetzungen entfesselt werden, bei denen es zur Produktion neuer Stoffe kommt, mit der natürlich auch Kraftäusserungen, Veränderungen im energetischen Gleichgewicht verknüpft sind und sein müssen.

Ein Vergleich mit einer in Gährung befindlichen Masse gibt uns, glaube ich, die anschaulichste Vorstellung von den im Protoplasma verwirklichten Verhältnissen. Hier wie da Consumtion und Produktion von Stoffen bei geregelter stetiger Zu- und Abfuhr. Hier wie da hemmt oder unterbricht eine mangelhafte oder übermässige Zufuhr von Rohstoffen den Betrieb, hier wie da setzt eine Anhäufung der Betriebsprodukte demselben Schranken, wie von Pfeffer[1]) wiederholt betont worden ist, beides ohne die Betriebsfähigkeit zu vernichten, vorausgesetzt, dass die Störung nicht zu lange dauert. Mit diesen Anschauungen von dem Wesen des Protoplasmas ist allerdings eine rein physikalische Erklärung der Bewegungserscheinungen von vornherein ausgeschlossen.

Wenn wir nun die Bewegungserscheinungen unsrer Objecte von diesem Gesichtspunkte aus näher ins Auge fassen, so finden wir darin eine über allen Zweifel erhabene thatsächliche Bestätigung von der Wirksamkeit mächtiger innerer Kräfte beim Zustandekommen dieser zum Wundabschluss führenden Protoplasmabewegungen.

Legen wir uns das des Näheren zurecht. Wir haben es mit einer zähflüssigen Masse zu thun, ausgebreitet auf einer festen Unterlage. Wäre es eine Masse, in welcher die chemischen Umsetzungen keine Massenbewegungen verursachten, so würde die Gestalt dieser Masse von keinen anderen Kräften bedingt, als den Massenattractionskräften, der Schwerkraft, Cohäsion, Adhäsion.

Die Adhäsion würde bei einer solchen durchschnittenen Valonienblase conservativ auf die vorhandene Gestaltung des Protoplasmas, auf das flache Anliegen desselben an der Cellulosemembran wirken,

---

1) z. B. Beiträge z. Kenntn. d. Oxydationsvorg. Abth. d. kgl. sächs. Ges. d. Wissensch. Bd. XV, 1889, S. 463.



Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0039-3

welche Form auch dieselbe hat. Die Cohäsion würde zu einer Kugel als Gleichgewichtsfigur hindrängen, also das Protoplasma zum Abheben von der Wand und kugeliger Abrundung streben lassen. Die Schwerkraft endlich würde die alleinige Wirkung der Adhäsion in der Weise zu beeinflussen suchen, dass eine Ansammlung in dem der Erde zugewandten Theile des Blasenstückes zu Stande käme, die alleinige Wirkung der Cohäsion würde insofern beeinflusst werden, als bei einer festen Unterlage eine Abplattung der zur Kugelgestalt strebenden Masse eintreten würde.

Wenn nun die genannten Massenkräfte alle drei im Verein auf das Plasma einer verletzten Siphonacee, z. B. einer durchschnittenen Valonienblase, wirken, zu welcher Gleichgewichtsfigur wird das Plasma derselben streben und welche dem entsprechenden Bewegungen wird es ausführen? Dabei wollen wir ein abgeschnittenes Valonienstück im Auge behalten, welches eine flach gewölbte, nach oben offene Kappe bildet. Es würde das Plasma, wie andere Körper derselben Consistenz, an den geneigten Wänden herabfliessen, an der tiefsten Stelle sich ansammeln und dort die Form eines unten der Unterlage anliegenden, also dessen Form besitzenden, oben abgeplatteten Tropfens annehmen.

Die Beobachtungen haben uns ein ganz anderes Verhalten des Protoplasmas in der Wirklichkeit gelehrt und es steht fest, dass der Bewegungsmechanismus ein ganz anderer sein muss, dass das Protoplasma Kräfte entbinden muss, die dasselbe unter Ueberwindung jener theilweise entgegenwirkenden Kräfte zu den beschriebenen der Bildung einer Blase zustrebenden Bewegungen veranlassen und die uns als spontane erscheinen. Das Centrum, nach dem sich das Protoplasma hinbewegt, ist nicht das, nach dem auch das todte hinstreben würde — vorausgesetzt dass keine Coagulation stattfände —, sondern es ist eins, nach dem nur das lebendige Plasma zufliesst. Von der Arbeit des Protoplasmas geht der Impuls zur Bewegung aus, das ist zweifellos.

Welcher Art ist nun diese Bewegung. Ist es eine Zugbewegung durch Attraction verursacht, ist eine Propulsion, eine Druckbewegung mit einer vis a tergo als Triebkraft? Können wir das entscheiden?

Sind es Zugkräfte, dann können dieselben nur an der Grenze von Protoplasma und umgebendem Medium entwickelt werden. Wir hätten dann eine Ausbreitungserscheinung vor uns, deren Uebereinstimmung mit den Protoplasmabewegungen Berthold in so geistvoller Weise erörtert hat.[1])

1) Protoplasmechanik 3. Cap. S. 85 ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0040-4

Voraussetzung für diese sind locale Veränderungen der Oberflächenspannung, die wiederum durch locale Veränderungen im umgebenden Medium oder auch in der bewegten eingeschlossenen Masse bedingt sein können.

Nun treten beim Durchschneiden der Organismen allerdings wesentliche locale Veränderungen im umgebenden Medium ein und zwar nach zweierlei Hinsicht. Erstlich an der Schnittfläche des Protoplasmas selbst, die nun an Seewasser grenzt, zweitens an der Innenseite der Protoplasmaschicht in ihrer ganzen Ausdehnung, weil Zellsaft und Seewasser gegen einander diffundirend sich mischen.

Betreffs dieses Diffusionsstromes können wir zwar schliessen, dass er, so lange die Blase noch nicht wieder geschlossen ist, wahrscheinlich erhalten bleibt, deshalb, weil uns die ausserordentlich rasche Wiederherstellung des osmotischen Druckes zu dem Schlusse berechtigt, dass auch während der Zeit der offenen Verbindung mit dem Meerwasser die Produktion osmotischwirksamer Substanzen, vielleicht sogar in erhöhtem Maasse, fortbesteht. Ueber die Wirkungsweise dieser Veränderung im umgebenden Medium auf etwaige Erregung von Bewegungen fehlt uns jeder Anhaltspunkt. Denn aus den Untersuchungen A. Meyer's[1]) über den Inhalt des Saftraumes der Valonien können wir hierfür nichts folgern, zumal der Umstand noch der Aufklärung bedarf, dass nach der quantitativen Bestimmung der Zellsaft nur etwa zwei Drittel des Salpeterwerthes des Meerwassers betragen würde, was natürlich mechanisch unmöglich ist.

Soll eine Veränderung der Oberflächenspannung eine Protoplasmabewegung, wie sie beobachtet wurde, hervorbringen, also ein Zuströmen nach der Wundgrenze, so müsste die Oberflächenspannung an dieser Grenze, so lange die Bewegung dauert, eine geringere sein wie die der Umgebung.

In einer localen Differenz des umgebenden Mediums, welches bald als ziemlich gleichartige Mischung von Seewasser und Blasensaft das Protoplasma in seiner ganzen Ausdehnung umgeben wird, kann die Ursache der Bewegung also nicht gesucht werden. Man ist somit zu der Annahme gezwungen, dass das Plasma selbst gerade an diesem Wundrande sich eine Zone veränderter Oberflächenspannung schafft.

Die Möglichkeit, dass dies so sei, ist nicht von der Hand zu weisen, aber für die Wahrscheinlichkeit wüsste ich keinen Grund anzuführen.

---

1) Ber. d. d. bot. Gesellsch. 1891 S. 79.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0041-0

Ausserdem bleibt noch ein gewichtiges Bedenken — das Kraftmaass. Genügen die unter den obwaltenden Verhältnissen entwickelbaren Kräfte, um eine solche Bewegung hervorzubringen? Es ist wohl zu berücksichtigen, dass die Consistenz immerhin eine vom umgebenden Medium erheblich verschiedene ist und dass ausserdem noch das Contractionsbestreben zur sphärischen Masse wie die allerdings bei dem geringen Unterschied des specifischen Gewichts der in Betracht kommenden Substanzen keine grossen Widerstände leistende Schwerkraft zu überwinden sind.

Ferner ist zu berücksichtigen, dass die Bewegung der Masse nicht auf einer Unterlage erfolgt, in welcher Beziehung sie den Bewegungen der Pseudopodien an die Seite zu stellen ist,[1]) für die auch Berthold die Möglichkeit der Mitwirkung einer vis a tergo nicht in Abrede stellt. Es bleibt also einerseits noch dieses Abheben von der Zellwand und anderseits noch die weitere Richtung der Bewegung, die Form der bewegten Masse zu erklären. Dass ein freies Erheben des dem Wundrande zuströmenden Plasmas in die Flüssigkeit hinweg von der festen Cellulosehaut erfolgt, dafür könnte der Reibungswiderstand wenigstens mit ein Factor sein. Aber dass nun gerade selbst unter Faltenbildung in der sich vorschiebenden Fläche eine Ueberwölbung zu Stande kommt, dafür haben wir bisher nicht den Schatten einer mechanischen Erklärung.

Es ist ja immer sehr bequem, das Streben zur weiteren mechanischen Erklärung zu umgehen, dadurch, dass man die Erscheinungen ins Mystische zieht, der vielfach noch dunklen und geheimnissvollen Thätigkeit des Protoplasmas zuschreibt, und erinnert an eine Zeit, in der man, mehr geneigt zu schwärmen und zu speculiren, als zu arbeiten, zu experimentiren, einer räthselhaften Dynamification — wenn ich so sagen darf —, der Lebenskraft alles in die Schuhe schob, was man nicht mühelos erklären konnte.

Aber man ist in vielen Fällen auch noch, und gerade bei reiflicher Ueberlegung, dazu gezwungen, in noch unerforschter Thätigkeit des Protoplasmas die Ursache von Vorgängen zu suchen, wie dies z. B. von Schwendener für die Wasserleitung in der Pflanze so schlagend auseinandergesetzt worden ist.[2]) Wie ist's hier?

Müssen wir uns auch heute noch zu dem Ausspruche Hofmeisters[3]) bekennen: „Jeder Versuch, eine Vorstellung über die

1) Berthold, a. a. O. S. 103 f.
2) Zur Kritik der neuesten Untersuchungen über Saftsteigen.
3) Lehre v. d. Pflanzenzelle S. 59 f.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0042-6

Mechanik der Bewegungserscheinungen des Portoplasma zu gewinnen, setzt nothwendig die Annahme einer Organisation des Portoplasma voraus: eines eigenartigen Baues derselben, welcher von dem Aggregationszustande breiartiger oder flüssiger anorganischer Körper wesentlich abweicht. Sei diese Annahme ausdrücklich ausgesprochen oder stillschweigend vorbehalten — sie ist unerlässlich." Ein Ausspruch, zu dem sich mit mehr oder weniger Bewusstsein, in bald mehr naiver, bald durch Reflexion gewonnener Ueberzeugung die meisten Botaniker bekannt haben.

Oder sind die Thatsachen so zwingend, dass wir mit Berthold vom Emulsionscharakter des Protoplasmas überzeugt sein dürfen?

Wägen wir die gewonnenen Erfahrungen gegen einander ab, so ist offenbar die Annahme eines eigenartigen Baues des Protoplasmas keine zwingende mehr, weil wir wissen, dass Bewegungen ähnlicher Art auch von anderen Stoffgemischen ausgeführt werden, von denen wir wissen, dass sie keinen solchen besonderen Bau besitzen. Aber die Existenz eines solchen Baues ist damit noch nicht widerlegt, ebensowenig wie der Emulsionscharakter damit bewiesen ist.

Ein sehr wichtiger Punkt, in welchem diese Anschauung noch die Probe zu bestehen hat, ist der: ob wir unter ihrer Voraussetzung bei der Erklärung nicht mit den Thatsachen in Widerspruch gerathen, welche über die Grösse der Kräfte, die unter den in Frage kommenden Verhältnissen entwickelt werden, zu gewinnen eine Aufgabe der Zukunft ist. Es ist nicht erwiesen, dass diese so gross sind, wie sie bei der Intensität der Bewegung sein müssen. Wer nüchtern erwägt, für den ist dies eine ungelöste Frage, bis darüber Untersuchungen vorliegen.[1])

Ferner ist noch Folgendes zu überlegen. Bewegungen können Resultanten aus sehr vielen verschiedenen Componenten sein und das ist für viele Protoplasmabewegungen sogar das Wahrscheinlichste.

Es kann also so liegen: Bewegungen durch locale Veränderungen der Oberflächenspannung können im Spiele sein, müssen im Spiele sein, wenn hinreichend grösse lokale Veränderungen der Oberflächenspannung eintreten, wie sie im Plasma ganz wahrscheinlich sind; sie können in vielen Fällen allein die Ursache von Bewegungen, in anderen nur Componenten sein, und neben diesen können auch noch andere bewegende Kräfte thätig sein, die mächtiger oder weniger

1) Vgl. Pfeffer, Z. Kenntn. d. Plasmahaut u. d. Vakuolen. Abh. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. Bd. XVI, 1890, S. 277 u. Studien z. Energetik d. Pfl. Ebenda Bd. XVIII, S. 257.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0043-2

mächtig, ebenfalls Componenten repräsentiren. Je nachdem das eine oder das andere der Fall, wird die Richtung jener Ausbreitungsbewegungen oder der der anderen Kräfte hervor- oder zurücktreten.

Wie die Hervorstülpung stumpfer Massen, für die auch Berthold die Wirkung einer vis a tergo zugibt, so sind auch andere Bewegungen nicht als Emulsionsbewegungen erklärbar. Ein schlagendes Beispiel haben wir dafür in den Bewegungen, welche das Plasma der Siphonaceen bei Regenerationserscheinungen nach Verletzungen ausführt.

Das Plasma ist in seinen Bewegungsmitteln also nicht nur auf solche passiver Art beschränkt, es kann auch unmittelbar in seinem Innern vorhandene Spannkräfte in lebendige Kraft umsetzen, wenn ein entsprechender Anstoss, ein Reiz, der natürlich ebensogut von innen wie von aussen kommen kann, erfolgt.

---

## Figurenerklärung.

### Tafel V. Derbesia.

Fig. 1. Heilung eines durch seitlichen Druck mit einer Nadel verletzten Symplasten. a) $^1/_2$—1 Minute. b) 3 Minuten nach der Operation, das Plasma ist in lebhaftem Zuströmen begriffen. c) $^1/_2$ Stunde nachher. Zu- und Abströme. Wirbel. Die Chlorophyllkörper beginnen sich wieder zu normaler Lage und Vertheilung zu ordnen.

Fig. 2. Durch Druck mit einer flachgehaltenen Nadel innerhalb der Cellulosehülle getheilter Symplast. a) Unmittelbar nach dem Eingriff. Das Plasma in Contraction begriffen. b) Stadium nach 2—3 Minuten. Die contrahirten Enden schieben sich unter Abrundung wieder vor, am Scheitel eine Chlorophyllkörperconcretion, auf welche das Plasma noch lebhaft zuströmt. c) Stad. nach 5 Minuten. Berührung der sich immer weiter ausdehnenden und sich gegeneinander abplattenden später verschmelzenden Theile.

Fig. 3. Durch einen Scheerenschnitt getheilter Schlauch. a) Etwa 2 Minuten nach dem Durchschneiden. Lebhaftes allseitiges Zuströmen von Protoplasma unter stetiger Verengerung des Wundrings. b) Nach 5 Minuten etwa. Die Ueberwölbung ist vollständig, die Wunde des Symplasten geschlossen. Am Scheitel ein Chlorophyllklumpen. Es macht sich bereits Expansion geltend, die regenerirten Enden werden vorgeschoben. c) Nach etwa $^1/_4$ Stunde. Lebhaftes Abströmen von den noch weiter vorgeschobenen Scheiteln. Die Chlorophyllkörper sind vom Scheitel abgeführt.

Fig. 4. Regenerirtes Ende, welches eine neue Membran gebildet hat, plasmolysirt, 1 Tag nach dem Durchschneiden. Das Plasma ist am Scheitel in noch sehr inniger Verbindung mit der Membran.

Fig. 5. Unregelmässige im Wiederauswachsen begriffene Portion eines im Innern des Celluloseschlauches zerfallenen Symplasten.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0044-8

Fig. 6. Geschichtete Cellulosekappe, durch stetig schrittweises Zurückweichen des Plasmaschlauchs entstanden, an einer Stelle eine kleine Plasmaportion zwischen den Schichten eingeschlossen.

Fig. 7. Chlorophyllkörper in einem Plasmastrom. Von der Seite biegen aus den benachbarten ruhenden Partien Chloroplasten ein, wobei diese selbst Krümmungen erfahren.

Fig. 8. Zwei Stadien einer durch Auspressen eines Derbesienschlauches entstandenen Plasmaportionen. 1 und 3 Tage alte Stadien.

## Tafel VI. Valonia.

Fig. 1. 2/1. Zerfall des Protoplasmas einer Blase in mehrere im Innern eingeschlossene Tochterblasen.

Fig. 2. Nat. Gr. Verästeltes Exemplar. b) Abgetrennter Zweig.

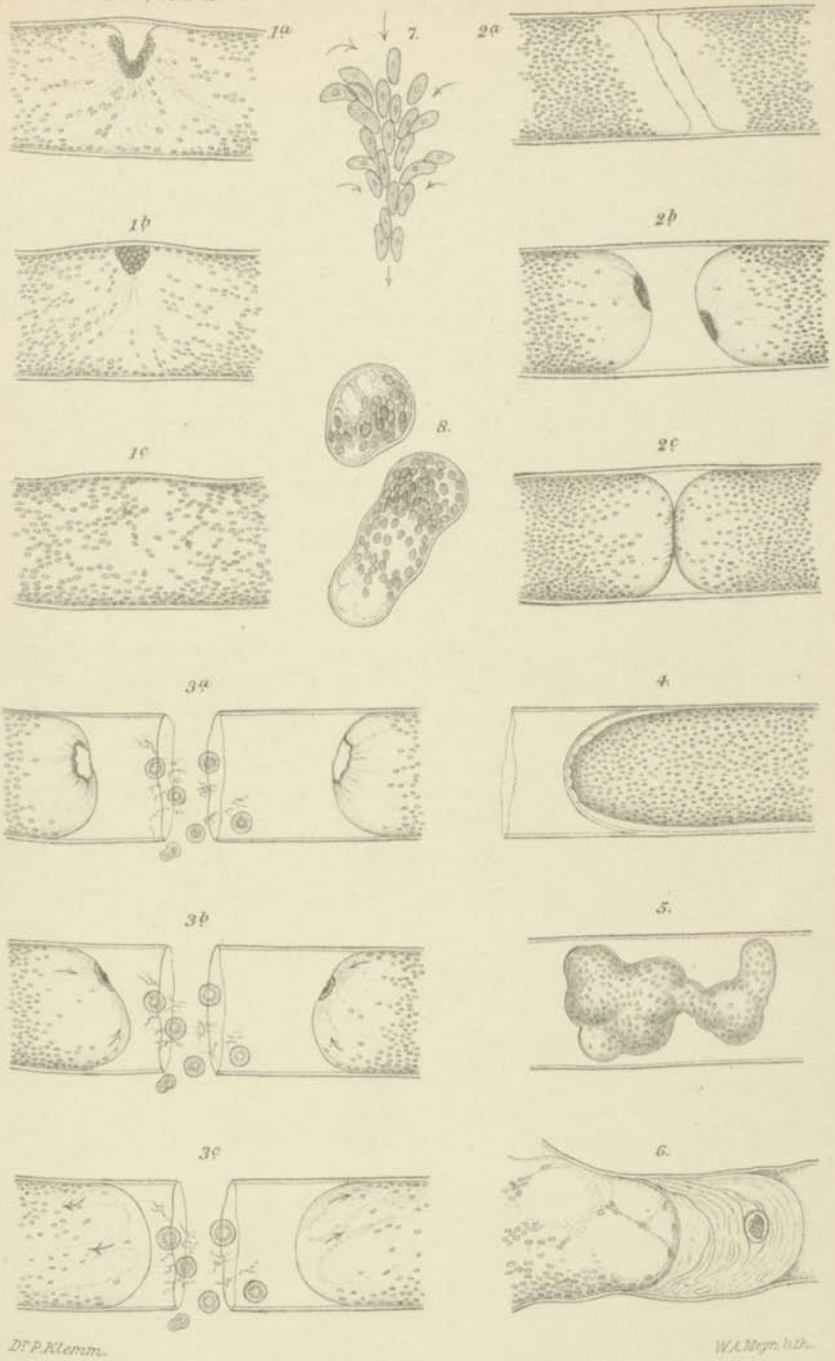
Fig. 3. 30/1. Theil des Protoplasmas nach Anstechen einer Blase, in muldenartigen Vertiefungen von der Zellwand losgelöst.

Fig. 4, 5, 6. 5/1. Stücke zerschnittener Valonia-Pflänzchen in verschiedenen Stadien des Wundverschlusses. 4 etwa eine Stunde, 5 dreiviertel, 6 anderthalb Stunden nach der Verwundung.

Fig. 7. 10/1. Abgeschnittene Kappe a) etwa 1 Stunde nach dem Zerschneiden; das Regenrationsprodukt hat die Form eines zugebundenen Sackes; b) 16 Stunden nach dem Zerschneiden.

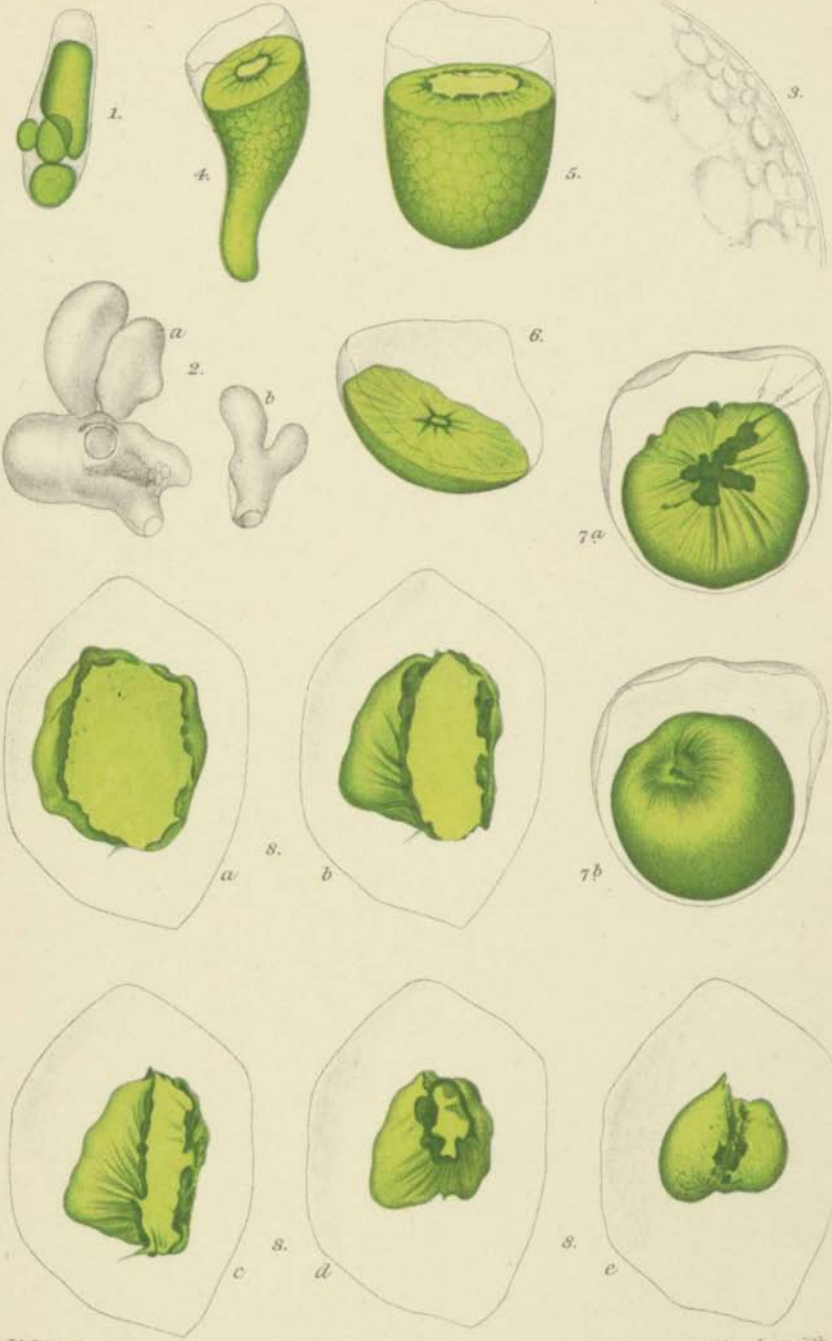
Fig. 8. 12/1. Verschiedene Entwicklungsstadien der Heilung eines sehr flachen aus einer grossen Blase herausgeschnittenen Stückes. a) Erheben der anfangs contrahirten Wundränder der Plasmafläche (20 Min. nach d. Zerschn.). b) c) d) Weiter fortschreitendes Zusammenneigen der Ränder (nach etwa 30, 55, 70 Minuten). e) Regenerirte und wieder turgescente Blase (nach etwa $2\frac{1}{2}$ Stunden). Die Umrisse bleiben dieselben, am Tage nach dem Zerschneiden war auch die Membran wieder regenerirt.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0045-3




Dr. P. Klemm. W. A. Meyn. lith.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0521-7




Dr. P. Klemm. W.A. Mgr. Bromwith.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0523-8

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: 78

Autor(en)/Author(s): Klemm Paul

Artikel/Article: Ueber die Regenerationsvorgänge bei den Siphonaceen. Ein Beitrag zur Erkenntniss der Mechanik der Protoplasmabewegungen. 19-41