# Ueber die Aufnahme lebender und todter verdaulicher Körper in die Plasmodien der Myxomyceten.

Von

**Dr. Ladislav Čelakovský junior in Prag.**

## Einleitung.

„Gegenüber denjenigen Zellen, die im Allgemeinen nur diosmirende Körper in sich aufnehmen, bieten die Plasmodien und sich ähnlich verhaltende Protoplasmakörper eine für die wissenschaftliche Untersuchungsmethode ungemein bedeutungsvolle Eigenschaft. Denn mit der Einführung der verschiedenartigsten Körper ist es möglich auch Stoffe zu incorporiren, die geeignet sind, für sich oder im Vereine mit anderen Reagentien Aufschluss über die Zustände und Vorgänge im Protoplasma oder in den Vacuolen zu geben."

Mit diesen Worten macht Pfeffer in seiner neueren grossen Arbeit[1]) auf die von ihm daselbst so erfolgreich benutzte Methode der Aufnahme aufmerksam und empfiehlt dieselbe zur Beachtung in weiteren Kreisen. Welch' mannigfaltiger Anwendung die genannte Methode fähig ist, erhellt weiterhin aus den allgemeinen Betrachtungen, die Pfeffer folgen lässt:

„In dem angedeuteten Sinne können natürlich auch lebendige Organismen verwendet werden und das Verhalten dieser und ihrer Functionen unter normalen und künstlichen Bedingungen bietet in verschiedener Weise physiologische Reagentien, zu denen auch ein Erlöschen des Lebens in gegebenen Fällen zählt."

„Todte Körper können ebensowohl in das Protoplasma, als in die Vacuolen eingebettet werden, und ersteres ist ebenfalls für lösliche

1) Zur Kenntniss der Plasmahaut und der Vacuolen etc. Leipzig 1890 p. 211 und 212 (Abhandlungen der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften Bd. XVI. Nr. II).

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0186-2

Stoffe möglich, sofern diese in gesättigter Lösung geboten waren. Uebrigens ist eine Lösungserscheinung an sich eine unter Umständen sehr werthvolle Reaction, die dann, wenn sie erst unter bestimmten Bedingungen und Combinationen eintritt, noch weitere Schlüsse gestatten kann. In dieser zuletzt angedeuteten Weise sind solche Erfahrungen vielfach verschiedenen Zwecken dienstbar zu machen und ein eingeführter Körper kann wiederum als Reagens für einen anderen ausgenutzt werden. In einfachster Form geschah dieses in der Benutzung des Congoroths für den Nachweis, dass gelöste Citronensäure die Plasmodien durchwandert. Nahe liegt es ferner, Stoffe einzuführen, die, indem sie speichernd wirken, diosmotische Einwanderung anderer Körper erkennen lassen."

„Die Mittel aber, lösliche und nicht diosmirende Körper in das Plasmodium zu spediren, sind natürlich mit dem immer nur für bestimmte Fälle verwendbaren Vitellin[1]) (oder einem anderen Proteinstoff) nicht erschöpft. Es gelingt z. B. auch, sehr kleine mit einer Niederschlagsmembran aus gerbsaurem Leim umhüllte Bläschen mit ihrem flüssigen Inhalt zur Aufnahme in Plasmodien zu bringen, und anscheinend können sehr kleine Splitter engster Glascapillaren ebenfalls mit sammt dem capillar eingesogenen Inhalt zur Aufnahme gebracht werden."

Am Schlusse seiner Betrachtungen sagt Pfeffer, dass es nicht immer nur chemischer Reactionen bedarf, sondern dass z. B. auch mechanische Einwirkungen auf die eingeführten Körper für bestimmte Zwecke ausgebeutet werden können. Pfeffer verweist in dieser Beziehung auf seine Abhandlung, wo Deformationen von Oeltropfen für den Beweis der Existenz von Cohäsionsdifferenzen im Plasmodium ausgenutzt wurden.

Mir wurde nun die dankbare Aufgabe zu Theil, die Methode der Aufnahme nach einigen der oben vorgezeichneten Richtungen wissenschaftlich auszubeuten. Es handelte sich hierbei ausschliesslich um Versuche mit Plasmodien der Myxomyceten[2]) und zwar vorwiegend mit denjenigen von *Chondrioderma difforme Rostaf.*, in deren Inneres verschiedene feste Körper eingeführt wurden. Nach dem Materiale, das zur Aufnahme gelangte, zerfällt die vorliegende Arbeit in zwei

1) Pfeffer hat mikroskopische Kryställchen von Vitellin mit Anilinfarben (Anilinblau, Methylenblau und Congoroth) tingirt und erstere sammt dem gespeicherten Farbstoff von den Plasmodien aufnehmen lassen (l. c. p. 207, 209, 210).

2) Diese boten ihrer Dimensionen und anderer Vorzüge halber das günstigste Object für die nachstehenden Versuche.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0187-8

Theile. Der erste von beiden enthält Beobachtungen über das Verhalten lebender Körper im Protoplasma und in Vacuolen der Plasmodien nebst den betreffenden Schlussfolgerungen; der zweite behandelt in ausführlicher Weise die Stärke- und Eiweiss-Verdauung im Innern derselben Versuchsobjecte.

Was den ersten Theil der Arbeit betrifft, so habe ich verschiedene Körper im lebenden Zustande, darunter auch solche mit auffälligen Lebensäusserungen, den Plasmodien zur Aufnahme geboten und beobachtet, wie sich die betreffenden Ingesta und deren Functionen im Vergleich mit denjenigen der frei lebenden Organismen verhalten. Unter anderem war beispielsweise zu ermitteln, inwieweit Protoplasmabewegungen, Wachsthum, Theilung der eingeführten Körper ungeschwächt fortdauern oder gehemmt werden, inwieweit ein oder das andere Mal vielleicht sämmtliche Functionen am Ende sistirt werden und die Lebensfähigkeit der Ingesta aufhört. Umgekehrt waren aber auch die Wirkungen der lebenden Körper auf das Plasmodium zu berücksichtigen und es mag vorläufig erwähnt werden, dass zu solchen Beobachtungen bloss einige von den beweglichen Formen Anlass gegeben haben (mechanische Wirkungen). Da es ferner möglich schien, verschiedene Entwickelungszustände der Myxomyceten (Schwärmer, Myxamöben, Theilstücke von Plasmodien etc.) einem Plasmodium gleicher oder ungleicher Art einzuimpfen, so lag es nahe, zu untersuchen, inwieweit erstere nach ihrer Aufnahme mit dem letzteren Verschmelzungen eingehen könnten (Verschmelzungsversuche).

Was den zweiten Theil meiner Arbeit betrifft, so sollte mit Hilfe der Methode der Aufnahme die Frage beantwortet werden, inwieweit den Plasmodien die Fähigkeit zukommt, feste, verdauliche Körper, denen sie in der Natur begegnen, wie Stärke, coagulirte Proteïnstoffe, Cellulose u. dgl., aus eigenen Mitteln in Lösung zu überführen und für sich nutzbar zu machen.

Thatsächlich wird coagulirtes Eiweiss und Amylon, letzteres nur dann häufig, wenn es hinreichend aufgequollen ist, nach Verlauf einer bestimmten Zeit auch bei völliger Abwesenheit von Bacterien[1]) in den Plasmodien aufgelöst.

Die directe Beobachtung dieser Vorgänge in lebenden Plasmodien (auch von *Aethalium septicum*) ergab nun eine Anzahl interessanter

1) Es können jedoch Bacterien bei Anwendung unreiner Plasmodien, wie später ausführlich berichtet werden soll, mit den zur Aufnahme gebotenen Eiweiss- oder Stärkekörnern in das Innere der Plasmodien gelangen und daselbst unter Umständen lebend sich erhalten.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0188-4

Details, die im Verein mit der Krukenberg[1]) seiner Zeit gelungenen Isolirung eines peptonisirenden Enzyms aus *Aethalium septicum* es wahrscheinlich machten, dass überhaupt specifische Enzyme die fraglichen Wirkungen ausüben. So war in erster Reihe beachtenswerth, dass die scheinbar im Protoplasma eingeleitete Auflösung von Stärkekleister und coagulirtem Eiweiss später durchwegs im Innern von Vacuolen vor sich geht. Diese Thatsache lässt sich ungezwungen damit erklären, dass bestimmte, dem Krukenberg'schen Enzym ähnliche Substanzen vom Protoplasma ausgeschieden und in Vacuolen übergeführt werden, umsomehr als solche Secretionen von Enzymen zum Zwecke der Verdauung sowohl im Thierreiche als auch im Pflanzenreiche eine sehr allgemeine Erscheinung sind. Für eine enzymatische Wirkung spricht weiter die Art der Auflösung von Eiweisspartikeln, sowie auch das Auftreten von Corrosionen an festen nicht aufgequollenen Stärkekörnern. Denn genau dieselben Metamorphosen können durch künstliche Enzymlösung (Pepsin, Diastase) hervorgerufen werden. So bringt auch das *Aethalium*-Pepsin nach Krukenberg zuerst die Kanten und Ecken an Würfeln von coagulirtem Eiweiss zum Verschwinden, ganz in derselben Weise, wie es in den Plasmodien (auch von *Aethalium septicum*) mit den eingeführten Eiweisspartikeln zu geschehen pflegt. Demnach musste angenommen werden, dass die in Rede stehenden Vorgänge an die Existenz und Thätigkeit von Enzymen geknüpft sind.

In der Erwägung, dass die Reaction (ob sauer, neutral oder alkalisch) für die Leistungsfähigkeit der Enzyme von principieller Bedeutung ist, indem z. B. Pepsin bloss in sauerer, Trypsin dagegen am besten in alkalischer Lösung verdauend wirkt; in der Erwägung ferner, dass die natürlichen Enzymlösungen wie Magensaft u. dgl. von Haus aus oder, wenn Verdauung in Aussicht steht, die der besonderen Natur des Enzyms entsprechende, zweckmässige Reaction besitzen, versuchte ich zu ermitteln, inwieweit vielleicht auch die im Plasmodium thätigen Enzyme an die Gegenwart und Mitwirkung von saueren oder alkalischen Substanzen angewiesen sind. Besonders schien es wichtig, zu erforschen, ob und inwieweit Verdauung von coagulirtem Eiweiss in Plasmodien (auch von *Aethalium septicum*) bei sauerer Reaction stattfindet, da das extrahirte peptische Enzym Krukenberg's nach demselben Autor bloss in sauerer Lösung coagulirtes Eiweiss zu verdauen vermag.

1) Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten u. s. w. Untersuchungen aus dem physiologischen Institut der Universität Heidelberg Bd. II, 1878, p. 273.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0189-2

Die nähere Aufgabe bestand nun darin, lösliche nicht diosmirende Farbstoffe und zugleich Reagentien für sauere oder alkalische Reaction in Verdauungsvacuolen einzuführen, was in einem Falle dadurch erreicht wurde, dass die zu verdauenden mit Congoroth oder Tropäolin 000 gefärbten Körper (coagulirtes Eisweiss, gequollene Stärke) zur Aufnahme gelangten und durch ihre Auflösung die Entstehung farbiger Vacuolen veranlassten.[1])

Die Beobachtung ergab nun merkwürdiger Weise, dass bei den untersuchten Plasmodien (von *Chondrioderma difforme, Didymium microcarpum* und *Aethalium septicum*) nicht alle Verdauungsvacuolen in einem und demselben Plasmodium die gleiche Reaction besassen, sondern je nach Species und Individuum im wechselnden Verhältniss sauer und neutral reagirten. Das gilt ebenso für Eiweiss- wie für Stärke-Verdauung. Da jedoch genannte Vorgänge bei aller Verschiedenheit der Reaction innerhalb der Vacuolen im Ganzen gleich energisch sich abspielten, so war daraus offenbar ersichtlich, dass die in Vacuolen normal auftretenden saueren Stoffe nicht nur für das Zustandekommen der Auflösung entbehrlich sind, sondern vielmehr in keiner oder doch untergeordneter Weise Verdauung fördernd oder hemmend beeinflussen können. Hingegen blieb es natürlich fraglich, ob nicht vielleicht die in Vacuolen gelangenden saueren Stoffe in anderer Hinsicht für die Plasmodien nützlich werden könnten, indem z. B. bei ihrer Gegenwart bessere Nährstoffe entstehen würden.

Auch musste die Frage auftauchen, inwieweit vielleicht durch künstliche Steigerung der saueren Reaction in den Vacuolen einerseits und durch Alkalisirung der letzteren anderseits, die Verdauung beschleunigt resp. herabgesetzt werden könnte. Zu diesem Zwecke liess ich verschiedene sauer oder alkalisch reagirende Substanzen aus verdünnten Lösungen in die Vacuolen, wo Eiweiss oder Stärke bereits in Verdauung begriffen war, auf osmotischem Wege eintreten, um durch directe Beobachtung und bei gleichzeitiger Controle an dauernd im Wasser liegenden Plasmodien die beiderseits erzielten Erfolge zu registriren. Betreffs der letzteren und der daraus sich ergebenden Resultate muss auf die Arbeit selbst hingewiesen werden.

Es bleibt nur noch zu erwähnen, dass ich mit Hilfe der Methode der osmotischen Aufnahme es auch unternahm, zu prüfen, inwieweit vielleicht verschiedene Enzyme aus ihren Lösungen in das Innere

---

1) Aehnlich gelangte auch Lakmusfarbstoff, aber nicht imbibirt, sondern den Eiweisspartikeln eingebettet, an die Orte der Verdauung.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0190-5

der Vacuolen vordringend, daselbst Verdauung von coagulirtem Eiweiss oder Stärke beschleunigen. Auch bezüglich dieser Untersuchungen wird später an Ort und Stelle berichtet.

## Plasmodien, ihre Cultur und Behandlung.

Zu meinen Versuchen benützte ich grösstentheils Plasmodien von *Chondrioderma difforme Rostaf.* Oefters wurden auch Plasmodien von *Didymium microcarpum Rostaf.* zum Vergleich herangezogen. Die beiden genannten Arten, besonders das von verschiedenen Forschern angewandte *Chondrioderma,* lassen sich zu jeder Jahreszeit leicht cultiviren.

Das gewöhnlich für *Chondrioderma*-Culturen benutzte Nährsubstrat sind Stengel von *Vicia faba,* die man am besten trocken vorräthig hält. Ich habe mich auch meist dieses Materiales bedient, fand jedoch gelegentlich Theile verschiedener anderer Pflanzen für die Culturen ebenfalls gut geeignet und kann diesbezüglich besonders Blätter und Stengel von *Typha latifolia* empfehlen. Nach dem von Pfeffer angegebenen Verfahren[1]) legt man die verschiedenen Pflanzentheile in mässiger Menge in breite Krystallisirschalen, giesst so viel Wasser darüber, dass der grösste Theil des Nährmateriales untergetaucht ist, bedeckt die Schalen mit passenden Glasplatten und lässt bei Siedehitze sterilisiren.

Nach dem Auskühlen können gleich Sporen ausgesäet werden, und man darf innerhalb sechs Tagen bis zwei Wochen das Erscheinen der Plasmodien erwarten. Sie kriechen dann gewöhnlich von den Pflanzentheilen auf die Glaswände hinüber, wo man sie bloss abzuheben braucht und nach der später anzuführenden Befreiung von anhaftenden Fremdkörpern u. dgl. direct zu Versuchen verwenden kann.

Aehnlich wie *Chondrioderma difforme* kann auch *Didymium microcarpum,* welches übrigens nahe verwandt ist, auf verschiedenen Pflanzentheilen cultivirt werden. Ich habe diese Art öfters zufällig, und zwar gewöhnlich mit *Chondrioderma difforme* zusammen, auf nass liegenden nicht sterilisirten Stengeln von *Vicia faba* angetroffen. Durch wiederholte Aussaat auf sterilisirtes Nährsubtrat erhielt ich reine (*Chondrioderma*-freie) Culturen.

Plasmodien von *Didymium microcarpum Rostaf.* sind denen von *Chondrioderma difforme* sehr ähnlich, unterscheiden sich jedoch von

1) W. Pfeffer, Ueber Aufnahme und Ausgabe ungelöster Körper, 1890, p. 154.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0191-1

diesen durch etwas grössere und weniger dicht beisammen stehende Kalkkörnchen, wonach sie dem geübten Auge sogleich kenntlich werden. Sie erscheinen auf den Seitenwänden der Culturgefässe gewöhnlich in Form von ausgebreiteten, zusammenhängenden Netzen, die eine gelblichweisse Farbe besitzen. Wegen des grösseren Bewegungsvermögens und der kürzeren Lebensdauer eignen sie sich nicht so gut zu verschiedenen Versuchen, wie die Plasmodien von *Chondrioderma difforme*. Ich habe mich auch, wie gesagt, meist der letzteren bedient, und wo andere Plasmodien (z. B. von *Didymium microcarpum*) zur Verwendung kamen, dies überall ausdrücklich erwähnt.

Von den verschiedenen im Frühjahre 1890 bei Leipzig gesammelten Myxomyceten, die ich zu bestimmten, weiter unten mitzutheilenden Zwecken zu cultiviren versuchte, gelang es mir noch *Arcyria punicea Pers.*, *Stemonitis dictyospora Rostaf.* und *Trichia nitens Libert.* zur Fruchtreife zu bringen.

Die Culturmethode war dieselbe wie früher. Stückchen morsches Buchenholz, worauf ich die genannten Arten in der Natur vorfand, legte ich wieder mit Wasser durchtränkt in flache Krystallisirschalen, goss etwas Wasser hinzu, so dass eine ca. $^1/_2$ cm hohe Wasserschicht entstand, und liess sterilisiren. In der gewohnten Weise erfolgte auch die Sporenaussaat.

Von den erstgenannten zwei Arten bekam ich leider nur die Sporangienanlagen auf den nicht untergetauchten Partien der Holzspäne zu sehen, obzwar ich tagtäglich nach den Plasmodien suchte. Offenbar haben letztere im Innern des Holzes vegetirt und krochen erst kurz vor der Fructifaction auf die Oberfläche hervor. Dagegen erblickte ich das milchweisse Plasmodium von *Stemonitis dictyospora Rostaf.* am Boden und an den Seitenwänden der Krystallisirschale, so hoch als das Wasser reichte, schön gleichmässig ausgebreitet. Es bestand aus verhältnissmässig schmalen, ein dichtes Netzwerk bildenden Strängen. Ein Stückchen des Plasmodiums auf ein Objectglas in einen Wassertropfen gelegt, kroch aus dem adhärirenden Schleim heraus, indem es fort nur schmale Stränge trieb, ohne jemals breitere Lappen zu bilden, wie es häufig bei anderen Plasmodien (*Chondrioderma, Didymium, Aethalium* etc.) der Fall ist. Ungewöhnlich war bei diesem Plasmodium die Durchsichtigkeit der Stränge und der geringe Unterschied zwischen äusseren und inneren Plasmaschichten (Hyaloplasma und Polioplasma), der durch gänzlichen Mangel an Kalkkörnchen verursacht wurde. Die Strömungen im Innern der Stränge sind im Vergleich zu denen bei *Chondrioderma* sehr langsam zu nennen, und

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0192-7

es bewegt sich auch das ganze Netzsystem nur langsam vorwärts. Versuche über Aufnahme von Stärkekörnern und Partikelchen coagulirten Eiweisses fielen negativ aus. Die Plasmodien zeichnen sich ferner, ebenso wie der von Lister beschriebene und gezüchtete Plasmod von *Badhamia utricularis Berk.* durch eine sehr lange Lebensdauer aus. Ich konnte dasselbe zehn Tage lang im Wassertropfen am Objectglase verfolgen, während in der Cultur erst zwei Wochen nach dem Erscheinen der Plasmodien die walzenförmigen, gestielten Sporangien mit den charakteristischen Sporen angelegt wurden.

Zur Verwendung kamen schliesslich noch die Plasmodien von *Fuligo varians Somnf. (= Aethalium septicum),* welche ich im Juni desselben Jahres in einer Lohgerberei in Leipzig gesammelt habe. Dieselben durchzogen in Form gelber Adern und Säume die Lohe und mussten natürlich von der letzteren befreit werden. Zu diesem Zwecke wurde die Eigenschaft der Plasmodien, sich dem Wasserstrome entgegen zu bewegen (der sogenannte Rheotropismus), zu ihrem Hervorlocken aus den Rindenpartikeln mit Vortheil benutzt. Um vielleicht dem Wunsche der Leser nachzukommen, lasse ich in dem Vorstehenden eine kurze Anleitung folgen, wie man Plasmodien zu rheotropischen Bewegungen veranlassen kann.

Auf eine schief gestellte Glasplatte legt man ein Blatt feuchten Fliesspapiers (am besten weisses Filtrirpapier) und lässt dasselbe von oben nach unten von reinem Wasser durchströmen. Um eine constante Wasserzufuhr zu erreichen, benutzt man Fliesspapierstreifen oder baumwollene Dochte als Capillar-Heber, deren kürzere Hälfte in ein Wasserreservoir eintaucht, während die längere herabhängend mit dem oberen Rande des Papierbogens in Berührung tritt. Man vertheilt z. B. die oben genannten Rindenstückchen sammt den Plasmodien auf den unteren Rand der Papierfläche und stellt Alles in den feuchten Raum eines grösseren Glassturzes. Nach kurzer Zeit sieht man schon an der dem Strome zugekehrten Seite des Lohhäufchens gelbe Fortsätze hervorkriechen und nach acht bis zwölf Stunden sind schon gewöhnlich mehrere Quadratcentimeter der Papierfläche mit dem schön netzartig ausgebreiteten gelben Plasmodium bedeckt.

Legt man nun kleine Abschnitte des Fliesspapiers sammt den daran haftenden Plasmodienstückchen in den Wassertropfen am Objectglase und stellt das letztere unter eine Glasglocke, um das Austrocknen zu verhüten, so verlassen die Plasmodien bald theilweise ihre Unterlage und wandern auf das Glas hinüber, in welchem Falle man sie nachher nur abzutrennen braucht.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0193-3

Man wird übrigens öfters, besonders dann gezwungen sein, zum Hervorlocken der Plasmodien aus dem adhärirenden Schleim und Schmutz den Rheotropismus zu Hilfe zu nehmen, wenn die Plasmodien aus stark mit Bacterien verunreinigten Culturen hervorgeholt wurden. Gewöhnlich aber genügt es, die an den Wänden der Culturgefässe dahinkriechenden Plasmodien mit einem feuchten Pinsel abzuheben und in flache Uhrschälchen mit wenig destillirtem Wasser zu übertragen. Nach einiger Zeit bewegen sich gewöhnlich die Plasmodien von ihrer ursprünglichen Stelle hinweg, indem sie centripetal nach allen Richtungen hin ihre Aeste aussenden. In der Mitte bleibt dann all' der Schleim und Schmutz zurück, der den Plasmodien anhaftete, und man braucht letzteren bloss abzutrennen und wegzuspülen. Das schon so ziemlich reine Plasmodium trägt man entweder direct auf Objectgläser, oder man ballt es noch einmal zusammen und lässt es in der angeführten Weise noch den letzten Rest des Schmutzes abstreifen. Sind besonders reine Plasmodien erforderlich, so wird man letztere nur aus solchen Culturgefässen hervorholen, in denen nur mässige Bacterienentwickelung und insbesondere keine bedeutende Kahmhautbildung eingetreten ist. Voraussichtlich wird viel Arbeit und Mühe erspart werden, sobald es gelingen wird, absolute Reinculturen von verschiedenen Plasmodien herzustellen.

Zum Schluss sei noch erwähnt, dass die ersten an der Wand der Culturgefässe zum Vorschein gekommenen Plasmodien, da sie verhältnissmässig lange vegetiren, sich besonders zu solchen Versuchen eignen, zu denen eine längere Zeitdauer erforderlich ist. Auch scheinen die bei niedrigeren Temperaturen gehaltenen Plasmodien zu ihrer vollkommenen Entwickelung längere Zeit in Anspruch zu nehmen, wesshalb es sich empfiehlt, während der Pausen, wo nicht beobachtet wird, die Plasmodien in einen kälteren Raum (ca. 12° C.) zu stellen.

## Näheres über die Aufnahme fester ungelöster Körper in Plasmodien.

Wie schon angedeutet wurde, kommen die rein präparirten zu Versuchen bestimmten Plasmodien schliesslich in je einen Wassertropfen am Objectglase, worauf meist die Fütterungen vorgenommen werden.

Zu diesem Zwecke hat man die einzuführenden Körper bloss in die Nähe des Plasmodiums zu bringen. Kleine mikroskopische Körper werden zahlreich dem Wassertropfen beigemischt, während der Ueber-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0194-9

schuss derselben nach erfolgter Aufnahme mit reinem Wasser abgespült wird. Einigermaassen grössere Körper (z. B. *Closterium lunula* oder Abschnitte der Staubfadenhaare von *Tradescantia*) können leicht unter dem Präparirmikroskop in die Nähe der Plasmodien geschoben, eventuell auf die Oberfläche derselben befördert werden. Im Wasser lösliche Partikel müssen dagegen in ihrer concentrirten Lösung dargeboten werden,[1]) vorausgesetzt natürlich, dass diese Lösung weder die Bewegungen noch die Vitalität der Plasmodien hemmt oder schädigt.

Der Act der Aufnahme lässt sich gewöhnlich leicht beobachten und kommt nach der zuerst von de Bary und Cienkowski, später auch von Pfeffer geschilderten Weise zu Stande. Hinsichtlich der Bedingungen der Aufnahme sei besonders auf die neueren Beobachtungen und Ergebnisse Pfeffer's[2]) hingewiesen.

Je nach der Gestalt und Grösse, sowie auch Beschaffenheit der einzuführenden Körper erfolgt die Aufnahme in Plasmodien mehr oder weniger leicht und schnell. Sieht man derweilen von der Gestalt ab, so werden kleine, ca. 5 bis 40 μ breite Körper im Allgemeinen leichter eingeführt, als grössere über 40 μ im Durchmesser betragende Körper. Auch so winzig kleine Körperchen, wie Bacterien u. dgl., werden sehr selten und schwierig in Plasmodien aufgenommen. Wie von der Gestalt der Körper die Aufnahme abhängen kann, ist einleuchtend, und ich führe nur an, dass langgezogene Objecte, z. B. Fadenalgen, verzweigte Mycelien selten vollständig in Plasmodien eingeschlossen werden.

Was den Einfluss der Qualität der einzuführenden Körper auf die Aufnahme derselben betrifft, so hat Pfeffer beobachtet, dass die stark gequollenen Körper nur schwierig oder gar nicht aufgenommen werden.[3]) Uebereinstimmend sah auch ich während der Versuche mit Bacterien, dass Stückchen einer *Zooglöa* nur selten in das Innere der Plasmodien eingeführt wurden. Aehnlich verhielten sich auch gequollene Stärkekörner, die indess noch verhältnissmässig am leichtesten aufgenommen wurden, wenn die Wasserschicht, worin die letzteren und die Plasmodien sich befanden, möglichst dünn war.

In grösseren Plasmodien werden kleine Gegenstände leicht von Strömungen erfasst und in die Hauptadern, wo die Bewegung am schnellsten ist, befördert. Wenn es sich also darum handelt, einen

1) W. Pfeffer, Zur Kenntniss der Plasmahaut und der Vacuolen etc., Leipzig 1890, p. 198.

2) Ueber Aufnahme und Ausgabe ungelöster Körper, 1890, S. 151.

3) W. Pfeffer, l. c. p. 153.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0195-5

bestimmten Gegenstand ununterbrochen zu beobachten, so werden mit Vortheil kleine Plasmodien (auch Theile eines grösseren) verwendet, in denen nur mässige Plasmaströmungen herrschen.

Sollen aber grosse Körper, z. B. Theile der Staubfadenhaare von *Tradescantia* eingeführt werden, so wählt man absichtlich die grösseren Plasmodien. Während aber die kleinen, mikroskopischen Körper (von 3 bis 40 μ Breite) schon durch ihre passiven Bewegungen, die durch Plasmaströmungen des Plasmodiums verursacht werden, als wahre Inhaltskörper der Plasmodien sich documentiren, so muss bei den grösseren oben genannten Gegenständen, die gewöhnlich unbeweglich an Ort und Stelle verharren, ihr vollkommener Einschluss in das Plasmodium erst untrüglich bewiesen werden, umsomehr als die grösseren Körper äusserst leicht wieder ausgegeben, eventuell stellenweise zeitweilig blossgelegt werden.

Waren die Körper genügend durchsichtig, so konnte leicht ihre abgekehrte Seite beobachtet und festgestellt werden, ob dieselbe mit einer Plasmaschicht umhüllt war oder nicht. Im anderen Falle war es nothwendig, besondere Vorkehrungen zu treffen, um den aufgenommenen Körper von beiden Seiten bequem betrachten zu können. Zu diesem Zwecke wurde die Aufnahme in das Plasmodium auf einem grösseren Deckglas in einem kleinen Tropfen Wasser vorgenommen. Das Deckglas konnte nach Belieben umgewendet und auf einen runden Ausschnitt in Pappe gelegt werden. Sollte jedoch mit stärkeren Systemen (Immersionen) beobachtet werden, so musste noch ein zweites Deckglas aufgesetzt werden, welches von zwei schmalen Papierstreifen gestützt wurde, um der Quetschung der Plasmodien vorzubeugen.

In allen Fällen, wo ein Umkehren der Präparate nicht nothwendig war, kamen gewöhnliche Objectträger zur Verwendung. Die darauf im Wassertropfen befindlichen Plasmodien wurden entweder mit einem Deckgläschen bedeckt, besonders wenn bei starken Vergrösserungen beobachtet werden sollte, oder sie blieben unbedeckt. In beiden Fällen kamen die Präparate, während der Zeit, wo nicht beobachtet wurde, auf ein Gestell in den mit Wasserdampf gesättigten Raum eines Glassturzes.

Sollten verschiedene Lösungen während der Beobachtung unter das Deckglas gebracht werden, so wurden dieselben an einer Seite geboten, während an dem gegenüberliegenden Rande mit Hilfe eines Stückes Fliesspapier gesaugt wurde.

Zu vergleichenden Versuchen wandte ich, um individuelle Differenzen zu vermeiden, Theilstücke eines grösseren Plasmodiums an.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0196-1

Eine besondere Erwähnung verdienen auch Versuche mit beweglichen Organismen, von denen seit Pfeffer[1]) bekannt ist, dass dieselben im Allgemeinen schwierig aufgenommen werden. Und zwar gelingt die Aufnahme in diesem Falle erst dann, nachdem die locomotorischen Bewegungen zeitweilig eingestellt oder gehemmt worden waren. Dauernd und kräftig bewegte Formen, wie z. B. Infusorien, gelangen dagegen nicht in das Innere der Plasmodien, sofern sie nämlich bewegungstüchtig bleiben.

Ich versuchte nun wiederholt, die lebenden mit locomotorischen Bewegungen begabten Körper künstlich vorübergehend zum Stillstehen zu bringen, um dieselben aufnahmsfähig zu machen. Doch fand ich keine Reagentien, die einen längeren Starrezustand herbeigeführt hätten. Auch die Methode, die darin besteht, dass man die beweglichen Zellen in künstliche Zellen[2]) oder in kleine Tropfen aus erstarrter Gelatine einschliesst, führte nicht zum gewünschten Ziele, im letzten Falle schon desshalb, weil gequollene Gelatine bekanntlich nicht oder nur schwer zur Aufnahme gelangt. Ueberdiess werden bei den verschiedenen Manipulationen die einzuführenden Zellen gewöhnlich beschädigt oder getödtet.

Desshalb nahm ich mit den wenigen Fällen vorlieb, in denen zufällig aus den oben genannten Gründen bewegliche Organismen in die Plasmodien eingeführt wurden.

## I. Theil.

## Versuche mit lebenden Körpern.

### A. Staubfadenhaare von Tradescantia.

Wie schon am Eingang dieser Arbeit erwähnt wurde, sollten auch die mit lebhaften Protoplasmabewegungen begabten lebenden Körper in die Plasmodien eingeführt werden. Zunächst richtete ich mein Augenmerk auf die zellhautumkleideten Protoplasten, in deren Innerem sich constante Strömungen deutlich wahrnehmen lassen. Anfangs versprachen die Haare einiger Urticeen und Cucurbitaceen ein gutes Versuchsmaterial abzugeben, doch war die Strömung in deren

1) l. c. p. 153.

2) Mikroskopische Zellen Traubes, die aus gerbsaurem Leim bestehen. Man lässt die mit Hilfe einer feinen Brause (Zerstäubungsapparat) hergestellten Tropfen aus flüssigem Leim (Mundleim), in denen einzelne Infusorien u. dgl. suspendirt sind, auf eine Lösung von Gerbsäure fallen und wäscht letztere rasch mit reinem Wasser weg.



Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0197-7

Zellen zu wenig intensiv, um auch durch das Plasmodium hindurch sicher unterschieden zu werden. Geeigneter erwiesen sich dazu die Staubfadenhaare von *Tradescantia discolor,* und noch besser diejenigen von *T. zebrina* und *T. virginica,* die bekanntlich einen gefärbten Zellsaft führen.

Mit Vortheil benutzte ich Blüthen im Knospenzustande wenige Tage vor dem Aufblühen. Während nämlich die aus den bereits geöffneten Blüthen bezogenen Staubfadenhaare rasch (theilweise schon nach 24 Stunden) abstarben, blieben Knospenhaare in reinem Wasser liegend 2 bis 4 Tage lebendig.

Zur Aufnahme gelangten die Staubfadenhaare, nachdem sie früher unter dem Präparirmikroskop auf kürzere Stücke zerschnitten worden waren. Dennoch waren die kleinsten Haarfragmente noch gross genug, um nach Art aller über einige 50 μ an Breite messenden Gegenstände sehr leicht wieder ausgegeben zu werden. Wie schon oben angeführt wurde, können solche Ausgaben von grösseren Körpern öfters rückgängig gemacht werden, wenn sich bald nach dem Einreissen der Plasmodiumhülle die entstandene Lücke wieder schliesst.

Der leichten Ausgabe halber waren auch die erwünschten Fälle, in denen die eingeführten Haarstücke längere Zeit dauernd im Plasmodium eingeschlossen blieben, ziemlich selten. Doch gelang es bei einiger Geduld ein Paar Haarfragmente ungefähr 1 bis 3 Stunden im Inneren des Plasmodiums zu beobachten, ohne dass inzwischen eine Ausgabe stattgefunden hätte. Selbstverständlich musste hierbei fortwährend controllirt werden, ob auch die abgekehrte Seite der Fadenfragmente beständig vom Plasmodium umhüllt blieb, und da die Zellen ziemlich dick waren (besonders bei *Tradescantia virginica*) und ein Durchsehen nicht gestatteten, so mussten die auf Seite 38 angegebenen Vorkehrungen getroffen werden.

Während des 1- bis 3stündigen Aufenthaltes im Plasmodium wurde keine Abnahme der Bewegungsenergie im Innern der *Tradescantia*-Zellen constatirt und auch umgekehrt trat keine Beschleunigung der Strömungen ein, als die Haarfragmente schliesslich freigegeben wurden. Es braucht hierbei wohl nicht erst ausdrücklich betont zu werden, dass eine Verwechselung mit den oben und unten zeitweilig vorübereilenden Plasmodienströmungen vollkommen ausgeschlossen war. Denn bei einer richtigen Tubuseinstellung und bei günstiger Ausbreitung des Plasmodiums konnten die Strömungen innerhalb der tonnenförmigen Zellen, besonders an den im Zellsaft ausgespannten und polwärts zu dickeren Strängen vereinigten Plasmafäden sicher

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0198-3

und deutlich verfolgt werden, umsomehr, da die Haarfragmente ob ihrer Grösse und Schwere nicht im Plasmodium herumgeführt wurden.

Aus den soeben geschilderten Beobachtungen ergeben sich für die Plasmodien ähnliche Schlüsse, welche bereits früher einmal von Pfeffer[1]) für die Protoplasten von *Vaucheria sp.* gemacht wurden. Wie in diesem Falle die fortgesetzten Bewegungen von Räderthierchen im Zellsaft einer *Vaucheria* eine beständige Zufuhr von Sauerstoff und somit einen Ueberschuss dieses Gases im Protoplasma der betreffenden Alge forderten, so brachten auch in unserem Falle die anhaltenden Strömungen in den Zellen der eingeführten Staubfadenhaarfragmente von *Tradescantia* den stricten Beweis dafür, dass mit dem Einschluss der letzteren in das Plasmodium die Sauerstoffzufuhr nicht abgeschnitten wurde, und dass folglich immer mehr Sauerstoff in das Plasmodium eindrang als daselbst zum Athmungsgeschäfte nöthig war. Denn würde aller Sauerstoff, der aus dem umgebenden Wasser eindringt, von dem Plasmodium consumirt, oder würde z. B. die innere Plasmahaut des Plasmodiums, die dem Staubfadenhaarfragmente mehr oder weniger dicht anlag, für Sauerstoff impermeabel sein, so müssten längstens eine halbe Stunde nach der Aufnahme die Strömungen in den Staubfadenhaaren von *Tradescantia* eingestellt werden, wie aus den Versuchen[2]) unmittelbar hervorgeht, in denen atmosphärische Luft in der Umgebung der Haarfragmente durch ein indifferentes Gas (Wasserstoff) verdrängt wurde.

Da aber die Bewegung im Innern der Haarzellen bei längerem Aufenthalt der letzteren im Plasmodium nicht im geringsten abgeschwächt wurde, und da anderseits auch die nach 2 bis 3 Stunden freigegebenen Haarfragmente keine Beschleunigung der Strömungen innerhalb ihrer Zellen wahrnehmen liessen, so mag mindestens so viel Sauerstoff das Plasmodium beständig passirt haben, als für den Unterhalt der ganzen normalen Athmung der *Tradescantia*-Haarzellen nöthig gewesen. Denn nach den Untersuchungen von Clark[3]) werden schon bei ungenügender Sauerstoffzufuhr und infolge der dadurch herabgesetzten normalen Athmung Plasmabewegungen innerhalb der eingeführten *Tradescantia*-Haare eingestellt.

---

1) Pfeffer, Untersuchungen aus dem botan. Institut zu Tübingen Bd. I p. 684. Vgl. auch desselben Autors Beiträge zur Kenntniss der Oxydationsvorgänge etc. 1889 p. 449 und 486.

2) Vgl. Kühne, Untersuchungen über das Protoplasma 1864 p. 105 und 106.

3) James Clark, Berichte der deutschen botan. Gesellschaft 1888 p. 276.



Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0199-1

Soviel steht also fest, dass unter normalen Verhältnissen mehr (vielleicht bedeutend mehr) Sauerstoff im Plasmodium vorhanden ist, als daselbst bei kräftigster Athmung je verbraucht wird; und aus der Permeabilität der inneren Plasmahaut des Plasmodiums für Sauerstoff folgt überdiess mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit, dass auch die im Plasmodium vorkommenden oder künstlich in demselben zu erzielenden Vacuolensäfte ähnlich wie der Zellsaft von *Vaucheria sp.* in den Beobachtungen Pfeffer's stets hinlänglich viel Sauerstoff gelöst enthalten. Dass letzteres für verschiedene Plasmodien wirklich zutrifft, beweisen unsere später noch anzuführenden Versuche, in denen die als physiologische Reagentien zur Verwendung kommenden Organismen mit kräftigen Bewegungen in typische mit Zellsaft erfüllte Vacuolen eingebettet wurden. Man vergleiche die auf Seite 223 mitgetheilten Beobachtungen und die daran geknüpften Folgerungen.

Ich möchte noch erwähnen, dass die Vorstellung Reinke's,[1]) nach welcher schon die äusseren Schichten eines jeden lebensthätigen Protoplasten im Pflanzenreiche allen Sauerstoff in Beschlag nehmen sollen, mit unseren Erfahrungen bei *Tradescantia* unvereinbar ist. In dieser Beziehung reihen sich unsere Beobachtungen eng an die vorhin genannten an *Vaucheria* gemachten Erfahrungen, die bereits früher von Pfeffer[2]) gegen die Anschauungen Reinke's ausgenutzt wurden. Abgesehen von diesen beiden schlagenden Beweisen für die Anwesenheit von Sauerstoff in allen Schichten des Protoplasmas und im Zellsaft, kann es nach den von Pfeffer gelieferten scharfsinnigen Beweisführungen[3]) nicht im Geringsten bezweifelt werden, dass normaler Weise wohl eine jede lebensfähige Pflanzenzelle (auch jede im Zellverbande stehende, functionirende Binnenzelle) sowohl im Plasmaleib, als auch im Zellsafte stets Sauerstoff enthält.

## B. Süsswasseralgen.

Im Nachstehenden sind Versuche mit verschiedenen Algen zusammengestellt. Letztere habe ich theils im Leipziger botanischen Institut in Gläsern mit Algenculturen vorgefunden, theils im Freien gesammelt. Es wurden absichtlich Repräsentanten verschiedener Familien gewählt.

---

1) Botanische Zeitung 1883 p. 95.

2) Unters. a. d. botan. Institut zu Tübingen Bd. I p. 684; ferner: Beiträge zur Kenntniss der Oxydationsvorgänge etc. 1889 p. 449 und 450.

3) Unters. a. d. botan. Institut zu Tübingen Bd. I p. 684, oben; ferner: Beiträge zur Kenntniss der Oxydationsvorgänge etc. 1889 p. 449, unten.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0200-6

1. *Confervoideae.*

Diese Algen, sowie auch die nächstfolgenden Zygnemaceen, mussten, bevor sie zur Aufnahme geboten wurden, unter dem Präparirmikroskop in kleine Stücke zerschnitten werden. Hierbei fielen natürlich die vom Schnitte getroffenen, nicht selten auch die unmittelbar angrenzenden Zellen dem Tode zu Opfer, so dass gewöhnlich sammt den lebendigen auch todte Elemente in das Plasmodium eingeführt wurden. Durch die mit dem Tode eintretenden Zersetzungen, sowie auch infolge der später sich einstellenden Verdauung wurden Vacuolen gebildet, in denen die Fadentheile eingebettet lagen. Dieser Einschluss in Vacuolen war übrigens erwünscht, da hierbei auch die allfällige Wirkung von Verdauungssäften auf die lebenden Zellen bequem studirt werden konnte. Natürlich musste aber auch den anderen in Vacuolen anwesenden Stoffen und deren Einfluss Rechnung getragen werden. Doch wenden wir uns der Beschreibung der Einzelbeobachtungen zu.

Theilstücke von *Oedogonium sp.* wurden reichlich den Plasmodien von *Chondrioderma difforme* zur Aufnahme geboten. Schon nach ungefähr sechs Stunden waren um einige Fadenfragmente deutliche meist spindelförmige Vacuolen erschienen. Später wuchs die Zahl der letzteren und betrug nach 24 Stunden ungefähr an die zwei Drittel aller Ingesta. Bis dahin war die Zahl der todten Zellen anscheinend dieselbe geblieben wie am Anfang des Versuches, und auch an den lebenden Zellen konnten keine auffälligeren Veränderungen bemerkt werden. Bloss die am vorigen Tage in den Chloroplasten noch reichlich vorhandene Stärke war überall verschwunden, ein Verhalten, welches von der ungeschwächten Lebensthätigkeit der betreffenden Zellen ein beredtes Zeugniss ablegt. Das normale Aussehen der lebendigen Zellen blieb auch fernerhin (am dritten Tage) conservirt. Die Beobachtung konnte indess wegen der bereits eintretenden Massenausgabe der Ingesta nicht weiter fortgesetzt werden.

*Conferva bombycina* verhielt sich ähnlich wie vorige Art. Nach einem 20stündigen Aufenthalt im Protoplasma und in Vacuolen wurden keine Veränderungen in dem Aussehen und der inneren Struktur der Zellen beobachtet, ebenfalls nicht nach einem zweitägigen Aufenthalt im Plasmodium. Concentrirte Zuckerlösung verursachte in den zur Ausgabe gelangten Fadenfragmenten sofort Plasmolyse.

Anders verhielt sich eine dünnfädige *Ulothrix* (wohl *U. subtilis Ktz.*), deren Zellen 5—6 μ breit und $1\frac{1}{2}$ Mal so lang waren. Dieselben hatten streng cylindrische Form, enthielten je einen grossen, flachen, wandständigen Chlorophyllkörper und besassen ausserhalb eine

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0201-2

sehr dünne und zarte Cellulosenmembran. Die Fäden zerfielen von selbst leicht in kleinere (auch aus einer Zelle bestehende) oder grössere Stücke, wobei die Querwände in zwei Lamellen gespalten wurden, die sich aber sogleich (mit einem Rucke) vorwölbten. Dasselbe geschah auch nach der Aufnahme in das Plasmodium, wo durch die Gewalt der Strömungen des Oefteren längere *Ulothrix*-Fäden geknickt resp. zerbrochen wurden. Auf solche Weise entstanden nicht selten zickzackartige oder knäuelförmige Conglomerate, bestehend aus lebenden und todten Elementen, da bei der Knickung häufig Zellen beschädigt wurden. Die Gegenwart todter Protoplasten veranlasste jedoch bald Vacuolenbildung, so dass bereits nach 36 Stunden die Mehrzahl der grösseren Fäden in grosse Vacuolen eingeschlossen war.

Nach weiteren zwölf Stunden (48 Stunden seit der Aufnahme) sah man auffälliger Weise die Zahl der todten Elemente innerhalb der grossen Vacuolen vermehrt, während die kleinen nicht gebrochenen oder geknickten Fadenfragmente, gleichviel ob sie im Protoplasma eingebettet lagen oder von eng anliegenden Vacuolen umgeben waren, noch vollkommen am Leben erhalten blieben. Es mag erwähnt werden, dass die zur Controle ebenfalls im Wassertropfen und im Dunkeln gehaltenen Fadenfragmente während derselben Zeit durchwegs lebendig vorgefunden wurden. Daraus ergibt sich deutlich ein tödtender Einfluss des durch Zersetzung und Verdauung todter Plasmatheile gebildeten Vacuolensaftes, wobei es natürlich dahingestellt werden muss, inwieweit vielleicht die verdauenden Agentien oder die in Vacuolen vorhandenen anderweitigen Stoffe die Tödtung der *Ulothrix*-Zellen herbeigeführt haben. Am dritten Tage waren fast nur todte Zellen im Innern der Vacuolen enthalten, während die im Protoplama suspendirten oder im Wasser freiliegenden Fadentheile unversehrt blieben. Die todten Zellen führten jetzt formlose meist bräunlich gefärbte Klumpen, bestehend aus contrahirtem Protoplasma und braun gefärbtem Chlorophyll. Der Farbstoff diffundirte hie und da aus den Zellen und färbte mehr oder weniger intensiv den umgebenden Vacuolensaft. Am vierten Tage schickte sich das Plasmodium bereits nach vorausgegangener Massenausgabe aller seiner Ingesta zur Sporangienbildung an.

### 2. *Zygnemaceae.*

Aus dieser Familie wurden bloss zwei Repräsentanten der Gattung *Spirogyra* zu Versuchen verwendet. Es war *S. communis* und eine der Section *Salmacis Bory* angehörende Art mit einem zarten Chlorophyllbande und kaum 10 μ breiten Zellen (vielleicht *S. tenuissima Hass*).

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0202-8

Versuch 1. Beide Arten in der üblichen Weise präparirt und in Plasmodien eingeführt, erhielten sich 2 bis 3 Tage lang sowohl in Vacuolen als auch im Protoplasma lebendig. Es muss jedoch erwähnt werden, dass die Präparate bei diesem Versuche tagüber nur vom gedämpften, äusserst schwachen Lichte getroffen wurden, und dass die Algen jedenfalls nicht oder nur schwach assimiltirt haben[1]). Das geht übrigens unmittelbar aus den Beobachtungen hervor, in denen stärkehaltige Spirogyren längstens 24 Stunden nach der Aufnahme ihre gesammte Stärke verloren und umgekehrt auch tagüber bei der besagten mangelhaften Beleuchtung keine Stärkeansammlung in ihren Chloroplasten wahrnehmen liessen. Dasselbe betrifft auch die zur Controle in reinem Wasser befindlichen Algentheile. Aus dem Verschwinden der sichtbaren Assimilate lässt sich schliessen, dass keine erheblichen Einwirkungen in dem *Plasmodium* sich geltend gemacht haben, die eine Hemmung der ganzen Vitalität oder eine Sistirung der amylolytischen Function veranlassen könnten.

Versuch 2. Stärkeführende *Spirogyra communis* wurde gleich nach der Aufnahme in's Dunkle gestellt. Am anderen Morgen (ungefähr nach 20 Stunden) konnte bei Durchmusterung der Präparate keine Stärke in den Chromatophoren der Alge entdeckt werden. Das gilt ebenso für die im Protoplasma als auch für die in Vacuolen eingeschlossenen Fadentheile. Auch die nach Zuthat verdünnter Glycerinlösung freigegebenen Zellen liessen durch Jodlösungen keine Spur von Stärke in ihren Chloroplasten erkennen. Da die Auflösung der assimilirten Stärkekörner, so weit bekannt, nur bei Fortdauer der normalen Athmung vor sich geht, so musste, wie das schon Versuche mit *Tradescantia* dargethan haben, jederzeit ein Ueberschuss von Sauerstoff in die Plasmodien gelangen und daselbst vorhanden sein. Zugleich ist aber erwiesen, dass auch in Vacuolen, worin *Spirogyra*-Theile sich befanden, Sauerstoff eindringt und daselbst im Zellsafte absorbirt ist.

Versuch 3. Fünf Tage im Dunkeln gehaltene, vollkommen stärkefreie *Spirogyra communis* wurde, nachdem sie weitere $2^1/_2$ Tage bei Lichtabschluss im *Plasmodium* verweilt hatte und schliesslich zur Ausgabe gelangt war, an's Licht gebracht. Binnen 8 Stunden wurde so viel Stärke assimilirt, dass letztere auch ohne Anwendung von Jod-

1) Die Präparate standen auf einem Tisch in der Mitte des Zimmers, ca. 3 m vom Fenster entfernt. Ausserdem war der aufgesetzte Glassturz inwendig mit feuchtem Fliesspapier ausgeklebt, welches Lichtstrahlen nur spärlich hindurchlassen konnte. Bemerkt sei noch, dass die schwachen phototaktischen Bewegungen der Plasmodien besonders bei Anwendung grosser Wassertropfen nicht störend wirkten.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0203-4

probe deutlich in den Chloroplasten unterschieden werden konnte. Hieraus ergibt sich die hohe Resistenz der *Spirogyra communis* gegen jedwelche Wirkungen in den Plasmodien, umsomehr als die Algen längere Zeit ohne Nahrung geblieben sind.

### 3. *Desmidiaceae.*

*Cosmarium botrytis* mit anderen mikroskopischen Algen zur Aufnahme geboten, wurde mehrmals in einigen Exemplaren von den Plasmodien aufgenommen. Die Zellen lagen anscheinend im Protoplasma eingebettet und blieben auch fortan so, ohne in Vacuolen eingeschlossen zu werden. Die kleinsten von ihnen wurden überall, wo einigermaassen starke Plasmaströmungen herrschten, hin und her geführt. Weder im Laufe des ersten, noch am zweiten oder dritten Tage trat irgend eine Veränderung an den Cosmarien zu Tage: alle waren turgescent und besassen noch ihre ursprüngliche intensiv grüne Farbe. Sowohl das Protoplasma als auch die Chloroplasten haben ihr normales Aussehen bewahrt. Als Zeichen der ungestörten Lebensthätigkeit wurde wiederum die bei der Aufnahme noch vorhandene Stärke am anderen Tage vermisst, und zwar sowohl in den aufgenommenen Cosmarien, als auch in den zur Controle bei denselben Bedingungen (im Dunkeln etc.) in reinem Wasser gehaltenen Algen.

Anhangsweise mag noch der Versuche mit *Closterium lunula* gedacht werden. Ich hatte nur ein sehr spärliches Material zur Disposition, brachte jedoch die wenigen zu Gebote stehenden Zellen unter dem Präparirmikroskop in die unmittelbare Nähe der Plasmodien, um die Aufnahme zu bewirken. Letztere wollte aber häufig offenbar infolge der beträchtlichen Grösse der Closterien nicht gelingen. Dennoch habe ich bei einiger Geduld die Aufnahme einiger Exemplare gesehen und konnte mehrfach den vollkommenen Einschluss derselben exact nachweisen. Dies geschah in der am Eingang dieser Arbeit erwähnten Weise, nämlich unter Anwendung eines Verfahrens, das die häufige Umkehrung der Plasmodien und die Betrachtung derselben von beiden Seiten ermöglichte. Mehr als 3 Stunden lang blieben jedoch die in eng anliegende Vacuolen eingeschlossenen Zellen nicht im Plasmodium. Während dieser Zeit wurde keine Veränderung an den Closterien beobachtet.

### 4. *Hydrodictyeae* und *Protococcaceae.*

Von den ersteren gelangte *Scenedesmus bijugatus Ktz.* und *S. quadricauda Breb.*, von den letzteren *Pleurococcus vulgaris Menegh.*

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0204-0

und *Cystococcus humicola Näg.* zur Aufnahme. Alle genannten Algen blieben während eines 2—4tägigen Aufenthaltes im Plasmodium von *Chondrioderma difforme*, und zwar sowohl im Protoplasma als in Vacuolen, bis auf geringe Ausnahmen lebendig. Doch fallen letztere keineswegs auf die Waage, da auch die Controlpräparate anscheinend ebensoviel todte Individuen aufwiesen. Lebensfähigkeit respective todter Zustand konnte nach erfolgter Ausgabe der betreffenden Algen mit Hilfe verdünnter Farbstofflösungen (ich wandte Congoroth oder Eosin an) leicht nachgewiesen werden. Während todte Protoplasten die erwähnten Farbstoffe reichlich speicherten, blieben lebende Individuen ungefärbt. Auch vermehrten sich die freigegebenen *Scenedesmus*-Zellen, nachdem sie in sterilisirtes Brunnenwasser überführt und an's Licht gebracht worden waren, sehr rasch.

### 5. *Volvocineae.*

Wie schon Pfeffer[1]) constatirte, werden die vegetativen Schwärmzellen von *Chlamydomonas pulvisculus Ehrbg.* in die Plasmodien von *Chondrioderma difforme* nur dann eingeführt, wenn sie zeitweilig ihre Bewegungen einstellen resp. auf ein Minimum einschränken, oder aber wenn sie mit ihren Wimpern an den Plasmodien (wohl an der peripherischen Schleimhülle) haften bleiben. Im günstigsten Falle werden jedoch nach meinen Erfahrungen auf die erwähnte Weise nur wenig Individuen in das Plasmodium eingeführt. Viel leichter gelangen natürlich die unbeweglichen Theilungs- oder Ruhezustände zur Aufnahme, so dass gewöhnlich fast nur aus diesen Stadien die gesammte Zahl der Ingesta bestand.

Was die vegetativen Schwärmzellen betrifft, so erscheinen sie nach Aufnahme im Protoplasma eingebettet, können jedoch zum kleinen Theil schon nach den ersten 12 Stunden in schmale, eng anliegende Vacuolen eingeschlossen werden. In beiden Fällen sah ich die bei weitem grössere Zahl der Schwärmer am anderen Tage noch anscheinend lebendig, wofür besonders die erhaltene Form der Protoplasten und die lebhaft grüne Farbe der Chlorophyllapparate sprachen. Am dritten Tage (früh Morgens) fand ich mehrere Zellen auffallend verändert. Sie waren deformirt, braun gefärbt und meist in relativ grosse Vacuolen eingeschlossen. Es konnte kein Zweifel darüber bestehen, dass in diesem Falle eine Anzahl Schwärmer getödtet wurde und zum Theile bereits in Verdauung begriffen war. Allmählich

1) Ueber Aufnahme und Ausgabe ungelöster Körper. Abhandl. d. königl. sächsischen Gesellsch. d. Wissensch. 1890 p. 153.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0205-6

veränderte sich das Verhältniss immer mehr und mehr zu Gunsten der todten Zellen, so dass am selben Tage Abends (nach 10 Stunden) fast alle Schwärmer im Plasmodium todt vorgefunden wurden. Dagegen blieben die bei gleichen äusseren Bedingungen (im Dunkeln) und im Wasser gehaltenen Controlexemplare durchwegs unverändert.

Hieraus ist zwar ersichtlich, dass für die eingeführten Schwärmer der Einschluss in das Plasmodium schliesslich nachtheilig wird, doch kann im Näheren nicht angegeben werden, ob nicht vielleicht die ungleiche Resistenz bedingt durch individuelle Verschiedenheiten (vielleicht durch ungleiches Alter) der Schwärmer, oder ob nicht gewisse Differenzen im Plasmodium, oder beide Ursachen zugleich, den zeitig verschiedenen Erfolg erzielen.

Mit Rücksicht darauf, dass vielleicht gerade nur solche Schwärmer eingeführt werden, die im Begriffe waren Theilungs- oder Ruhezustände einzugehen, wie es häufig in den Culturen geschah, lässt sich kein sicheres Resultat daraus ableiten, dass nach der Aufnahme irgend welche active Bewegungen der eingeführten Schwärmer nicht mehr beobachtet wurden.

Was die Theilungszustände betrifft, so ergibt sich für dieselben ein ähnliches Resultat wie für die nackten Schwärmer. Doch scheinen die noch von der Zellhaut umgebenen, anfänglich innerhalb derselben beweglichen Tochterzellen viel früher (schon am anderen Tage) getödtet zu werden. Dagegen sind die ruhenden, nicht in Theilung begriffenen Zellen insofern interessant, als dieselben nach 3tägigem Einschluss in Plasmodien lebendig bleiben. Ob die stark entwickelte Zellhaut oder andere in der inneren Organisation liegenden Umstände hieran Schuld gewesen, lässt sich natürlich ohne Weiteres nicht behaupten. Ebensowenig geben uns die Erfahrungen die tödtenden Ursachen in den Plasmodien kund und es ist kaum zu denken, dass immer und überall dieselben Ursachen die Tödtung herbeiführen.

### 6. *Diatomaceae.*

Viel Interesse boten Versuche über Aufnahme von Diatomeen. Die kleinen, sehr beweglichen Formen, über die ich anfangs verfügte, gelangten nur spärlich in das Innere der Plasmodien, während sie getödtet reichlich aufgenommen wurden. So verhielten sich die über 10 μ langen Individuen von *Navicula sp.* und desgleichen die gar nicht viel grösseren Zellen von *Nitzschia sp.* Aufnahme dieser beiden Arten geschah nur, wenn ihre gleitenden Bewegungen zeitweilig eingestellt oder gehemmt wurden. Ich sah meistens Fälle, in denen

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0206-2

bewegliche Individuen beider Arten zwischen zwei sich gegenseitig nähernde Stränge eingeklemmt wurden, oder in eine sich allmählich schliessende Masche des Plasmodiums geriethen, um schliesslich in dasselbe eingeführt (eingepresst) zu werden.

Mein Augenmerk richtete sich sofort auf die zufällig in relativ ruhigen Plasmaschichten befindlichen Diatomeen, und es schien mir, als ob die früher noch beweglichen Zellen mit der Aufnahme ihre Bewegungen eingebüsst hätten. Volle Sicherheit über dieses Verhalten gewann ich jedoch erst in Versuchen mit *Synedra ulna,* wie später ausführlich berichtet wird. Nicht minder überraschend war der Umstand, dass die nach 2—3 tägigem Aufenthalt im Plasmodium wieder freigegebenen Exemplare von *Navicula* und *Nitzschia* insgesammt oder grösstentheils abgestorben erschienen, obzwar ausschliesslich lebende Zellen zur Aufnahme geboten wurden. Da aber auch die zur Controle drei Tage lang gehaltenen Diatomeen — ceteris paribus — ihre Lebensfähigkeit nicht eingebüsst hatten, so war hiemit erwiesen, dass der Tod der aufgenommenen Individuen erst infolge des dauernden Einschlusses im Plasmodium, vielleicht durch irgend welche daselbst allmählich zur Geltung kommende Wirkungen eingetreten ist.

Aehnliches Verhalten wie *Navicula sp.* und *Nitzschia sp.* zeigte auch *Synedra ulna,* deren ausserordentliche Grösse es ermöglichte, den zeitlichen Eintritt der interessanten Reaction (Tödtung) festzustellen und eventuell noch die folgenden Veränderungen der todten Protoplasten (Verdauung) direct im Innern des Plasmodiums zu beobachten. Früher soll jedoch der Verlust der activen Bewegungen der eingeführten Zellen von *Synedra ulna* besprochen werden.

Was zunächst die Aufnahme der genannten Objecte im lebenden Zustande betrifft, so gelingt dieselbe auffallend leicht und häufig, offenbar wegen der relativ langsamen Ortsbewegungen der *Synedra ulna.* Die Zellen erscheinen bald darauf im Protoplasma eingebettet, während nur ein kleiner Theil gleich in Vacuolen eingeschlossen wird.

Suchte ich Stellen des Plasmodiums auf, wo eben keine Strömungen herrschten, so konnte ich leicht beobachten, dass die Zellen sich vollkommen ruhig verhielten. Erst wenn starke Plasmaströmungen aus der Umgebung heranrückten, wurde passive Locomotion der Synedrazellen veranlasst. Ebensowenig sah ich jemals die in der Nähe der Hauptseite der Zellen zufällig weilenden Mikrosomen, Kalkkörnchen, kleine Ingesta längs den Schalen vorübergleiten, während solches immer zutraf, wenn kleine Partikeln (Lakmus, Carmin) an die im Wasser befindlichen Zellen heranrückten. Auch die zufälliger Weise

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0207-8

bald in Vacuolen eingeschlossenen Individuen vermochten keine Eigenbewegungen darin auszuführen, obzwar sie vielleicht, was dahingestellt werden muss, Fortschiebung kleiner im Zellsafte eventuell suspendirter Partikeln zu Stande gebracht hätten.

Da die unlängst noch beweglichen Diatomaceen *(Synedra)* sofort nach der Einführung in das Plasmodium stille stehen, so dünkt es mich, dass irgend welche mechanischen Verhältnisse innerhalb des letzteren die momentane Sistirung der Bewegungen veranlassen. Für die in Vacuolen eingebetteten Zellen möchte ich Mangel an freiem Raume und Mangel an fester Unterlage als das Ausschlag gebende Moment ansehen; für die anscheinend im Protoplasma eingeschlossenen Individuen hönnte sowohl Mangel an geeigneter Unterlage als auch die zähflüssige Beschaffenheit (Consistenz) des umgebenden Mediums oder eines von beiden Verlust der Eigenbewegungen von *Synedra ulna* (und anderen Diatomeen) herbeiführen, worüber natürlich nur weitere Versuche mit Rücksicht auf die verwickelten Verhältnisse im Plasmodium entscheiden können.

Was schliesslich die Tödtung der eingeführten Diatomeen betrifft, so wurde schon angedeutet, dass die Grösse der Zellen von *Synedra ulna* es ermöglicht, den Eintritt und Verlauf der interessanten Reaction an einem Exemplar zu studiren, sowie auch den ganzen Stand des eingeführten Materiales jederzeit rasch zu übersehen. Es ist sogar möglich, wie ich es zuweilen gemacht habe, das Verhältniss der todten und lebenden Zellen in einem bestimmten Theile des Plasmodiums annähernd zu ermitteln und darnach die relative Menge der todten Individuen im ganzen Plasmodium abzuschätzen.

Ich fand nun, dass gewöhnlich schon nach 6 Stunden von der Aufnahme eine Anzahl todter Zellen im Plasmodium anwesend war. Die Zählung ergab in concreten Fällen 5 bis 25% aller im Protoplasma (und in Vacuolen) enthaltenen Individuen. Von da an wuchs die Zahl der abgestorbenen Individuen immer mehr und mehr, und betrug z. B. am anderen Tage (24 Stunden nach der Aufnahme) ungefähr die Hälfte aller eingeführten Exemplare (in einem Falle sogar 80 %). Abends desselben Tages bezifferte sich die Menge der lebenden Zellen kaum noch auf 20 %, während am dritten Tage (zweimal 24 Stunden nach der Aufnahme) in den Plasmodien fast alle Ingesta abgestorben waren. In manchen Plasmodien ging die Abtödtung langsamer, in anderen rascher vor sich. Hingegen blieben sämmtliche Zellen in den Controlpräparaten während derselben Zeitdauer (bis auf nicht in Betracht kommende Ausnahmen) lebendig.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0208-3

Was die Veränderungen betrifft, die eine dem Tode anheimfallende *Synedra ulna* im Plasmodium unter den Augen des Beobachters erfährt, so ist Folgendes zu bemerken. Zuerst sieht man das Protoplasma von den Schalenwandungen sich stellenweise zurückziehen, während bald darauf die bandförmigen Endochromplatten zu rauhen knotigen Strängen zusammenfliessen oder in je zwei bis mehrere unregelmässig contourirte Theile zerfallen. Inzwischen wird das Protoplasma trübe und zeigt die bekannten Gerinnungserscheinungen, die als Anzeichen des eingetretenen Todes angesehen werden müssen. Sehr auffallend ist die Thatsache, dass die Chromatophoren nach der Tödtung der betreffenden Plasmakörper eine lichtgrüne Färbung annehmen, die erst später in reines Braun umgewandelt wird, wenn schon längst Verdauung eingetreten ist. Was diese anbelangt, so tritt dieselbe anscheinend sehr bald nach der Tödtung der Zelle ein, indem Vacuolen entstehen. Hierbei wird sichtlich das todte Protoplasma innerhalb der Schalenhülle allmählich aufgelöst.

Aus den geschilderten Beobachtungen geht hervor, dass der verhältnissmässig kurze Einschluss der Synedrazellen im Plasmodium für die letzteren in irgend welcher Weise nachtheilig wird. Es bleibt jedoch fraglich, welche Zustände oder Einflüsse im Plasmodium die Tödtung herbeiführen. Auch lässt sich derzeit nicht sagen, in welchem Verhältniss die früher erwähnte Sistirung der Bewegungen von Diatomeen zu der Tödtung der letzteren steht.

## C. Protozoa.

### 7. *Flagellata (Euglena viridis).*

Ein überaus günstiges Versuchsobject fand ich in *Euglena viridis.* Es wurden absichtlich die lichtwärts am Rande des Glases sich ansammelnden Individuen verwendet, um möglichst homogenes (durchwegs lebendiges) Material darbieten zu können. Denn die weniger lebensfähigen oder zur Ruhe sich anschickenden Individuen sanken zu Boden, eine ziemlich dicke dunkelgrüne Schicht bildend, während das Wasser darüber von den schwärmenden Individuen lichtergrün gefärbt war.

Die reich mit Euglenen beschickten Präparate habe ich während der Aufnahme ins Dunkle gestellt, was hier umsomehr nöthig war, als sonst die Schwärmer infolge ihrer starken Phototaxis bald alle am Rande des Wassertropfens sich angesammelt hätten und nicht oder nur einzeln mit dem Plasmodium in Berührung getreten wären.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0209-1

Gegen alles Erwarten wurden in zwei oder drei Stunden ziemlich viele Zellen aufgenommen. Ich war aber sehr überrascht zu sehen, wie sich diese lebenden Objecte im Innern der Plasmodien verhielten. Sie lagen gewöhnlich anscheinend direct im Protoplasma eingebettet, seltener in eng anliegenden Vacuolen eingeschlossen; was aber am meisten in die Augen fiel, waren die Formänderungen des Körpers, die wieder ihrerseits zu passiven Bewegungen des umgebenden flüssigen Körnchenplasmas Veranlassung gaben.

Im Zustande der Contraction hat eine jede *Euglena* birnförmige oder kreiselförmige Gestalt, indem vorne der farblose rüsselartige Fortsatz mit dem Pigmentflecke an seiner Basis hervorragt und hinten zuweilen ein kleines Anhängsel sich wahrnehmen lässt. Im nächsten Momente sieht man das Vorderende sich rasch verlängern, der mittlere Theil nimmt an Dicke ab, und bald erscheint der ganze Körper ca. dreimal so lang wie vorher. Man kann bei dieser gestreckten Form sehr gut die Vertheilung der zahlreichen runden scheibenförmigen Chloroplasten sehen. Einige Secunden lang verharrt die *Euglena* in dem langgezogenen Zustand, fährt aber mit einem Ruck zusammen, um sich bald wieder auszudehnen.

Diese Dehnungen und Contractionen kehren regelmässig wieder, um jedoch von Zeit zu Zeit durch grössere Ruheperioden unterbrochen zu werden, in welchen der Euglenenkörper contrahirt und unbeweglich bleibt. In dieser Beziehung verhielten sich sowohl die in Plasmodien aufgenommenen, als auch die am Objectglase im Wassertropfen befindlichen Individuen ganz gleich, natürlich abgesehen von den zeitweilig eintretenden Schwimmbewegungen, die im Plasmodium nicht stattfinden können. Während der erwähnten grösseren Ruheperioden geriethen offenbar die Euglenen in das Innere der Plasmodien, wie ich übrigens einigemal durch directe Beobachtung bestätigen konnte.

Bei jeder Dehnung schieben die Euglenen das umliegende Körnchenplasma des Plasmodiums auseinander und veranlassen dadurch passive Strömungen in ihrer Umgebung. Dagegen verursachen die schnellenden Bewegungen bei dem Zusammenziehen des Euglenenkörpers immer eine heftige Erschütterung und Aufrührung des flüssigen Protoplasmas um dieselben, die jedoch merkwürdiger Weise ohne schädlichen Einfluss auf die afficirten Partien und auf das ganze Plasmodium verbleibt. Das Resultat bleibt dasselbe, wenn in einem Strange zahlreiche Euglenen neben einander sich befinden und ihre Evolutionen ausführen. Auch für die Dauer macht sich kein schädlicher Einfluss

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0210-2

seitens der Euglenen auf das Plasmodium geltend, eher umgekehrt, wie wir bald sehen werden.

Interessant ist ferner die Thatsache, dass infolge der schnellenden Bewegungen der Euglenen keine oder keine auffällige Consistenzänderung der betreffenden flüssigen Partien des Plasmodiums eintrat. Damit stimmen auch die Beobachtungen überein, nach denen niemals Strömungen im Plasmodium aufgehalten oder in andere Richtung gelenkt wurden, wenn eine oder die andere *Euglena* in der Strombahn ihre Contractionen ausübte. Anderes gilt natürlich für jene Fälle, wo die strömende Masse augenscheinlich bloss gestaut wurde, nachdem sich eine *Euglena* zwischen die schmalen Stromufer eingeklemmt hatte, wie es überhaupt häufig grössere Ingesta zu thun pflegen. Es mag schliesslich noch erwähnt werden, dass auch kein localer Einfluss der eingeführten Euglenen auf die Metabolie der nahe befindlichen äusseren Plasmaschichten des Plasmodiums sich wahrnehmen liess, indem z. B. Pseudopodien nicht in ihrer Ausbildung gehemmt oder plötzlich eingezogen wurden, wenn sehr nahe davon eine *Euglena* sich gerade zusammenzog. Bei solchen Beobachtungen sah ich wiederholt die im Innern des Plasmodiums sich dehnenden Euglenen mit dem Vorderende an die äussere bekanntlich festere Plasmaschicht anstossen, ohne dass an jenen Stellen Zusammenziehung des Plasmodiums oder ähnliche Reizwirkungen stattgefunden hätten. Merkwürdiger Weise führten aber solche Stösse niemals zur Ausgabe der betreffenden Euglenen. Mag die Ursache dieses Verhaltens auch unaufgeklärt bleiben, so viel steht fest, das irgend eine beträchtliche Reizbarkeit des Plasmodiums gegen den von Innen kommenden mechanischen Stoss und gegen heftige Erschütterungen des flüssigen Protoplasmas nicht besteht.

In gewisser Hinsicht ergänzen die an *Euglena* gemachten Erfahrungen die bereits von Pfeffer mitgetheilten Beobachtungen und Resultate, gemäss welchen keine erhebliche Reizbarkeit der äusseren Plasmodiumhülle gegen den Anstoss kleiner schwimmender Thiere vorhanden ist.[1])

Mit der Zeit nehmen jedoch die Bewegungen der Euglenen innerhalb des Plasmodiums an Energie allmählich ab, und am dritten Tage sah ich bereits eine beträchtliche Anzahl der Individuen starr und unbeweglich. Darunter waren schon einige Exemplare, deren Aussehen

1) W. Pfeffer, Ueber Aufnahme und Ausgabe ungelöster Körper 1890 p. 151. Pfeffer sah nämlich schwimmende Infusorien an das Plasmodium anprallen und einen Bodo saltans, der mit seiner Cilie an der Aussenhaut des Plasmodiums haftete, Zerrungen an dem Haftpunkt veranlassen, ohne dass eine Reizwirkung sich eingestellt hätte.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0211-8

darauf hindeutete, dass dieselben dem Tode anheimgefallen waren. Die betreffenden Zellen besassen meist unregelmässige Form, färbten sich nach und nach braun und geriethen in Vacuolen, die allmählich an Volumen zunahmen und schliesslich auch braun gefärbt erschienen. In diesem Stadium war vermuthlich bereits die Verdauung im Gange. In den Controlpräparaten waren dagegen bis auf seltene Ausnahmen alle Zellen lebendig. In anderen Plasmodien derselben Species *(Chondrioderma)* ging die Abtödtung noch schneller vor sich, so dass im gegebenen Falle am dritten Tage fast die Hälfte aller im Plasmodium befindlichen Euglenen todt angetroffen wurde.

Anhangsweise mag hier noch eine gelegentlich gemachte Beobachtung angeführt werden, welche bezeugt, dass auch bei anderen Organismen als bei den Plasmodien der Myxomyceten das flüssige innere Protoplasma gegen Stoss und locale Erschütterung unempfindlich ist. Ich sah nämlich im Innern eines Individuums von *Amoeba limax* und zwar in dem Körnchenplasma ein kurzfädiges, knieförmig gebogenes Gebilde eingeschlossen. Dasselbe schien vom Protoplasma direct umspült zu sein und führte in demselben lebhafte schlängelnde oder zitternde Bewegungen aus. Dieses immer nur ungefähr 3 Minuten lang dauernde Spiel wiederholte sich periodisch, indem ca. 5 Minuten lange Ruhepausen dazwischen eintraten. Allmählich wurden jedoch die letzteren länger und die Vibrationen schwächer, um nach vier Stunden gänzlich stille zu stehen. Ohne Zweifel gelangte in diesem Falle ein Vibrio, deren mehrere sich ausserhalb des Plasmodiums herumtummelten, während einer solchen Ruhepause in die Amöbe.

### 8. *Ciliata (Colpoda cucullus).*

Oefters kamen in nicht sterilisirten oder nicht gehörig gegen Staub geschützten Culturen von *Chondrioderma difforme* neben Bacterien etc. auch massenhaft Infusorien zur Entwickelung. Es war constant nur eine Art, nämlich *Colpoda cucullus.* An der Oberfläche der Culturflüssigkeit (Infusum oder Decoct von *Vicia faba*) in der Bacterien-Zoogloea sammelten sich die Thiere schliesslich, um Vermehrungscysten zu bilden. Von den Plasmodien wurden letztere mehrfach im fertigen oder noch unausgebildeten Zustande aufgenommen. Dies geschah häufig schon in der Cultur oder am Objectglase, wenn die Plasmodien sammt dem Bacterienschleim auf das erstere überführt wurden.

Vor dem Encystiren werden bekanntlich locomotorische Bewegungen der Infusorien aufgegeben, die Cilienbekleidung schwindet und der Körper zieht sich zur Kugel zusammen. Aehnlich hat auch

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0212-4

*Colpoda cucullus* vor Beginn der Encystirung ihre nieren- oder bohnenförmige Form verloren, äusserte aber die charakteristischen anfangs recht lebhaften drehenden Bewegungen, die nach kurzer Dauer, wohl unmittelbar vor der Cystenhautbildung eingestellt wurden.

Solche rotirende Kugeln geriethen oft in das Plasmodium und setzten daselbst ihre drehenden Bewegungen unbehindert fort. Sie erschienen hierbei immer von schmalen Vacuolen umgeben. Allmählich wurde die Rotation langsamer, ganz in derselben Weise, wie es auch ausserhalb des Plasmodiums zu geschehen pflegt, um nach zwei bis drei (in einem Falle sogar erst nach fünf) Stunden gänzlich stille zu stehen. Es scheint überhaupt kein zeitlicher Unterschied zwischen den im Plasmodium und ausserhalb desselben befindlichen Kugelzuständen von *Colpoda cucullus*, was die Verlangsamung und endliche Sistirung der drehenden Bewegungen betrifft, zu bestehen. Es mag noch erwähnt werden, dass auch bei den im Plasmodium befindlichen unlängst zur Ruhe gekommenen Kugelzuständen die bekannten Pulsationen der Vacuolen fortdauern, um erst nach längerer oder kürzerer Zeit, nachdem das Intervall zwischen zwei auf einander folgenden Systolen sich einigermaassen vergrösserte, vollkommen aufgegeben zu werden.

Unter normalen Verhältnissen werden die zur Ruhe gekommenen Individuen von *Colpoda*, nachdem sie eine äusserst zarte, kaum oder gar nicht sichtbare Membran ausgeschieden haben, zu Vermehrungscysten. Ihr Inhalt theilt sich in zwei bis vier Tochterzellen, deren jede später innerhalb der Mutterzellwandung eigenthümliche zuweilen recht lebhafte Bewegungen ausführt. Diese Bewegungen im Innern der Vermehrungscysten dauerten auch dann ungeschwächt fort, wenn die letzteren in die Plasmodien eingeführt wurden. Zum Beweise dessen, dass die Tochterzellen während eines kurzen Aufenthaltes im Plasmodium nicht geschädigt wurden, schwärmten dieselben nach Ausgabe der betreffenden Cysten aus den letzteren heraus. Dagegen scheinen diejenigen Tochterzellen, die noch längere Zeit am Ausschlüpfen gehindert waren, sich immer langsamer innerhalb der Cystenhaut zu bewegen und allmählich zu Grunde zu gehen, worüber noch weitere Beobachtungen angestellt werden müssten.

Interessanter ist jedoch die von mir wiederholt constatirte Thatsache, dass die Theilungen innerhalb der Cysten auch im Plasmodium erfolgen können. So habe ich nicht selten Zweitheilung, in einem Falle Viertheilung der eingeführten *Colpoda cucullus* beobachtet. Nach und nach stellte sich dann im Protoplasma der neu entstandenen



Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0213-0

Tochterzellen das bekannte Strömen und Wimmeln ein, demzufolge die Tochterzellen in der Cyste, obzwar eng an einander liegend, sich allmählich gegenseitig verschoben, so dass bald die eine bald die andere Zelle zu oberst erschien. Wurden die fertigen Vermehrungscysten rechtzeitig freigegeben, so schlüpften die jungen Infusorien aus ihnen heraus, indem sie offenbar durch eine kleine Oeffnung in der kaum sichtbaren Cystenhaut hindurchgezwängt wurden.

Die Theilung fand, soviel ich gesehen habe, auch innerhalb solcher Cysten statt, die nachweislich bereits mehrere Stunden im Plasmodium eingeschlossen waren. Dies musste begreiflicherweise zur Frage führen, ob nicht vielleicht die rotirenden Kugeln trotz dauernder Einbettung im Plasmodium dennoch in Vermehrungscysten sich umwandeln. Mehrere Beobachtungen in dieser Richtung missglückten mir aus zufälligen Gründen, so dass Wiederholungen wünschenswerth sind. Doch ergibt sich aus meinen anderweitigen Erfahrungen, dass für die definitive Ausbildung der Cysten von *Colpoda cucullus* kein Hinderniss im Plasmodium sich geltend macht, und dass auch subtile Reproductionsvorgänge, wie sie in der Entstehung von Vermehrungscysten aus gewöhnlichen Cysten uns entgegentreten, innerhalb des Plasmodiums nicht gehemmt werden. Auch beweist die andauernde Bewegung im Innern der eingeführten Vermehrungscysten, dass die Athmung im Protoplasma der Tochterzellen ununterbrochen vor sich geht, und dass folglich in jedem Momente hinreichend viel Sauerstoff in den umschliessenden Vacuolen vorhanden ist, der mit dem Verbrauch in der Athmung fortwährend aus der Umgebung nachströmt. Die Ergebnisse sind also dieselben, wie solche schon früher bei Gelegenheit der Versuche mit Staubfadenhaaren von *Tradescantia* gewonnen wurden.

### 9. *Rhizopoda.*

In einer Cultur mit *Chlamydomonas pulvisculus* kamen auch prächtige Süsswasseramöben zum Vorschein. Dieselben trieben stumpfe, kegelförmige Pseudopodien oder breite faltenförmige Aussackungen, besassen eine dicke, hyaline Randschicht und führten einen mehr oder weniger central gelegenen, runden grossen Kern, der bei starker Vergrösserung eine zarte schwamm- oder netzartige Struktur wahrnehmen liess. Ich bestimmte dieses Rhizopod für *Amoeba verrucosa.* Die meisten Amöben enthielten in ihrem Innern zahlreiche, theils lebende, theils in Verdauung begriffene Algen (meist Chlamydomonaden). Mit den *Chlamydomonas*-Schwärmern, die den Plasmodien zur Aufnahme geboten wurden, geriethen immer einige Amöben mit auf den Object-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0214-6

träger. Zu meiner freudigen Ueberraschung erblickte ich einmal zufällig ein Exemplar genannter Rhizopoden im Innern des Plasmodiums. Dass der Einschluss vollkommen war, davon konnte ich mich durch Umkehren des Präparates [1]) sicher überzeugen.

Der Amöbenkörper war ein wenig zusammengezogen, behielt jedoch höckerartig vorspringende Stellen an seiner Oberfläche und war von einer Plasmamembran umschlossen. Das wiederholte Hervorstülpen und Zurückziehen der niedrigen höckerartigen Fortsätze machte auf mich den Eindruck, als ob ein Widerstand seitens der Vacuolenhaut die freie Entfaltung der Pseudopodien nicht zuliesse. Es war mir jedoch nicht sehr lange vergönnt, die Beobachtung der Amöbe im Plasmodium fortzusetzen. Denn nach ungefähr einer halben Stunde fing das Protoplasma an, wie durch einen Reiz [2]) veranlasst, um die Amöbe herum sich zu sammeln, um zuletzt oben eine Oeffnung zu bilden, die der Amöbe zum Ausschlüpfen diente. Aussen angelangt breitete sich der Amöbenkörper ein wenig aus und trieb seine charakteristischen Pseudopodien, indem er langsam den Ort der Ausgabe verliess. Da, wie wir bei *Euglena viridis* gesehen haben, noch so lebhafte Bewegungen der Ingesta nicht oder nicht nothwendig zur Ausgabe der letzteren führen, so haben höchst wahrscheinlich andere Ursachen, als die Vorstreckung der Pseudopodien etc., die Ausgabe der *Amoeba verrucosa* aus dem Plasmodium veranlasst. Mit Rücksicht darauf jedoch, dass die vollständige Entfaltung der Protuberanzen des Amöbenkörpers sofort mit dem Freiwerden des letzteren zu Stande kam, möchte ich dafür halten, dass nur untergeordnete, mechanische Wirkungen die freie Entfaltung der Pseudopodien im Innern des Plasmodiums nicht zuliessen. Vielleicht hat diesen Erfolg der mit der Länge und Spitze der Protuberanzen wachsende Widerstand (Gegendruck) der Vacuolenhaut verursacht, möglicherweise besteht aber irgend welche Reizbarkeit der Pseudopodien für dauernden Contact mit einem Fremdkörper (z. B. Vacuolenwand). Auf welche Weise die *Amoeba verrucosa* in das Plasmodium gelangte, kann ich natürlich nicht sagen; doch vermuthe ich, dass der Aufnahme entweder temporäre Sistirung oder Verlangsamung der kriechenden Bewegungen vorausging.

Um das Verhalten der *Amoeba verrucosa* im Plasmodium weiter zu verfolgen, habe ich einige Dutzende von Präparaten hergestellt, in denen Plasmodien mit den Amöben (nebst *Chlamydomonas pulvisculus*)

1) Schwache Vergrösserung (Zeiss, D) genügte zu dieser Controle.

2) Vielleicht war bloss ein Lichtreiz im Spiele, umsomehr als beim Tage beobachtet wurde und die Plasmodien für die stärker brechbaren Strahlen reizbar sind.



Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0215-2

zusammengebracht wurden, ohne dass mir jedoch ein einziges Mal die Aufnahme gelungen wäre. Ich habe diesen Umstand hauptsächlich der nicht genügenden Zahl der gebotenen Amöben zugerechnet und sann über ein Verfahren nach, welches gestatten würde, eine weit grössere Zahl von Amöben den Plasmodien auf einmal verabreichen zu können. Dies gelang mir zwar bei allen untersuchten Species (*Amoeba verrucosa, A. limax Duj.* und *A. radiosa Perty*)[1]) hatte aber, was die Aufnahme der genannten Arten betrifft, trotz häufiger Wiederholungen und zahlreicher Beobachtungen keinen Erfolg. Auch alle künstlichen Mittel, Amöben während der Aufnahme vorübergehend unbeweglich zu machen oder in Zellen aus Niederschlangsmembran einzuschliessen, führten nicht zum Ziele.

## D. Myxomyceten.

### 10. Theile von Plasmodien.

Kleine Plasmodien werden nur dann mit sicherem Erfolg in grössere derselben oder einer anderen Art eingeführt, wenn man erstere in der Form vorübergehender Ruhestadien zur Aufnahme bietet. Ich meine in erster Reihe die sogenannten Zellenzustände Cienkowki's, wie sie bei *Chondrioderma difforme Rostaf.* oder bei *Didymium microcarpum Rostaf.* häufig vorkommen. Diese Zustände werden gebildet, wenn gewisse den Plasmodien ungünstige Verhältnisse eintreten. So kann u. a., wie seit de Bary und Cienkowski bekannt ist, ein mehr oder weniger rasches Austrocknen des Substrates zur Entstehung der „Zellen" den Anlass geben, und voraussichtlich spielt hierbei die allmähliche Concentration der Ernährungsflüssigkeit eine hervorragende Rolle. Infolge solcher oder ähnlicher ungünstiger Einflüsse zieht sich das Plasmodium unter den Augen des Beobachters plötzlich zusammen, bildet zahlreiche Einschnürungen und zerfällt schliesslich in eine grosse Zahl unbeweglicher rundlicher Gebilde, in deren Innerem sich nichts weiter als das körnige Protoplasma und höchstens ein Paar Vacuolen unterscheiden lässt. Diese kugelartigen Körper können austrocknen und in diesem Zustande längere Zeit auf-

---

1) Man braucht nur Glasgefässe mit fauligem Wasser, in dem kleine Algen und Amöben sich entwickelt haben, vorsichtig auszugiessen und die zurückgebliebenen dem Boden und den Wänden adhärirenden Amöben mit einem feinen Haarpinsel abzustreifen und direct in Wassertropfen mit Plasmodien überzuführen. Auf diese Weise bekam ich eine Unmasse dicht beisammenstehender Individuen von A. limax und A. radiosa.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0216-7

bewahrt werden, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren. Von Neuem in's Wasser gebracht, verwandeln sie sich in je ein kleines Plasmodium (hier von Cienkowski Myxamöbe genannt), nachdem die angeblich an ihrer Peripherie vorhandene Hüllmembran in ihrer ganzen Ausdehnung früher resorbirt wurde. Aus solchen gleichartigen Myxamöben baut sich schliesslich das frühere Plasmodium wieder auf.

Das geschieht nach Cienkowski[1]) in der Weise, dass sich die aus Kugelzuständen bereits gebildeten Myxamöben oder diese und die schon theilweise restituirten Plasmodien an einander legen und in Kurzem verschmelzen. Während solches geschieht, werden die noch nicht belebten Kugelzustände von den fertigen Plasmodien und Myxamöben aufgenommen, so dass nicht selten Dutzende von den ruhenden Zellen in dem bereits regenerirten Plasmodium eingeschlossen sind und zum Theil mit den Strömungen hin- und hergeführt werden. Nach den Beobachtungen Cienkowski's nimmt jedoch die Gesammtzahl dieser Zellen im Innern des Plasmodiums mit der Zeit ab, ohne dass anscheinend gleichzeitig eine äquivalente Ausgabe derselben stattfindet. Demzufolge hält der Autor dafür, dass die rundlichen Körper während der Einbettung im Plasmodium oder in Myxamöben successive ihre Individualität verlieren; er lässt es jedoch unentschieden, ob die Kugeln allmählich auf die Art solider Körper (Stärke u. dgl.) von der Oberfläche aus gelöst werden, oder ob sie erst nach ihrer Aufweichung, d. h. nach ihrer Umwandelung in Myxamöben dem Plasmodium einverleibt werden, wie es auf der Oberfläche häufig zu geschehen pflegt.

Ich sah nun wiederholt die Bildung der Plasmodien aus Ruhezuständen und kann auf Grund der Beobachtungen, in denen immer eine einzige „Zelle" fixirt wurde, Folgendes berichten.

Die aufgenommenen Zellen sind stets von einer Vacuolenhaut umkleidet und werden häufig (besonders die kleineren) mit den Plasmaströmungen hin- und hergeführt. Sie gelangen theilweise, was besonders für die grösseren Exemplare gilt, frühzeitig nach einander zur Ausgabe, um früher oder später als Myxamöben an der Peripherie des Plasmodiums mit diesem zu verschmelzen. Einige Mal sah ich aber Zellen, welche innerhalb des Plasmodiums allmählich durchsichtiger wurden und trotz des Einschlusses in dicht anliegende Vacuolen amöboide Bewegungen ausführten, denen die Vacuolenhaut passiv folgte. Bald darauf riss immer die Plasmodiumhülle oberhalb oder unterhalb (seltener

1) Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik 1863 Bd. III.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0217-3

seitwärts) der Myxamöbe ein, und im nächsten Momente sah ich entweder die Grenze, welche beide Protoplasten noch trennte, verwischt oder aber theilweise noch erhalten und das Protoplasma der Myxamöbe durch eine schmale Verbindungsbrücke in das Plasmodium herüberströmen. Demnach möchte ich dafür halten, dass die Vereinigung zwischen Myxamöbe und Plasmodium theilweise schon innerhalb des letzteren beginnt, jedoch erst ausserhalb desselben vollzogen wird. Dafür sprechen besonders jene Fälle, in denen unmittelbar nach dem Einreissen der Plasmodiumhülle das Protoplasma der Myxamöbe in das Plasmodium hinüberströmte, da sonst erfahrungsgemäss, wenn zwei Plasmodien gleicher Art sich begegnen, immer eine längere Zeit (einige Secunden) verstreicht, ehe nach dem Verschwinden der Trennungsgrenze das Körnchenplasma den Verbindungskanal passirt.

Ich liess ferner Zellenzustände von *Didymium microcarpum* in die Plasmodien von *Chondrioderma* aufnehmen, in der Erwartung, dass infolge der allseitigen und innigen Berührung die Myxamöben, welche aus den Zellenzuständen gebildet wurden, mit dem heterogenen Plasmodium noch am ehesten Verschmelzungen eingehen könnten, umsomehr als *Chondrioderma* und *Didymium* zwei nahe verwandte Arten sind. Doch kam Verschmelzung zwischen den zwei einander umschliessenden heterogenen Protoplasten in keinem Falle zu Stande. Die Myxamöben wurden früher oder später wieder ausgegeben und verschmolzen dann ausserhalb des Plasmodiums mit einander. Aehnlich verhielten sich auch die kleinen und durchsichtigen Myxamöben von *Stemonitis dictyospora.*[1]) Sie waren stets von einer Vacuolenhaut umkleidet und geriethen alle ausserhalb des Plasmodiums, um daselbst mit einander zu verschmelzen.

Erwähnt sei noch die gelungene Aufnahme kleiner Plasmodien von *Aethalium septicum,* welche durch künstliche Zertheilung eines grösseren, älteren Plasmodiums gewonnen wurden, in das Plasmodium von *Chondrioderma difforme.* Auch in diesem Falle behielten die schwach amöboid beweglichen Theilstücke ihre Individualität. Doch liess die äusserst langsame Bewegung (Umrissänderung) der kleinen Plasmodien auf abnormale Verhältnisse, vielleicht auf ein zu fortgeschrittenes Entwickelungsstadium schliessen, was sich insofern bestätigte, als die Theilstücke nach der Ausgabe und sonst sehr bald zu Grunde gingen.

1) Diese Art bildet verhältnissmässig kleine Zellenzustände, aus welchen sich dann ausserhalb oder innerhalb des Plasmodiums charakteristische, hyaline Myxamöben entwickeln.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0218-9

Bekanntlich hat zuerst Cienkowski[1]) die wichtige Thatsache ermittelt, dass heterogene Plasmodien nicht mit einander verschmelzen. Er berichtet darüber folgendermaassen: „Auch der Versuch, Plasmodien verschiedener Art, z. B. gelbes von *Leocarpus* und ein hellgraues von einer anderen, generisch verschiedenen Myxomycete in demselben Tropfen zu cultiviren, um sie vielleicht zu gegenseitiger Verschmelzung zu bewegen, schlug ganz fehl. Zweige der verschiedenen Plasmodien gleiten neben einander, umfliessen sich gegenseitig, ohne eine Spur von Verschmelzung aufzuweisen. Ob das Resultat immer negativ bleibt, wenn man Plasmodien von verwandten Species zum Experimente wählt, werden zukünftige Untersuchungen zu entscheiden haben."

Ausser den schon angeführten Versuchen habe ich noch andere ausgeführt, in denen verschiedene, theils cultivirte, theils in der Natur gefundene Plasmodien paarweise zusammengebracht wurden. Es waren folgende mehr oder weniger mit einander verwandte Arten:

1. *Chondrioderma difforme* — *Fuligo varians (= Aethalium septicum).*
2. *Chondrioderma difforme* — *Stemonitis dictyospora Rostaf.*
3. *Didymium microcarpum Rostaf.* — *Stemonitis dictyospora Rostaf.*
4. *Chondrioderma difforme* — *Didymium microcarpum Rostaf.*
5. *Didymium farinaceum Schrad.* — *Didymium microcarpum Rostaf.*

Obzwar vielfach Berührungen stattfanden, obzwar Pseudopodien sich gegenseitig näherten und berührten, obzwar Plasmodien sich eng an einander schmiegten oder über einander krochen, trat in keinem Falle eine Verschmelzung ein. Selbst wo zwei so nahe verwandte Arten, wie *Didymium microcarpum Rostaf.* und *Didymium farinaceum Schrad.* zusammengebracht wurden, blieben die betreffenden Plasmodien getrennt.

Dass auch zwei heterogene Plasmodien bei inniger allseitiger Berührung, nämlich in dem Falle, wenn das eine in das andere eingeführt wurde, nicht mit einander verschmelzen, wurde schon angeführt. Wie sich in dieser Beziehung die beiden Didymien verhalten, konnte ich leider nicht ermitteln.

Worin die Ursache besteht, dass zwei heterogene Plasmodien sich nicht vereinigen, lässt sich nicht so einfach beantworten und wird wohl lange unbeantwortet bleiben. Allgemein kann nur die Vermuthung

1) L. Cienkowski, Zur Entwickelungsgeschichte der Myxomyceten. Pringsheims Jahrbücher f. wissensch. Botanik 1863 p. 335.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0219-7

ausgesprochen werden, dass nicht oder nicht allein die abweichende Beschaffenheit der Plasmahäute, sondern hauptsächlich wohl die differenten Eigenschaften der ganzen Protoplasten, was die Struktur (Organisation) und vielleicht auch die chemische Zusammensetzung betrifft, in dieser Beziehung maassgebend sein werden.

## 11. Sporen und Mikrocysten der Myxomyceten.

Keimfähige Sporen von *Stemonitis dictyospora Rostaf.* und von *Aethalium septicum* wurden den Plasmodien von *Chondrioderma difforme* zur Aufnahme geboten. Nachdem diese vollendet war, spülte ich sorgfältig alle überschüssigen Sporen mit reinem Wasser ab. Die nach $1^1/_2$ bis 2 Tagen wieder ausgegebenen Sporen blieben fast alle keimfähig, da von *Aethalium* schon am zweiten, von *Stemonitis dictyospora* erst am dritten Tage zahlreiche Schwärmer im Wassertropfen vorgefunden wurden. Ob die Keimung auch im Innern des Plasmodiums stattfinden kann, bleibt noch zu ermitteln. Aehnliche Resultate wie mit den Sporen heterogener Myxomyceten erhielt ich auch mit den Sporen von *Chondrioderma difforme,* die in die Plasmodien der gleichen Species eingeführt wurden und daselbst während eines zweitägigen Aufenthaltes keimfähig blieben.

Unter besonderen Verhältnissen encystiren sich bekanntlich Schwärmer- oder Amöbenzustände der Myxomyceten und werden zu „Mikrocysten.“ Die letzteren sieht man häufig im Wassertropfen entstehen, worin Myxomycetensporen ausgesäet wurden und auch in den Massenculturen von Plasmodien bilden sich solche zuweilen massenhaft. Demgemäss enthalten auch die aus den Culturen hervorgeholten Plasmodien nicht selten Mikrocysten in ihrem Innern, die sie bei ihrer Wanderung im Culturgefässe aufgenommen haben. Sie erscheinen gewöhnlich von keinen ansehnlichen Vacuolen umgeben und bleiben selbst nach zweitägigem Einschluss im Plasmodium vollkommen unverändert und anscheinend lebendig. Dies bestätigte sich, als ich die am dritten Tage freigegebenen Zellen am Objectglase eintrocknen liess und erst nach einigen Tagen wieder theils mit Wasser theils mit Decoct von *Vicia faba* benetzte. In beiden Fällen keimten einige von den Mikrocysten und bildeten Schwärmer — ein Beweis, dass der Einschluss in Plasmodien für die Mikrocysten keineswegs nachtheilig wurde. Auch die nicht gekeimten Mikrocysten waren lebendig, da sie Farbstofflösungen wie Eosin oder Anilinblau nicht speicherten, während die durch Hitze getödteten Exemplare sich intensiv färbten.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0220-8

## E. Pilze.

### 12. Verschiedene Pilzhyphen.

Auf Objectträgern im Tropfen Wasser oder Decoct von *Vicia faba* (Stengeln) kamen nicht selten Pilzmycelien spontan zur Entwickelung, deren Hyphen, falls Plasmodien zugegen waren, vielfach von den letzteren umschlungen wurden. Natürlich war bei grösseren Mycelien die Aufnahme niemals vollkommen und erstreckte sich überdies im Laufe der Zeit bei der bekannten Beweglichkeit der Plasmodien über verschiedene Stellen des Myceliums, so dass gewöhnlich die theilweise eingeführten Partien sehr bald wieder freigegeben wurden. Wie sich erwarten liess, übte der kurze — übrigens wie gesagt nicht vollkommene — Einschluss keine schädliche Wirkung auf die von mir beobachteten lebenden Hyphen, was auch darin sich kundgab, dass die letzteren nach ihrer Ausgabe augenscheinlich weiter wuchsen.

Interessanter ist jedoch die Thatsache, dass auch die kleineren Mycelien (Sporenkeime), die ich nicht selten vollständig im Plasmodium eingeschlossen sah, trotz längerem (bis achtstündigem) Aufenthalt daselbst, unverändert wieder ausgestossen wurden. Nur in einem Falle sah ich, dass ein langer gegliederter Mycelfaden unter dem Anprall heftiger Plasmaströmungen geknickt wurde, wobei die an der Bruchstelle befindliche Zelle getödtet wurde. Bei der Unkenntniss der Pilzarten, zu welchen die erwähnten Mycelien gehören, war es jedoch wünschenswerth Versuche mit bekannten Pilzformen (gemeinen Schimmelpilzen) anzustellen, worüber der folgende Abschnitt handeln wird.

### 13. Keimende Schimmelpilzsporen.

Ich liess Sporen von *Penicillium glaucum*, *Mucor stolonifer* und *Phycomyces nitens*, nachdem die Keimung grösstentheils schon begonnen hatte, von den Plasmodien aufnehmen. Binnen fünf bis neun Stunden bildeten sämmtliche Sporen kürzere oder längere *(Phycomyces)* Keimfäden, die den bloss im Wasser gewachsenen Keimfäden in Nichts nachkamen. Später machte sich bei *Phycomyces nitens* insofern ein Unterschied geltend, als die im Wasser liegenden Keime etwas schneller wuchsen. 16 Stunden nach der Aufnahme war diese Differenz noch auffallender. Doch wuchsen die am dritten Tage schon ausserhalb des Plasmodiums angetroffenen kleinen Mycelien von *Phycomyces nitens* im Wasser normal weiter. Dagegen waren einige Keime von *Penicillium glaucum* und von *Mucor stolonifer* noch am dritten Tage in den Plasmodien enthalten und glichen, was ihre Grösse etc.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0221-4

anbelangte, vollkommen den Control-Exemplaren. Bei der Ausgabe, die am selben Tage noch stattfand, traf ich die kleinen Mycelien vollkommen lebensfähig an.

Die angeführten Beobachtungen sind desshalb interessant, weil sie die relativ hohe Resistenz der Schimmelpilze gegen die im Plasmodium vielleicht zur Geltung kommenden Wirkungen anzeigen, was besonders aus dem meist ungeschwächten Wachsthum der Schimmelpilzkeime im Innern des Plasmodiums hervorgeht. Ob dieses Verhalten nur durch die specifischen Eigenschaften der Protoplasten bedingt ist, oder ob vielleicht andere Verhältnisse, z. B. die aus Pilzcellulose bestehende Hülle, mitspielen, muss dahingestellt bleiben. Nur bei *Phycomyces nitens* ging später das Wachsthum nicht so rasch von statten, eine Thatsache, die ebenfalls ihrer Aufklärung bedarf.

## F. Bacterien.

Da in der Natur (und häufig in der Cultur)[1]) überall, wo Myxomyceten auftreten, soweit bekannt, immer Bacterien vorkommen, so war mit Rücksicht auf die seit de Bary und Cienkowski entdeckte Fähigkeit der Plasmodien und Myxamöben Fremdkörper in sich aufzunehmen, die Frage naheliegend, ob nicht vielleicht die amöboiden Stadien der Myxomyceten ähnlich wie die verwandten Rhizopoden die ihnen überall begegnenden Bacterien aufnehmen und sich zu Nutzen machen. In der That fand in der neueren Zeit Lister, dass die Schwärmer verschiedener Myxomyceten einzelne Bacterien aufnehmen und verdauen. Nach Lister werden verhältnissmässig grosse stäbchenförmige Bacillen in die schwärmenden Stadien von *Stemonitis fusca, Trichia fragilis* und *Chondrioderma difforme* eingeführt und binnen Kurzem (in einer Stunde) gänzlich bis auf undeutliche Reste aufgelöst.[2]) Derselbe Autor fand auch die Fähigkeit, einzelne Bacillen aufzunehmen und rasch zu verdauen, noch bei den Amöben, die auf das Schwärmerstadium von *Chondrioderma difforme* folgen, erhalten.[3]) Da anscheinend lebensfähige Bacillen eingeführt wurden, so mussten letztere, um so ausserordentlich bald verdaut zu werden, sehr rasch getödtet werden. Dies erscheint jedoch glaubwürdig, da auch bei den nahe verwandten Rhizopoden ein ähnliches

1) In meinen Culturen waren stets Bacterien vorhanden.

2) Arthur Lister, Notes on the Ingestion of Food-material by the Swarm-cells of Mycetozoa. The Journal of the Linnean Society. London 1890. Botany, Vol. 25. p. 435.

3) Annals of Botany (London, Oxford 1890) Vol. 4 p. 292.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0222-0

Verhalten bekannt ist. So berichtet Meissner,[1]) dass ein stäbchenförmiges Bacterium, welches in das Innere einer Süsswasseramöbe aufgenommen worden war, nach einer halben Stunde schon „breiig zerfallen war", während nach weiteren 10 Minuten bloss einige lichtbrechende Pünktchen in der Nahrungsvacuole sich unterscheiden liessen.

Darnach schienen im Innern der Rhizopoden und der ersten Entwickelungszustände der Myxomyceten besondere Verhältnisse vorhanden zu sein oder erst nach der Aufnahme binnen Kurzem zur Geltung zu kommen, durch welche eine rasche Tödtung der eingeführten Bacterien (wenigstens einiger Formen und Arten) verursacht wird.

Ich habe gelegentlich *Bacillus megatherium* den zur Ruhe gekommenen Schwärmern von *Chondrioderma difforme* zur Aufnahme geboten. Das Material stammte aus frischen kaum fünf Tage alten Stich- und Reinculturen auf Nährgelatine und bestand aus lebendigen, vielfach in Theilung begriffenen Zellen. Die Stäbchen konnten ihrer Dimensionen halber leicht im Protoplasma und in Vacuolen unterschieden werden. Diejenigen, welche durch Siedehitze abgetödtet wurden, fielen nach der Aufnahme sofort der Verdauung anheim und wurden in kaum einer Stunde bis auf kleine Reste aufgelöst. Dagegen hielten sich die lebendig eingeführten Exemplare, wie die continuirliche Beobachtung ergab, länger als $2^1/_2$ Stunden unverändert.

Sie wurden gewöhnlich bald einzeln oder zu zweien bis dreien in kleine Vacuolen eingebettet, seltener befanden sich einzelne Exemplare anscheinend im Protoplasma eingeschlossen. Länger als $2^1/_2$ Stunden wurde jedoch die Beobachtung nicht fortgesetzt, und so kann ich nicht angeben, ob die Bacillen später schliesslich getödtet und nachher vielleicht verdaut wurden, wie das nach einer später (8 Stunden nach der Aufnahme) vorgenommenen Durchmusterung der Präparate mit Amöben und Bacillen wahrscheinlich sein dürfte. So viel steht jedoch nach dem Mitgetheilten fest, dass nicht alle Bacterien in den Schwärmern und Amöben der Myxomyceten so rasch getödtet werden, wie in den Lister'schen Beobachtungen, und es könnte nicht überraschen, wenn eine oder die andere Bacterienart selbst nach Tagelangem Einschluss in den besagten Schwärmern lebendig bleiben würde. Denn vermuthlich sind auch unter den Bacterien, ähnlich wie z. B. unter den Algen, ungleich resistente Species und Entwickelungsformen vorhanden.

---

1) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie 1888 p. 508.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0223-6

Dass auch in Süsswasseramöben bestimmte Bacterien sich länger als eine Stunde lebendig erhalten können, erhellt aus einer Beobachtung, welche bereits früher anlässlich der Versuche mit *Euglena viridis* mitgetheilt wurde. Ich sah nämlich im Innern einer *Amoeba limax* ein kurzfädiges, knieförmig gebogenes Bacterium (Vibrio?), welches durch seine periodisch zurückkehrenden zitternden Bewegungen das Protoplasma aufrührte. Nachdem die Ruhepausen des Bacteriums allmählich sich verlängerten, trat schliesslich nach 4 Stunden, was die Bewegungen des Bacteriums betrifft, ein dauernder Stillstand ein. Ob das Bacterium getödtet wurde und schliesslich der Verdauung anheimfiel, ist mir nicht bekannt, doch kann mit Rücksicht auf die Beobachtungen Meissner's und Lister's als erwiesen gelten, dass Bacterien zur Ernährung der Süsswasseramöben und der Schwärmer- und Amöbenstadien der Myxomyceten (ob aller?) dienen können. Weitere Untersuchungen müssen entscheiden, ob diese Art der Ernährung für das Fortkommen der ersten Entwickelungszustände der Myxomyceten unerlässlich ist, oder ob die genannten Organismen auch bei völliger Abwesenheit der Bacterien gedeihen können.

Während Schwärmer- und Amöbenstadien der Myxomyceten nicht nur grössere Bacillen sondern auch kleinere Bacterienformen einzeln aufnehmen können, geht dieses Vermögen mit dem fortschreitenden Grosswerden der Plasmamasse und mit dem Alter der Plasmodien den Verschmelzungsprodukten allmählich mehr und mehr verloren. Dafür wächst die Fähigkeit der Aufnahme für grössere Partikel, indem erwachsene Plasmodien selbst über 0,1 mm breite Körper aufnehmen, wogegen Penicilliumsporen [1]) schon schwierig und höchstens einzeln eingeführt werden. Dasselbe gilt auch für die einzelnen Bacterien, von denen die kleineren Stäbchen oder Coccen überhaupt nicht, die grösseren (z. B. *Bacillus megatherium*) aber sehr selten und nur unter besonderen Bedingungen zur Aufnahme gelangen. Soweit sich urtheilen lässt, hängt die Aufnahme in diesem Falle von der Ausbreitung der Plasmodien und von der Bildung feiner, mehr oder weniger zahlreicher Pseudopodien ab. Wenigstens wurden unter diesen Bedingungen immer einzelne Stäbchen in den Plasmodien beobachtet.

Ich habe das Verhalten einzelner Stäbchen von *Bacillus megatherium* in kleineren Plasmodien 2 bis 5 Stunden lang beobachtet. Die eingeführten Bacillen waren entweder anscheinend im Protoplasma

---

1) Vgl. W. Pfeffer, Ueber Aufnahme und Ausgabe ungelöster Körper 1890 p. 151.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0224-1

eingebettet oder sie wurden bald in sehr kleine Vacuolen eingeschlossen. Mehrere derselben gelangten frühzeitig wieder zur Ausgabe, während andere selbst nach fünf Stunden keine Veränderung wahrnehmen liessen. Längere Beobachtung war jedoch nicht möglich, da die Bacillen nach einander ausgestossen wurden.

Häufiger als Stäbchenformen gelangen fädige Bacterien in das Innere der Plasmodien. So z. B. sah ich mehrmals Fäden von *Bacillus subtilis* im Protoplasma genannter Organismen eingeschlossen, wenn solche Bacillen ausserhalb des Plasmodiums im Culturtropfen (Decoct von *Vicia faba)* einigermaassen zahlreich zur Entwickelung kamen. Die Fäden werden entweder im Strome hin und her geführt, oder sie werden häufig zwischen die Ufer der Strombahn eingeklemmt, oder sie befinden sich in den ruhigeren Plasmaschichten, wo sie dann leicht beobachtet werden können. Ich sah jedoch während eines halben Tages (sechs Stunden) keine und zwar nicht die geringste Veränderung an den Fadenbacterien. Sie waren vollkommen lebensfähig geblieben, da ein Faden, welcher nach sechs Stunden ausgestossen wurde und welchen ich dauernd fixirt habe, nach weiteren acht Stunden die charakteristischen Sporen in seinem Innern bildete.

Darnach erwiesen sich *Bacillus megatherium* und *B. subtilis* als ziemlich resistent gegen jedwede Einwirkungen im Innern des Plasmodiums, und zwar sowohl im Protoplasma, als auch in den Vacuolen *(B. megatherium).* Noch mehr gilt aber Letzteres für die von mir beobachteten beweglichen Bacterien, welche in Vacuolen eingeschlossen waren, in denen coagulirtes Eiweis verdaut wurde. Bietet man nämlich Partikeln aus coagulirtem Eiweis (ungefärbt oder besser mit Congoroth gefärbt) in einer stark bacterienhaltigen Flüssigkeit den Plasmodien zur Aufnahme, so setzen sich die beweglichen Bacterien nicht selten auf den Eiweisspartikeln fest und werden sammt den letzteren in die Plasmodien eingeführt. In dem Maasse, als dann die Verdauung von coagulirtem Eiweiss fortschreitet, entstehen immer grössere Vacuolen, in denen man bei Anwendung starker Vergrösserungssysteme schwärmende (seltener unbewegliche) Bacterien beobachten kann. Dieselben durchkreuzen den Vacuolenraum nach allen Richtungen hin und können länger als zwei Tage daselbst am Leben sich erhalten.

In einzelnen Vacuolen mit Eiweisspartikeln finden sich zuweilen so viel Bacterien ein, dass man eine Vermehrung der letzteren auf Kosten der Verdauungsprodukte annehmen muss. Hierfür sprachen auch die in solchen Fällen nicht seltenen Theilungszustände (Doppelstäbchen, Diplococcen) in den Vacuolen. Sehr schnell und deutlich

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0225-7

bringt man die Bacterien in den Verdauungsvacuolen zur Anschauung, wenn man das die Verdauung beschleunigende Mittel, nämlich eine sehr verdünnte Lösung eines kohlensaueren Alkalimetalls oder Ammons in das Innere des Plasmodiums diosmiren lässt. Infolge der beschleunigten Verdauung entstehen riesige Vacuolen, in denen man die Bacterien leicht verfolgen kann.

Interessant ist das Fortkommen von Bacterien in den Verdauungsvacuolen, da hiemit erwiesen ist, dass weder die Verdauungsagentien noch andere vielleicht in den Vacuolen gelöste Stoffe einen schädlichen Einfluss auf diese Organismen ausüben. Das gilt auch von den saueren Substanzen, die in einzelnen Vacuolen, wo Bacterien auftreten, vorhanden sind. Schon hiernach lässt sich beurtheilen, wie gering die Concentration der fraglichen saueren Stoffe sein muss, da die Bacterien nachweislich in stärker saueren Lösungen nicht gut fortkommen. Damit soll jedoch nicht gesagt werden, dass alle beweglichen Bacterienformen in den Verdauungsvacuolen bestehen können, wie das jedenfalls nicht zu erwarten ist.

Ob die Bacterien vielleicht Enzyme ausscheiden und ob sie hiedurch vielleicht die Eiweissverdauung steigern können, muss vorläufig dahingestellt werden. Soviel bleibt jedoch sicher, dass die Bacterien nicht nur ausserhalb des Plasmodiums um das Nährsubstrat concurriren, sondern auch innerhalb desselben auf Kosten der Verdauungsprodukte sich ernähren und vermehren können. Diese Thatsache ist bemerkenswerth, da bei dem massenhaften Vorkommen von Bacterien in der Natur und selbstverständlich auch an den Orten, wo Myxomyceten sich entwickeln, wohl häufig verschiedene Nahrungsbissen sammt Bacterien in das Innere der Plasmodien aufgenommen werden.

## Einige Ergebnisse.

Das Verhalten lebender Körper in den Plasmodien war je nach der Natur der ersteren recht mannigfaltig.

An den mit Zellhaut umkleideten Protoplasten wurde gewöhnlich nach mehreren Stunden bis einigen Tagen keine Veränderung beobachtet. Die Einzelfunctionen, z. B. das Wachsthum keimender Schimmelpilzsporen, die Protoplasmaströmung innerhalb der Zellen der Staubfadenhaare von *Tradescantia,* die Auflösung assimilirter Stärke in einigen Algen, die Theilung innerhalb der Cysten von *Colpoda cucullus* u. dgl. ging während des Einschlusses im Plasmodium vollkommen normal von statten.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0226-3

Da diese Functionen durchwegs von der Sauerstoffathmung abhängig sind, indem bei Mangel an Sauerstoff dieselben sehr bald stille stehen, so musste beständig Sauerstoff in den aufgenommenen Organismen vorhanden sein, respective mit dem Verbrauch in der Athmung aus dem umgebenden Plasmodium zuströmen, da die lebenden Ingesta selbst keinen Sauerstoff producirten. Hieraus folgt, dass jederzeit in dem Protoplasma der Plasmodien ein Ueberschuss an Sauerstoff vorhanden ist, und dass auch der Vacuolensaft hinlänglich viel von diesem Gase absorbirt enthält, da sonst sauerstoffbedürftige und bewegliche Organismen, wie z. B. *Colpoda cucullus* in den Vacuolen sehr bald stille stehen müssten.

An nackten, mit Locomotion begabten Zellen stehen die Bewegungen zum Theil nach der Aufnahme vollkommen stille (*Chlamydomonus pulvisculus,* Diatomeen), gleichviel, ob die Organismen im Protoplasma oder in dicht anliegende Vacuolen eingebettet wurden. Dass die dickflüssige Beschaffenheit des Protoplasmas (seine mechanischen Eigenschaften) und der mechanische Widerstand der Vacuolenhäute, eventuell die Unmöglichkeit, an einer festen Unterlage sich fortzuschieben, für die Sistirung der Bewegungen in diesen Fällen maassgebend sind, scheint daraus hervorzugehen, dass die Hemmung sofort mit der Aufnahme eintritt. Mechanische Ursachen sind auch wahrscheinlich daran schuld, dass die eingeführten Süsswasseramöben, Theilstücke von Plasmodien u. dgl., keine Pseudopodien im Plasmodium entwickeln. Doch kommen trotz des Einschlusses in eng anliegenden Vacuolen deutliche Umrissänderungen der eingeführten amöboid beweglichen Ingesta zu Stande, denen die Vacuolenhaut passiv folgt, und Euglenen führen in den Plasmodien anscheinend mit gleicher Energie wie ausserhalb der letzteren ihre protractiven und contractilen Bewegungen aus, wenn sie im Protoplasma der Plasmodien oder in Vacuolen eingebettet sind.

Hieran knüpfen sich die Beobachtungen über den Einfluss beweglicher Organismen auf das umgebende Protoplasma der Plasmodien, in welcher Beziehung besonders die Euglenen interessante Details lieferten. Aus diesen Beobachtungen ergibt sich, dass die inneren Plasmodiumschichten gegen heftige, locale Erschütterungen nicht empfindlich sind und dass auch ein von Innen gegen die äussere Plasmahülle des Plasmodiums gerichteter Stoss keine Reizung an den betreffenden Stellen verursacht.

Aufnahme von kleinen Plasmodien in grössere derselben oder einer anderen Art zeigte, dass zwei heterogene Plasmodien in dieser

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0227-9

gegenseitigen Umschliessung nicht verschmelzen können, während dies für zwei homogene Plasmodien nur selten zutreffen dürfte. Es scheint überhaupt die Innenhaut mit der Aussenhaut viel schwieriger zu verschmelzen, als die Aussenhaut mit ihresgleichen.

---

In den meisten Fällen (ca. 25) hatte ein längerer Einschluss im Plasmodium, welcher mehrere Stunden bis einige Tage gedauert hatte, keinen tödtlichen Einfluss auf die lebenden Ingesta.

In vier Fällen wurden lebende Körper, darunter drei Primordialzellen, nach mehrstündigem Verbleib im Plasmodium getödtet.

Darnach und nach der kurzen Lebensdauer zu urtheilen, sind überhaupt die Plasmodien der von mir untersuchten Myxomyceten nicht auf die Abtödtung und Verdauung der lebenden Körper verschiedener Art in erster Linie eingerichtet.

Demgemäss müssen hauptsächlich nur todte Elemente (z. B. todte Pflanzentheile und deren Infusa) zur Ernährung dienen, mögen sie in gelöster oder ungelöster Form aufgenommen werden. Wie ungelöste Proteïnstoffe, also auch todte Protoplasten etc., zum Zwecke der Ernährung vom Plasmodium verdaut werden, soll im zweiten Theile auseinandergesetzt werden.

Die Tödtung, wo sie eintritt, findet sowohl anscheinend im Protoplasma, als auch in den Vacuolen des Plasmodiums statt. Demnach könnten in beiden Fällen verschiedene tödtende Wirkungen im Spiele sein.

Auch je nach den specifischen und individuellen Eigenschaften des Ingestums könnten in demselben Plasmodium verschiedene Ursachen einen tödtlichen Erfolg erzielen, und es bleibt fraglich, ob nicht vielfach combinirte Wirkungen sich geltend machen.

Für die causale Erkenntniss kann schon der Ausschluss bestimmter Wirkungen nutzbringend sein, und so ist zunächst gewiss, dass Sauerstoffmangel nicht die Ursache des Absterbens einzelner lebenden Ingesta sein kann. Dieses gilt ohne Zweifel überhaupt für alle aufnehmenden Protoplasten.

Da mit dem Einschluss in das Protoplasma und in Vacuolen den eingeführten Organismen häufig die Nahrungszufuhr abgeschnitten werden dürfte, so könnte in bestimmten Fällen Nahrungsmangel (Hunger) das Ausschlag gebende Moment sein, oder wenigstens gewisse für die Tödtung der lebenden Ingesta günstige Dispositionen herbeiführen. Für die vorliegenden Versuche ist wenigstens so viel gewiss, dass Nahrungsmangel nicht die einzige Ursache der Tödtung war, da die

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0228-5

zur Controle in reinem Wasser (also auch bei Nahrungsabschluss) gehaltenen lebenden Organismen in derselben Zeit nicht getödtet wurden. Dagegen ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass Nahrungsmangel ein oder das andere Mal ein für die Tödtung im Plasmodium begünstigendes Moment war. Für die mit Zellhaut umkleideten unbeweglichen Protoplasten, sofern sie im Plasmodium getödtet werden *(Ulothrix subtilis)*, kann ferner, da andere, z. B. mechanische, Wirkungen ausgeschlossen sind, bloss die Wirkung gelöster Substanzen maassgebend sein.

Da plasmolytische Wirkungen auch nicht zu Stande kommen, wohl infolge der geringen Concentration der Vacuolensäfte und wegen der kleinen osmotischen Kraft des flüssigen Protoplasmas, so können nur chemische Einflüsse allein oder in Verbindung mit anderen Ursachen die Tödtung der zellhautumkleideten Zellen herbeiführen.

Inwieweit Verdauungssäfte dies vermögen, ist noch nicht genügend bekannt, doch liesse sich vielleicht die Tödtung der Zellen von *Ulothrix subtilis* auf solche Wirkungen zurückführen.

Interessant ist, dass in Vacuolen, in welchen coagulirtes Eiweiss verdaut wird, bestimmte Bacterien, sofern sie darin geeignete Nährstoffe vorfinden, ganz gut fortkommen, ja unter Umständen sich sogar vermehren. Demnach üben weder die allerdings sehr schwach saueren Secrete, noch das verdauende Enzym einen schädlichen Einfluss auf die betreffenden Bacterien aus.

Inwieweit vielleicht die Cellulosehaut und dergleichen die Protoplasten vor schädlichen Wirkungen verschiedener Art zu schützen vermag, ist nicht bekannt, und ebenso nicht, inwieweit die oben erwähnten mechanischen Hemmungen auf die nackten, beweglichen Zellen schädlich einwirken.

## II. Theil.

## Versuche über Verdauung in den Plasmodien.

Die Frage der Intracellularverdauung wurde meist erst in der neuesten Zeit eifrig studirt, und es liegen in dieser Beziehung, besonders seitens der Zoologen, verschiedene Beobachtungen und Angaben vor.

Was die Verdauung der Eiweissstoffe anbelangt, so hat schon Greenwood[1]) in der *Amoeba proteus* und in einem *Actinosphaerium*

1) Journal of Physiologie, 1886, VII. p. 253—273. (Auszug in: Journal of the royal microscopical society, 1887, I. p. 251).



Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0229-3

die allmähliche Verdauung eingeführter Fremdzellen angegeben. Er spricht von Nahrungsresten (Ejecta), die in Vacuolen mitgeschleppt und schliesslich ausgestossen wurden. In ähnlicher Weise hat Lister[1]) die Auflösung von stäbchenförmigen Bacterien im Innern der Schwärmsporen und Amöben der Myxomyceten beobachtet, und er sah auch bei einer anderen Gelegenheit[2]) Pilztheile in den Plasmodien von *Badhamia utricularis* der „Verdauung" anheimfallen. Einwurfsfreie Untersuchungen hat aber früher schon Meissner[3]) angestrebt, indem er verschiedenen Rhizopoden und Infusorien gekochte Dotterkügelchen zur Aufnahme bot. Doch fand in dem Leibe der genannten Thiere keine Verdauung von Dotter statt, während auf der anderen Seite die Protoplasten der aufgenommenen Protozoën, Algen und Pilze „verflüssigt und aufgesaugt" wurden. Ich habe nun ähnlich wie Meissner einen coagulirten Proteïnstoff angewendet, und zwar einen solchen, der im Vergleiche mit Dotter leichter verdaut wird. Ich wählte das gegen verschiedene Reagentien (Alkalien, Säueren in verdünnter Lösung) mit Ausnahme der Enzyme ziemlich resistente coagulirte Eiweiss (Hühnereiweiss). Die Anwendung eines solchen einfachen, nicht organisirten Körpers statt des aus verschiedenartigen Substanzen bestehenden Plasmakörpers war aber mit Rücksicht auf Sicherheit und Exactheit der Untersuchungen unerlässlich.

Was die bisherigen Kenntnisse über Stärkeverdauung in den niederen, einzelligen Organismen betrifft, so sind einzelne Beobachtungen über diesen Gegenstand schon ziemlich alten Datums. So hat Cienkowki[4]) schon 1863 die von *Chondrioderma difforme* aufgenommenen Stärkekörner beobachtet, ohne während kurzer Zeit irgend welche Veränderungen an ihnen zu sehen. Später hat Wortmann[5]) Stärkekörner in Plasmodien von *Aethalium septicum* eingeführt und beschreibt die Corrosionen, die nach längerer Zeit entstanden sind. Neuerdings untersuchte Lister[6]) die Fähigkeit oder Unfähigkeit der Plasmodien von *Badhamia utricularis* aufgenommene Stärke in Lösung

---

1) A. Lister, The Journal of the Linnean Society 1889 p. 292 und 1890 p. 435.

2) A. Lister, Annals of Botany (London, Oxford 1890) p. 292.

3) Zeitschrift für wissensch. Zoologie 1888 p. 508.

4) Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik (Pringsheim) Bd. III, 1863, p. 335.

5) Vgl. de Bary, Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze 1884 p. 487.

6) A. Lister, Annals of Botany (London, Oxford 1888/89) Bd. II. p. 5.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0230-4

zu überführen, und fand, dass nur gequollene Stärke der Verdauung anheimfällt. Wie zu ersehen, stimmen die Angaben über die Stärkeverdauung in den Plasmodien nicht mit einander überein, was sich aber nach Pfeffer[1]) dahin deuten lässt, dass die Plasmodien specifisch und vielleicht auch nach Culturbedingungen verschiedene lösende Fähigkeiten entwickeln.

Es war diesbezüglich meine Aufgabe, recht zahlreiche und möglichst variirte Versuche mit Stärke auszuführen, um diese und noch andere Fragen, was die Auflösung der Stärke in den Plasmodien betrifft, lösen zu können.

---

### A. Verdauung von coagulirtem Eiweiss.

Frisches Hühnereiweiss, welches durch Schütteln mit Glasscherben von seinen häutigen Bestandtheilen befreit und nachher neutralisirt wurde,[2]) wurde durch Leinwand filtrirt und bei Siedehitze erstarren gelassen. Die geronnene Maasse wurde klein zerschnitten, in kochendem Wasser eine Zeit lang gewaschen, bei 100° C. getrocknet und schliesslich zu feinem Pulver zerrieben. Dieses bestand aus verschieden grossen bis 30 μ Breite messenden Partikeln, die meistentheils scharfe Kanten und Ecken besassen.

Zum Zwecke der Aufnahme setzte ich je ein bestimmtes Quantum Eiweisspulver den auf Objectträgern im Wassertropfen befindlichen Plasmodien zu, nachdem ich das betreffende Nahrungsmaterial früher in reinem Wasser aufquellen und eventuell noch aufkochen liess. Es sei bemerkt, dass längstens zwei Stunden nach dem Darbieten das überschüssige Eiweisspulver vorsichtig mit reinem Wasser abgespült wurde.

Die Eiweisskörnchen befanden sich unmittelbar nach der Aufnahme anscheinend alle im Protoplasma eingebettet und wurden zum grossen Theil mit den Strömungen hin- und hergeführt. Im Einklang mit den schon früher gewonnenen Erfahrungen (an lebenden Körpern) wurden die ungefähr 10—20 μ breiten Körnchen, also gerade diejenigen, welche häufig und leicht von den im Plasmodium herrschenden Strömungen mitgeführt wurden, am längsten (oft mehrere Tage) im Plasmodium zurückgehalten, während die über 20 μ breiten Partikeln gewöhnlich bald nach ihrer Aufnahme ausgegeben wurden. Aus den

---

1) Ueber Aufnahme und Ausgabe ungelöster Körper (Leipzig 1890) p. 161.

2) Ich habe eine Portion Eiweiss mit einem Tropfen Essigsäure angesäuert und so lange alkalisch reagirendes Eiweiss zugesetzt, bis neutrale Reaction eintrat. Vgl. Herrmann (Maly) Handbuch der Physiologie Bd. V 2. p. 74.



Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0231-0

später mitzutheilenden Gründen war es geboten, häufig, besonders am Anfang des Versuches, die Plasmodien mit reinem Wasser abzuspülen.

Um einzelne von den kleinsten Eiweisspartrikeln (von ungefähr 5 μ Grösse) bildeten sich bereits fünf oder sechs Stunden nach der Aufnahme kleine Vacuolen.[1]) Nach weiteren sechs Stunden sah man in der Regel schon viele der bis dahin anscheinend im Protoplasma eingebetteten Körnchen in Vacuolen eingeschlossen, und bei aufmerksamer Betrachtung konnte die Entstehung solcher Vacuolen in den ruhigen Plasmaschichten direct verfolgt werden. Mittlerweile waren auch um die 10 μ breiten Partikeln Vacuolen zum Vorschein gekommen.

Die Annahme, dass hier eine beginnende partielle Auflösung der eingeführten Eiweisskörnchen, ähnlich wie diejenige der Vitellinkryställchen in den Versuchen Pfeffer's[2]) die Bildung oder wenigstens das baldige Wachsthum der Vacuolen veranlasste, wurde im weiteren Verlauf der Beobachtungen bestätigt. Ich sah bald, dass die in den Vacuolen eingeschlossenen Eiweisspartikeln allmählich ihre Ecken und Kanten verloren hatten und mehr oder weniger rund umschrieben waren.

Befanden sich früher im Plasmodium nur vereinzelte leere, d. h. keine Eiweisspartikel enthaltenden Vacuolen, so wuchs deren Zahl von ungefähr 12 bis 18 Stunden nach der Aufnahme in höchst auffälliger Weise, während auf der anderen Seite offenbar die Zahl der in Vacuolen suspendirten Eiweisspartikel beständig abnahm, ohne dass anscheinend eine bedeutendere Ausgabe derselben in das Protoplasma oder nach Aussen stattgefunden hatte. Uebrigens waren die leeren Vacuolen meist von solcher Grösse, die den vor der Aufnahme im Plasmodium allein anzutreffenden Vacuolen nicht zukam. Dagegen stimmten die grossen Vacuolen, was ihre Dimensionen anbelangt, im Allgemeinen mit denjenigen überein, die noch Eiweisspartikel in ihrem Innern führten. Alles deutete somit darauf hin, dass die betreffenden Körner schliesslich total aufgelöst werden.

Um hierüber volle Sicherheit zu gewinnen, habe ich versucht, die „leeren", vermuthlich durch totale Auflösung des coagulirten Eiweisses entstandenen Vacuolen dadurch zu markiren (von anderen Vacuolen unterscheidbar zu machen), dass ich den Eiweisskörnchen unlösliche, dunkle Partikel eingebettet habe, in der Hoffnung, dass

1) Ich beschreibe hier einen concreten Fall.

2) W. Pfeffer, Zur Kenntniss der Plasmahaut und der Vacuolen etc. 1890 p. 197.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0232-5

letztere, falls wirklich eine totale Auflösung des coagulirten Eiweisses im Plasmodium stattfindet, in den Vacuolen schliesslich allein zurückbleiben würden.

Zu diesem Zwecke habe ich flüssiges Eiweisspräparat mit Lampenruss versetzt, das Gemisch zum Erstarren gebracht und in der bekannten Weise zu feinem Pulver verarbeitet. Die einzelnen Körnchen enthielten jetzt schwarze Partikel in ihrem Innern eingeschmolzen und traten auch desshalb nach der Aufnahme deutlicher aus den Plasmodien hervor. Wie ich erwartet hatte, kamen als Beweis dafür, dass geronnenes Eiweiss vollständig im Plasmodium aufgelöst wird, ungefähr 10 Stunden nach der Aufnahme Vacuolen zum Vorschein, in denen bloss die Russpartikel einzeln oder zu kleinen Häufchen eingeschlossen waren. Am anderen Tage (24 Stunden nach der Aufnahme) enthielt das Plasmodium fast nur solche mit Russ markirte Vacuolen.

Ich habe ausserdem in kleinen Plasmodien, die eine dauernde Fixirung eines darin befindlichen Körpers zuliessen, die Auflösung von coagulirtem Eiweiss Schritt für Schritt verfolgt, und sah hierbei, wie die Körnchen bis zu ihrem definitiven Verschwinden allmählich kleiner und kleiner wurden.

Anlässlich der Versuche mit gefärbten Eiweisskörnchen stellte sich übrigens heraus, dass der als Reagens für saure oder alkalische Reaction fungirende Farbstoff, sofern er nämlich für Plasmodien impermeabel ist, die Vacuolen, welche durch Auflösung der Eiweisskörnchen gebildet wurden, dauernd als solche erkennen lässt und die Anwendung anderer Marken überflüssig macht. Ein weiterer Vortheil der Färbungsmethode bestand jedoch darin, dass die Eiweisskörnchen und die betreffenden Vacuolen überall deutlich in dem Protoplasma hervortraten und dass folglich jederzeit ein leichter Ueberblick über den Gesammtzustand im Plasmodium, was die Auflösung von coagulirtem Eiweiss betrifft, gewonnen werden konnte. Besonders schöne Färbungen erzielte ich mit dem schon von Pfeffer bei ähnlicher Gelegenheit[1]) benutzten Congoroth, in welchem ich anfänglich ein empfindliches Reagens für die sauere Reaction im Plasmodium zu besitzen glaubte, was aber bald als nicht zutreffend erkannt wurde. Dennoch verdanke ich diesem Farbstoff einige Beobachtungen, die mir früher, als ungefärbte Eiweisskörnchen zur Aufnahme geboten wurden, entgangen waren.

---

1) W. Pfeffer, l. c. p. 210.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0233-1

Ich sah nämlich, dass die in den Strombahnen befindlichen, beständig hin- und hergeführten Eiweisskörnchen im Allgemeinen früher von Vacuolen umgeben und rascher aufgelöst wurden, als die in verhältnissmässig ruhigen Plasmaschichten weilenden Partikel. In ganz kleinen Plasmodien traten dagegen die erwähnten Differenzen nicht so deutlich zu Tage.

Es hat den Anschein, als ob durch die kräftigen Plasmaströmungen selbst irgendwelche für die Auflösung von coagulirtem Eiweiss besonders günstige Bedingungen geschaffen würden. Und da bekanntlich durch kräftige Plasmaströmungen Mischung und folglich auch Diffusion im Protoplasma und in Vacuolen gefördert wird, da ferner infolge dessen auch der osmotische Austausch zwischen Protoplasma und Vacuolen erheblich gesteigert werden kann, so liesse sich vielleicht auf diese Verhältnisse die so rasche Auflösung von Eiweisspartikeln zurückführen.

Im Laufe der weiteren und oft wiederholten Versuche über Aufnahme von coagulirtem Eiweiss sah ich, dass die Auflösung von dem letztgenannten Stoff keineswegs in allen Plasmodien derselben Species *(Chondrioderma difforme)* gleich rasch und energisch vor sich ging. Ja selbst aus derselben Cultur stammende Plasmodien wiesen in dieser Beziehung zuweilen beträchtliche Differenzen auf. Im Ganzen besitzen die jungen Plasmodien, also diejenigen, die soeben in den Culturen zum Vorschein kamen, die grösste Verdauungskraft, die mit dem Alter der Plasmodien allmählich abnimmt. Wenigstens steht die Verdauung in jenen Entwickelungszuständen, die der Fruchtbildung der Myxomyceten unmittelbar vorangehen, stille, oder sie ist bereits auf ein Minimum beschränkt.

Was die lebenskräftigen, jungen Plasmodien betrifft, so werden Eiweisskörnchen in ihrem Innern durchschnittlich innerhalb zwei Tagen vollständig aufgelöst. Es gibt jedoch Fälle, wo schon 18 bis 24 Stunden nach der Aufnahme fast alles bis auf wenige Reste aufgelöst wurde, während dagegen in den älteren Plasmodien manchmal vier oder fünf Tage verstrichen, ehe die meisten Eiweisskörnchen verflüssigt waren.

Es frug sich nun zunächst, ob die Auflösung von coagulirtem Eiweiss, welche im Plasmodium stattfindet, nur diesem zugeschrieben werden darf, oder ob sie am Ende vielleicht ausschliesslich das Werk anderer Wesen (Bacterien) ist.

In der Erwägung, dass für die meisten Versuche mit coagulirtem Eiweiss auch ziemlich reine Plasmodien zur Verwendung kamen, so dass besonders während der Aufnahme keine oder nur wenig

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0234-7

bewegliche Bacterien ausserhalb des Plasmodiums vorhanden waren; in der Erwägung ferner, dass die Auflösung von coagulirtem Eiweiss ein so allgemeiner, d. h. im Laufe der Zeit fast über alle eingeführten Ingesta (Eiweisspartikel) sich erstreckender Vorgang ist, hatte die zweite Alternative, dass vielleicht nur Bacterien (und nicht die Plasmodien selbst) die Auflösung von coagulirtem Eiweiss veranlassen oder hierbei wesentlich mitwirken, wenig für sich. Dennoch versäumte ich nicht, die im besagten Auflösungsprocess entstehenden Vacuolen mit Hilfe starker Vergrösserungssysteme (homogene Immersion) auf die An- oder Abwesenheit der Bacterien direct zu prüfen.

Die Beobachtung ergab nun, dass in den meisten Fällen keine Spaltpilze in den besagten Vacuolen vorhanden waren, wenn nur die zum Versuche bestimmten Plasmodien und deren Umgebung, wenigstens während der Aufnahme, annähernd bacterienfrei blieben, und wenn die gelegentlich später zur Ausgabe gelangenden Eiweisspartikel sofort mit reinem Wasser abgespült wurden.

Falls dagegen bei der Aufnahme Bacterien, besonders bewegliche Formen (Stäbchen, Coccen) zugegen waren, so enthielten unter Umständen einzelne Vacuolen während und nach erfolgter Auflösung der betreffenden Eiweisskörnchen ein oder mehrere Individuen eingeschlossen, die dann gewöhnlich lebhafte Bewegungen äusserten und den Vacuolenraum nach allen Richtungen hin durchkreuzten. In selteneren Fällen, und das zwar, wenn sehr unreine Plasmodien angewendet wurden, traf man zahlreiche Vacuolen an, in denen Bacterien suspendirt waren. Sehr schön konnte man die beweglichen (seltener bewegungslosen) Bacterien in den Vacuolen zur Anschauung bringen, wenn man das später noch zu besprechende, die Auflösung von coagulirtem Eiweiss beschleunigende Reagens, nämlich eine sehr verdünnte Lösung von kohlensauerem Kali, Natron oder Ammon, in das Innere der Plasmodien diosmiren liess, und nach ungefähr einer halben Stunde wieder mit reinem Wasser ersetzte. Infolge der raschen Auflösung wurden meistentheils riesige Vacuolen gebildet, in denen jetzt Bacterien, falls solche vorhanden waren, mit Leichtigkeit beobachtet werden konnten. Es waren meist Kurzstäbchen oder Coccen, nicht selten auch Diplococcen und in Theilung begriffene Stäbchen.

Da, wie wir eben gesehen haben, die Anzahl der in einem Plasmodium schliesslich vorhandenen Bacterien-Vacuolen sich darnach richtet, ob während der Aufnahme mehr oder weniger zahlreiche Bacterien ausserhalb des Plasmodiums anwesend waren, so erschien es wahrscheinlich, dass letztere mit den Eiweisskörnchen in das Innere

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0235-3

der Vacuolen gelangten. Für diese Annahme spricht nebenbei auch die öfter gemachte Beobachtung, dass in stark bacterienhaltiger Flüssigkeit einzelne Schwärmer an die Eiweisskörnchen sich festsetzten und an ihnen haften bleiben.

Ob die Bacterien, die man in den Vacuolen antrifft, auch an der Auflösung von Eiweisskörnchen theilnehmen, ist nicht gewiss. Doch könnte dies leicht der Fall sein, da viele Bacterien bekanntlich eiweissverdauende Enzyme ausscheiden. Dagegen ist aber sicher, dass sich Bacterien unter Umständen in den Verdauungsvacuolen vermehren und demgemäss zweifellos auf Kosten der Lösungsproducte von coagulirtem Eiweiss leben, worüber speciell in dem ersten Theil dieser Arbeit nachzulesen ist.

Hier sei nur noch einmal auf die wichtige Thatsache hingewiesen, dass, wie die Erfahrungen gelehrt haben, Plasmodien auch bei völliger Abwesenheit der Bacterien, also aus eigenen Mitteln coagulirtes Eiweiss in Lösung zu überführen vermögen.

---

Fragen wir nun weiter, was für Mittel den Plasmodien dieserhalb zu Gebote stehen, so müssen wir alle Umstände erwägen und besonders alle sichergestellten Thatsachen in Rechnung ziehen. Und da fällt zunächst die Thatsache in die Augen, dass die Auflösung der Eiweisskörnchen niemals ausschliesslich im Protoplasma (ohne Vacuolenbildung) sich vollzieht — ähnlich wie es Pfeffer[1]) in besonderen Fällen für einzelne im Plasmodium sich lösende Asparaginkrystalle nachwies —, sondern dass dieselbe von dem Erscheinen der Vacuolen an bis zu Ende durchwegs in den letzteren, also ausserhalb des Protoplasmas vor sich geht.

Hiemit war aber eine directe Betheiligung des Protoplasmas an dem Lösungsvorgang ausgeschlossen, und es drängte sich der Gedanke auf, dass gewisse vom Protoplasma secernirte und in den Vacuolen gelöste Substanzen die Auflösung von coagulirtem Eiweiss im Plasmodium verursachen. Für eine derartige chemische Wirkung und zwar speciell für eine Verdauung, bei welcher bekanntlich Enzyme immer die Hauptrolle spielen, sprachen besonders die schönen Untersuchungen Krukenberg's.[2]) Nach diesem Autor lässt sich nämlich aus den Plasmodien von *Aethalium septicum* ein Enzym extrahiren, welches bloss in sauerer Lösung coagulirtes Eiweiss verflüssigt und in

1) Zur Kenntniss der Plasmahaut und der Vacuolen etc. 1890 p. 201 und 202.

2) Krukenberg, Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten u. s. w. (Unters. aus d. physiolog. Institut d. Univ. Heidelberg. Bd. II 1878).

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0236-9

Peptone verwandelt. Da nun aber die Auflösung von coagulirtem Eiweiss, welche einerseits von Krukenberg in den enzymhaltigen Auszügen aus *Aethalium septicum,* anderseits von mir in den Plasmodien (darunter auch von *Aethalium*) beobachtet wurde, was das Formelle betrifft, in beiden Fällen gleich ist,[1]) so gewann die Annahme noch mehr an Wahrscheinlichkeit, dass in beiden Fällen dasselbe Enzym an der Auflösung von coagulirtem Eiweiss betheiligt war.

Es war nun Aufgabe weiterer Forschungen, zu untersuchen, unter welchen Umständen die Auflösung von coagulirtem Eiweiss im Plasmodium vor sich geht, und besonders, ob doch eine peptische oder aber tryptische Verdauung vorliegt.

### 1. Ueber die Reaction in den Verdauungsvacuolen.

Da einerseits nach Krukenberg aus den Plasmodien von *Aethalium septicum* ein Enzym sich extrahiren lässt, welches bloss in sauerer Lösung coagulirtes Eiweiss verflüssigt, und da anderseits, wie ich oben gezeigt habe, in verschiedenartigen Plasmodien (auch von *Aethalium septicum*) ebenfalls coagulirtes Eiweiss aufgelöst wird, so war der Gedanke nahe, dass, wie schon erwähnt wurde, die Auflösung eines und desselben Körpers in beiden Fällen gleichen Ursachen entspringt. Besonders für *Aethalium septicum* musste es daher wichtig erscheinen zu erfahren, ob der in gleichnamigen Plasmodien sich abspielende Vorgang ebenfalls nur bei Gegenwart sauer reagirender Stoffe stattfindet, oder nicht. Denn im positiven Falle würde mit einer an Wahrheit grenzenden Wahrscheinlichkeit sich ergeben, dass bei der Eiweissverdauung in den Plasmodien von *Aethalium septicum* genau dasselbe Enzym betheiligt ist, welches von Krukenberg aus den genannten Myxomyceten extrahirt wurde. Falls auch Plasmodien anderer Myxomyceten in Bezug auf die Reaction sich ähnlich verhalten würden, so müsste auch für diese als höchst wahrscheinlich gelten, dass in ihnen peptische Enzyme wirksam sind.

Es trat also an mich die Aufgabe heran, die Verhältnisse der Reaction in den lebenden Plasmodien eingehend zu studiren, und besonders den Vacuolen, worin coagulirtes Eiweiss aufgelöst wird, volle Aufmerksamkeit zu schenken. Ich liess desshalb gleichzeitig mit den Eiweisspartikeln passende Reagentien für sauere und alkalische

1) Sowohl Eiweisspartikel in den Plasmodien als auch Würfeln von coagulirtem Eiweiss im Auszuge aus Aethalium septicum verlieren zunächst ihre Kanten und Ecken und werden überhaupt von Aussen allmählich aufgelöst.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0237-5

Reaction aufnehmen, wozu absichtlich Farbstoff-Indicatoren gewählt wurden, denen die Fähigkeit abgeht, durch die lebenden Plasmodien zu diosmiren.

Anfangs benutzte ich, wie schon erwähnt wurde, das Congoroth, welches in neutraler oder alkalischer Lösung roth, bei Gegenwart von Säuren [1]) jedoch blau oder violett erscheint.

Die eingeführten mit Congoroth gefärbten Eiweisskörnchen bleiben dauernd roth gefärbt und werden, indem sie sich auflösen, in der bekannten Weise von Vacuolen umgeben, die grösstentheils roth erscheinen. Nur hie und da sieht man eine Vacuole mehr oder weniger rothviolett bis schmutzigviolett gefärbt. Demnach glaubte ich annehmen zu dürfen, dass die Reaction in dem Vacuolensafte zum kleinen Theil schwach sauer, zum grösseren jedoch neutral oder neutral und alkalisch ist.

Die Erscheinung, dass trotz der Acidität des Zellsaftes, und zwar sowohl in den ursprünglich saueren, als auch in den künstlich (durch diosmotische Aufnahme) angesäuerten Vacuolen die darin suspendirten Eiweisskörnchen ihre Rothfärbung dauernd behielten, schien mir anfangs darauf hinzudeuten, dass die saueren Secrete oder die künstlich eingeführten Säuren, wenigstens in dieser nachweislich geringen Concentration nicht in das Innere der Eiweisskörnchen vordringen. Bald sollte ich jedoch die Ueberzeugung gewinnen, dass dies nicht zutrifft, sondern dass die verschiedenartigen von mir darauf geprüften Säuren coagulirtes Eiweiss in der That durchwandern [2]) und dennoch keine Farbenänderung des imbibirten Congoroth erzielen. Desshalb musste ich annehmen, dass der im freien, gelösten Zustande allerdings empfindliche Farbstoff, sobald er an das coagulirte Eiweiss gebunden wird, seine Empfindlichkeit als Reagens für Säuren (und zwar selbst für ziemlich concentrirte Säuren) wesentlich einbüsst. Eine Analogie fand ich später in dem Cyanin, [3]) welches durch verdünnte Säuren nur äusserst langsam entfärbt wird, nachdem es vorher von verschiedenen

1) Mit Ausnahme der Kohlensäure und vielleicht noch anderer schwachen Säuren und saueren Salze.

2) Aus Anlass der Versuche mit Lakmus, welche den Zweck verfolgten, nachzuweisen, ob den durch Congoroth roth gefärbten Verdauungsvacuolen durchgehendes neutrale oder zum Theil vielleicht alkalische Reaction zukommt, fand ich, dass die Eiweisspartikel keineswegs impermeabel für die verdünnten Säuren u. dgl. sein können, da sich der in ihnen eingeschlossene Lakmusfarbstoff entsprechend mehr oder weniger violettroth bis roth färbte, wenn sehr verdünnte Säurelösungen zugesetzt wurden.

3) Vgl. Pfeffer, Ueber Aufnahme von Anilinfarben in lebende Zellen. (Untersuchungen aus dem botanischen Institut zu Tübingen. II. Bd., 1886, p. 260).

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0238-1

Protoplasten gespeichert worden war. In dieser Beziehung ist übrigens Congoroth noch weit weniger empfindlich als Cyanin, da es selbst nach tagelangem Verweilen der mit ihm gefärbten Eiweisskörnchen in mehr oder weniger verdünnten Säuren nicht blau verfärbt wird.

Aber auch in anderer Hinsicht ist der Lakmusfarbstoff dem Congoroth vorzuziehen, da er weit genauer als Congoroth den Stand der Reaction während und nach der Verdauung von coagulirtem Eiweiss im Plasmodium angibt. Der letztgenannte Farbstoff scheint nämlich unter den in der Verdauungsvacuole waltenden Verhältnissen (wohl in Gegenwart der Lösungsprodukte von coagulirtem Eiweiss) für die sauere Reaction weniger empfindlich zu sein als sonst.[1]) Vielleicht treten aber in einzelnen Verdauungsvacuolen auch solche sauer reagirende Stoffe auf, welche, abgesehen von der Kohlensäure, mit Congoroth nicht reagiren, während sie Lakmus röthen.

Nach diesem kleinen Excurs mögen die Beobachtungen über die Lakmusreaction vor und während der Eiweissverdauung im Plasmodium angeführt werden.

Da der Lakmus-Farbstoff[2]) im Wasser gelöst von dem coagulirten Eiweiss nicht gespeichert wird, musste ich einen anderen Weg einschlagen, um den ersteren an das letztere zu binden. Zu diesem Zwecke vertheilte ich den durch Alkohol gewonnenen, feinflockigen Niederschlag in annähernd gleichem Volum von flüssigem und neutralisirtem Hühnereiweiss, rührte tüchtig um und liess wieder bei 100° C. gerinnen. Das Pulver, zu welchem die coagulirte Masse in der bekannten Weise verarbeitet wurde, bestand aus Körnchen, deren jedes ein wenig von dem Farbstoff eingeschmolzen enthielt.

Nachdem die Aufnahme beendet war, lange bevor noch die ersten Vacuolen um die Eiweisskörnchen zum Vorschein kamen, sah ich, dass viele von den letzteren einen mehr oder weniger violettrothen bis rothen Farbenton angenommen hatten. Die Zahl der so verfärbten

1) Wie gelöste Stoffe die Empfindlichkeit des Congoroths herabsetzen können, geht aus dem folgenden Beispiel hervor. Einer Lösung von Congoroth, die bei Zusatz von 0,002 % Citronensäure einen violetten Farbenton annimmt, muss bei Zusatz von 1 % Pepton schon 0,03 % Citronensäure zugefügt werden, um die gleiche violette Nuance zu erzielen, während 2 % Pepton 0,13 % Citronensäure erforderte.

2) Ich bereitete mir das Präparat, indem ich frisch hergestellte blaue Tinctur (wässeriger Auszug) bis zur weinrothen Färbung mit Salzsäure neutralisirte und mit absolutem Alkohol versetzte. Hiebei fiel ein lockerer Niederschlag aus, der am Filter gesammelt, in Wasser gelöst und wieder mit absolutem Alkohol niedergeschlagen wurde. Ich erhielt schliesslich eine rothviolette Masse, die im trockenen Zustande aufbewahrt werden konnte.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0239-9

Ingesta wuchs rasch und betrug im gegebenen Falle nach ungefähr sechs Stunden ca. ein Drittel aller, eventuell noch mehr.

Später kamen durch Auflösung von coagulirtem Eiweiss allmählich wieder die bekannten Vacuolen zum Vorschein, die gewöhnlich sehr bald entsprechende Färbungen annahmen. Was aber sehr auffällig war und in kleineren Plasmodien bequem beobachtet werden konnte, ist der Umstand, dass die Auflösung von coagulirtem Eiweiss sowohl bei deutlich sauerer, als auch bei nachweislich vollkommen neutraler Reaction[1]) des Vacuolensaftes und der Eiweisskörnchen von statten ging. Auch was die Schnelligkeit dieses Vorganges in den beiden Fällen betrifft, sah ich keinen besonderen Unterschied.

Ungefähr 12 bis 18 Stunden nach der Aufnahme, wo die Verdauung bereits ihren Höhepunkt erreicht hatte, erstreckte sich die sauere Reaction über ein Drittel oder die Hälfte aller Vacuolen, während die übrigen Vacuolen noch die frühere rothviolette Färbung besassen und demgemäss bloss neutral reagirten. Alkalische Reaction trat überhaupt nicht in den Verdauungsvacuolen zu Tage und wie wir sehen werden, auch nicht bei der Verdauung von Stärke.

Da schon eine 0,01procentige Citronensäure, welche in das Plasmodium diosmirt, in zahlreichen Vacuolen fast denselben rothen Farbenton hervorbringt, welchen in einzelnen und zwar am stärksten saueren Vacuolen der Lakmus besitzt, so kann hiernach beurtheilt werden, wie verdünnt die saueren Secrete sein müssen, selbst wenn in ihnen eine schwächere Säure vorhanden wäre, als Citronensäure.

Sehr interessant waren auch die Versuche mit coagulirtem, aber nicht neutralisirtem Eiweiss, welches mit blauem Lakmus „gefärbt" war. Es kamen wieder Vacuolen zum Vorschein, die aber zum Theil alkalisch blieben, während die übrigen neutral bis deutlich sauer wurden. Die Verdauung ging jedoch ebenso schnell bei alkalischer wie bei sauerer oder neutraler Reaction vor sich.

Bemerkenswerth ist zuerst die Thatsache, dass die mit Lakmus markirten Eiweisskörnchen schon während eines kurzen Einschlusses im Protoplasma theilweise eine mehr oder weniger ausgesprochene sauere Reaction in ihrem Innern anzeigen, während die übrigen Ingesta neutral (resp. alkalisch) bleiben. Diese Differenzen lassen sich jedoch nicht auf die ungleichen physikalischen Eigenschaften (z. B. Permeabilität und Speicherungsvermögen) der Eiweisskörnchen zurückführen,

1) Nicht nachweisbare Mengen von Kohlensäure können keine Bedeutung für die Verdauung haben.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0240-9

da, wie Controlversuche dargethan haben, sehr verdünnte Säurelösungen an allen Eiweisspartikeln den gleichen violettrothen resp. rothen Farbenton verursachen.

Vielmehr muss die Ursache dieser Differenzen in der Umgebung der Körnchen, d. h. im Plasmodium selbst gesucht werden. Falls die Eiweisskörnchen anfangs direct im Protoplasma eingebettet sind, so müsste, um die ungleich starke Ansäuerung zu erklären, eine local verschiedene Anhäufung von saueren Substanzen in der Umgebung der Eiweisspartikel angenommen werden. Falls dagegen letztere noch von einer zarten Plasmahaut umkleidet sind, so könnte man von einer local mehr oder weniger ausgiebigen Secretion gewisser sauer reagirender Stoffe sprechen.

Wenn es auch derweilen fraglich bleiben muss, ob das Auftreten sauer reagirender Substanzen in den scheinbar im Protoplasma eingebetteten Eiweisspartikeln als eine Secretion gedeutet werden kann oder nicht, so ist auf der anderen Seite bemerkenswerth, dass eine Secretion von saueren Substanzen in demselben Plasmodium wirklich stattfindet, nämlich später, wenn bereits Verdauungsvacuolen aufgetreten sind. Man sieht dann häufig einzelne neutral reagirende Vacuolen im Laufe der Zeit eine deutlich sauere Reaction annehmen. Da aber andere Vacuolen gleichzeitig neutral bleiben und auch später keine sauere Reaction annehmen, so ist hiemit erwiesen, dass betreffs dieser Secretion Differenzen auf den verschiedenen Orten eines und desselben Plasmodiums sich geltend machen.

Die Beantwortung der Frage, warum einzelne Eiweisskörnchen oder Vacuolen angesäuert werden, während die anderen neutral bleiben, muss derweilen dahingestellt bleiben. Es möge noch erwähnt werden, dass die sauere Reaction innerhalb der Eiweisspartikel und in den Vacuolen sich lange erhält, um erst lange nach Beendigung der Verdauung langsam der neutralen Platz zu machen.

Eingehender Besprechung ist auch die merkwürdige Thatsache werth, dass die Verdauung im Plasmodium von *Chondrioderma* sowohl bei sauerer, als neutraler Reaction vor sich geht, aber auch bei alkalischer stattfinden kann, und ferner, dass die Schnelligkeit derselben in den genannten drei Fällen keine erheblichen Unterschiede aufweist. Damit stimmt auch die Beobachtung überein, dass keine Beschleunigung der Verdauung eintritt, wenn während der letzteren die neutrale Reaction in der Vacuole in eine sauere umgewandelt wird.

Darnach haben die saueren Stoffe keinen oder nur unbedeutenden Einfluss auf die Verdauung der Eiweisskörnchen. Denn würden sie

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0241-5

einen solchen in irgendwie erheblicher Weise besitzen, so müsste man zur Erklärung der gleich energischen Auflösung in neutralen Vacuolen irgend welche substituirende Substanzen in der betreffenden Vacuolenflüssigkeit annehmen. Dann müsste aber bei der zuweilen eintretenden Umwandlung der neutralen Reaction in eine sauere, da eine gleichzeitig eintretende aequivalente Ausgabe (Exosmose) der fraglichen neutralen Substituenten sehr unwahrscheinlich ist, die Verdauung plötzlich gesteigert werden. Da aber dies niemals beobachtet wurde, so können die auftretenden saueren Secrete keinen erheblichen Einfluss auf die Verdauung von coagulirtem Eiweiss im Plasmodium ausüben. Damit soll jedoch keineswegs geleugnet werden, dass dieselben saueren Stoffe, wenn sie reichlicher auftreten würden als gewöhnlich, vielleicht eine beschleunigte Verdauung zu Stande bringen könnten. Auch soll ja nicht in Abrede gestellt werden, dass die saueren Stoffe überhaupt ohne Einfluss auf den Chemismus der Verdauung sein müssten.

Darnach schien mir nur Zweierlei möglich. Entweder besitzt das verdauende Agens (Enzym) keine peptischen Eigenschaften, ist von dem von Krukenberg aus *Aethalium septicum* gewonnenen Enzym verschieden, kommt vielmehr der Gruppe der tryptischen Enzyme nahe; oder es sind im Plasmodium besondere Bedingungen vorhanden, die das peptische Enzym befähigen, nicht nur bei der sehr schwach saueren und neutralen, sondern auch bei der schwach alkalischen Reaction coagulirtes Eiweiss in Lösung zu überführen.

Was diese besonderen Bedingungen im Plasmodium anbelangt, so lässt sich natürlich nichts Bestimmtes hierüber aussagen. Vielleicht besitzt das Enzym vor der Extraktion andere Eigenschaften als nach derselben, die es befähigen auch ohne Beihilfe von irgend welchen Säuren (überhaupt saueren Substanzen) coagulirtes Eiweiss in Lösung zu überführen.

Es mag noch bemerkt werden, dass ähnliche Verhältnisse der Reaction innerhalb der Eiweisskörnchen und der Vacuolen bei *Didymium microcarpum* und bei *Aethalium septicum* gefunden wurden.

## 2. Osmotische Aufnahme von Säuren und deren Einfluss auf die Eiweissverdauung.

Wie bereits Pfeffer[1]) fand, kann sehr verdünnte Citronensäure in das Innere der Plasmodien diosmiren, ohne dass hierbei die Le-

1) W. Pfeffer, Zur Kenntniss der Plasmahaut und der Vacuolen etc. 1890 p. 290.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0242-1

bensfähigkeit der letzteren verloren geht. Ich habe auch die osmotische Aufnahme benutzt um verdünnte Säuren in das Innere der Vacuolen, in welchen Eiweissverdauung stattfindet, einzuführen. Wie gesagt, müssen die Säurelösungen sehr verdünnt sein, da sonst leicht die Plasmodien beschädigt werden. So wandte ich Lösungen an, die 0,01 % Citronensäure, 0,008 % Weinsäure, oder 0,003 % Oxalsäure enthielten. Daneben kamen auch passend verdünnte Essigsäure, Ameisensäure, Salpetersäure und Salzsäure zur Verwendung, deren Procentgehalt jedoch nicht ermittelt wurde. Man thut häufig gut, wenn man nach der vollzogenen Einwanderung der betreffenden Säure, die am Rothwerden einzelner mit Lakmus gefärbter Eiweisskörnchen oder Vacuolen kenntlich ist, die saure Lösung ausserhalb des Plasmodiums gegen reines Wasser austauscht oder mit demselben verdünnt. Zwar verliert sich wieder theilweise die Säure aus den Vacuolen und den Eiweisskörnchen; dennoch schreitet die Exosmose verhältnissmässig langsamer vor sich als früher die Endosmose.

Ob nun die Plasmodien eine längere oder kürzere Zeit von den genannten Säurelösungen umspült waren, in keinem Falle trat eine Beschleunigung der Verdauung in den Vacuolen ein. Vielmehr liess die Schnelligkeit, mit welcher coagulirtes Eiweiss aufgelöst wurde, nach längerem Aufenthalt der Plasmodien in der Säurelösung immer ein wenig nach, um erst mit der Beseitigung der letzteren aus der Umgebung des Plasmodiums auf das ursprüngliche Maass zurückzukehren.

Hieraus lässt sich jedoch kein sicherer Schluss ziehen, da ja die Säuren, indem sie das Protoplasma und die Vacuolenhäute passiren, vielleicht Processe einleiten, die gerade das Gegentheil, nämlich eine Herabsetzung der Verdauung, zur Folge haben. So wäre es denn möglich, dass z. B. infolge der Säurewirkung eine Exosmose des in der Vacuole befindlichen Enzyms stattfindet, oder, falls die Verdauung von einer dauernden Secretion des Enzyms abhängt, dass diese beschränkt oder sistirt wird.

Daneben bleibt es aber immer noch zweifelhaft, ob die Concentration der zur Aufnahme gelangten Säuren hinreicht, um eine Beschleunigung der Verdauung zu erzielen. Denn, wie der in den Vacuolen gelöste Lakmus erkennen lässt, wird die saure Reaction in den roth gefärbten Vacuolen nicht oder nicht erheblich gesteigert, so dass die maximale in nur einzelnen Vacuolen anzutreffende Reaction derjenigen einer 0,01 % Citronensäure gleichkommen würde.

Höher kann man jedoch mit der Concentration der angewandten Säurelösungen, wegen ihres schädlichen Einflusses auf die Plasmodien

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0243-7

nicht gehen, und da andere Methoden als die der osmotischen Aufnahme derzeit nicht zum Ziele führen, so muss auf die Einführung von concentrirteren Säurelösungen in Verdauungsvacuolen derweilen verzichtet werden.

### 3. Osmotische Aufnahme alkalischer Stoffe und deren Einfluss auf die Eiweissverdauung.

Angesichts der Thatsache, dass die Säuren auf osmotischem Wege in die Vacuolen eingeführt, nicht im Stande sind, daselbst Eiweissverdauung zu beschleunigen, war es nothwendig zu prüfen, wie sich die Verhältnisse in Bezug auf die Verdauung von coagulirtem Eiweiss gestalten würden, wenn man statt der Säuren Alkalien (überhaupt alkalisch reagirende Substanzen) in das Innere der Plasmodien diosmiren liesse. Thatsächlich dringen Alkalien (Hydroxyde) und die zugehörigen kohlensaueren Salze, ferner Kalkhydrat, Ammoniak und kohlensaueres Ammonium aus den passend verdünnten Lösungen diosmotisch in die lebenden Plasmodien ein, ohne dass die letzteren nothwendigerweise ihre Lebensfähigkeit einbüssen müssten. Dass solche Aufnahme stattfindet, zeigt der in Vacuolen gelöste oder in Eiweisskörnchen eingeschlossene Indicator, z. B. Lakmus, der sich allmählich bläut.

Doch wirkt Natronlauge, Kalkhydrat und Ammoniak in einer Lösung, die eben noch Lakmus violettblau bis blau färbt, nach kurzer Zeit benachtheiligend auf die Plasmodien, und desshalb müssen bei Zeiten letztere in reines Wasser übergeführt werden. Bei weitgehender Verdünnung von Ammoniak und Natronlauge lässt sich jedoch nicht mehr sagen, ob die beiden Verbindungen als solche in das Plasmodium eindringen, oder wohl schon als kohlensauere Salze. Vielleicht lässt sich überhaupt die in einigen Fällen beobachtete schleunigere Auflösung von coagulirtem Eiweiss auf die Wirkung dieser Salze zurückführen.

Viel geeigneter für die vorstehenden Versuche, weil weniger giftig, waren die kohlensaueren Salze der Alkalimetalle (inclusive kohlensaueres Ammon). Bringt man Plasmodien, in denen coagulirtes mit Lakmus gefärbtes Eiweiss verdaut wird, in eine ungefähr 0,05 % Sodalösung oder in eine 0,1 % Lösung von Natriumbicarbonat, so dringen diese Reagentien ein und färben die mit Lakmus gefärbten Vacuolen in verschiedenem Grade violett bis blau. Wäscht man nachher die Lösung mit reinem Wasser ab, so diosmiren wieder die aufgenommenen Salze nach Aussen. Merkwürdigerweise tritt aber jetzt eine überaus energische Verdauung ein. Infolge dessen bilden sich

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0244-3

kolossale Vacuolen, in denen grössere Partikel von coagulirtem Eiweis, um ein concretes Beispiel anzuführen, nach 30 Minuten bis zwei Stunden vollständig aufgelöst werden. Auch die noch der Verdauung trotzenden anscheinend im Protoplasma eingebetteten Eiweisskörnchen werden in Vacuolen eingeschlossen und rasch verdaut. Sehr auffällig ist jedoch die Thatsache, dass stark verdünnte Soda- oder Bicarbonatlösungen, die keine Farbenänderung in den Vacuolen erzielen, gleichviel ob sie später ausgewaschen wurden oder dauernd die Plasmodien umspülten, auch eine beschleunigte Verdauung von coagulirtem Eiweiss zu Stande brachten. Ganz in derselben Weise verhielten sich Lösungen von kohlensauerem Kali und kohlensauerem Ammon.

Aus diesem Verhalten ist nun zunächst ersichtlich, dass die Alkalisirung der Vacuolen und Eiweisskörnchen keineswegs die Ursache der raschen Verdauung sein kann. Da aber, falls sehr verdünnte Reagentien geboten wurden, letztere nicht oder in unbedeutender Menge in den Vacuolen vorhanden sein können, so fällt ihnen gewiss keine Rolle in den Vacuolen selbst zu, vielmehr lässt sich vermuthen, dass sie bei ihrem Durchtritt durch das Protoplasma dieses zu einer gesteigerten Secretion des Enzyms veranlassen, da ja, wie directe Beobachtung zeigte, die sauere Reaction in dem Plasmodium nicht zunimmt. Ich behalte mir vor, diese interessanten Verhältnisse noch eingehender zu studiren.

### 4. Versuche mit Pepsinlösungen.

Ich habe zwei Präparate verwendet, theils das sogenannte Pepsin des Handels, theils Glycerinpepsin Wittichs,[1]) eigentlich einen daraus hergestellten Niederschlag. Zu dem letzteren Zwecke wurde das Glycerinpepsin mit neun Theilen absoluten Alkohols gemischt, filtrirt und der Niederschlag am Filter mit absolutem Alkohol ausgewaschen, um das Glycerin zu beseitigen. Nach dem Abtrocknen wurde das hygroskopische weisse Präparat, falls es nicht gleich zur Verwendung kam, im Exsiccator über Schwefelsäure aufbewahrt.

Während bei der Auflösung von käuflichem Pepsin im destillirten Wasser stets ein Rückstand zurückblieb, von welchem abfiltrirt wurde, löste sich der Niederschlag aus Pepsin-Glycerin darin vollständig auf. In beiden Fällen wurden Flüssigkeiten gewonnen, die schwach angesäuert Partikeln von coagulirtem Eiweiss rasch auflösten.

1) Beide Präparate stammten von Herrn Dr. Georg Grübler in Leipzig.



Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0245-9

Nach den zahlreichen Versuchen, in denen lebende, mit Eiweisspartikeln gefütterte Plasmodien von neutral reagirenden Pepsinlösungen mehrere Stunden lang umspült wurden, kommt keine Beschleunigung der Eiweissverdauung in den Plasmodien zu Stande.

Aus diesem negativen Resultate lässt sich jedoch nicht auf die Impermeabilität des Enzyms für das Plasmodium der Myxomyceten schliessen, da ja nicht einmal gewiss ist, ob unter den in den Verdauungsvacuolen herrschenden Verhältnissen daselbst Verdauung nothwendig beschleunigt werden müsste, wenn das Pepsin seinen Weg in das Innere des Protoplasmas und in Vacuolen finden würde.

### 5. Versuche mit Trypsinlösungen.

Aus Pancreatin-Glycerin wurde wieder mit absolutem Alkohol ein Niederschlag gewonnen, der vom Glycerin befreit und im Wasser aufgelöst eine bei Zusatz von kohlensauerem Natron stark, ohne dieses schwach verdauende Flüssigkeit bildete. Wie in dem vorigen Falle, wurde auch diesmal Eiweissverdauung im Plasmodium nicht beschleunigt, als neutral reagirende Trypsinlösungen die Plasmodien umspülten. Auch bezüglich dieses negativen Befundes gilt das schon früher bei den Versuchen mit Pepsin Erwähnte.

## B. Verdauung von Stärke.

Ich experimentirte ausschliesslich mit Plasmodien von *Chondrioderma difforme,* denen ich theils feste, theils durch Hitze (bei 60° C.) aufgequollene Kartoffel- und Weizenstärke verabreichte. Um die Stärkekörner besser beobachten zu können, wandte ich ausschliesslich junge und kleine Plasmodien der genannten Art an.

Es stellte sich heraus, dass ungequollene Kartoffelstärke [1]) selbst nach dreitägigem Aufenthalt in den Plasmodien nicht (oder nur selten ein einzelnes Korn) verändert wurde, während dieselbe Stärke im aufgequollenen Zustande geboten, oft (doch keineswegs immer) der Verdauung verfiel. Als Zeichen einer eingeleiteten Verdauung wurden 8 bis 12 Stunden nach der Aufnahme um die meisten gequollenen Stärkekörner Vacuolen sichtbar, deren Durchmesser im besten Falle annähernd um ein Fünftel bis Viertel mehr betrug als derjenige der Eiweisskörnchen. Am zweiten Tage fand ich die meisten Körner bedeutend durchsichtiger, während sie ihre Form noch bewahrt hatten.

1) Sowohl aufgequollene als auch unaufgequollene Stärke scheint anfangs im Protoplasma eingebettet zu sein.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0246-5

Diese Skelette blieben jedoch auch am dritten Tage noch erhalten, obzwar sie womöglich noch durchsichtiger erschienen und kleinen Stückchen von Schleim nicht unähnlich sahen.

Was die Stärkekörner von Weizen betrifft, so wurden dieselben in unaufgequollenem Zustande in einer Anzahl von Fällen während eines zweitägigen Verbleibes im Plasmodium fast alle corrodirt,[1]) während in anderen Plasmodien in derselben Zeit wieder nur ein kleiner Theil der Stärkekörner Corrosionen erlitt. Auch kamen Fälle vor, in denen nach 2- bis 4tägigem Aufenthalt im Plasmodium kein einziges Stärkekorn angegriffen war. Stärkekleister aus Weizen verhielt sich übrigens ähnlich wie Kartoffelkleister.

Mit Hilfe von Congoroth versuchte ich Stärkekörner zu färben, fand aber nur die aufgequollene Stärke tinctionsfähig. Indem letztere der Verdauung anheimfiel, kamen allmählich deutlicher und intensiver gefärbte Vacuolen zum Vorschein. Es zeigte sich hierbei, dass die letzteren nur schwach sauer oder neutral waren.

Da Bacterien in den Plasmodien und deren Stärkekörner einschliessenden Vacuolen nicht oder nur selten auftraten, so erschien es wahrscheinlich, dass die Stärke, sofern sie nämlich aufgelöst wird, durch ein vom Plasmodium secernirtes diastatisches Enzym verdaut wird. Hiefür sprachen besonders die Corrosionen, die z. B. durch Säuren oder Alkalien niemals gebildet werden. Ich versuchte desshalb, ob im Wasser gelöste Pflanzen-Diastase in das Innere der Plasmodien vordringt und daselbst Verdauung von Stärke beschleunigt. Ich erhielt jedoch nur ein negatives Resultat.

---

Nach den vorausgegangenen Untersuchungen ergibt sich für die Stärke, die den Plasmodien von *Chondrioderma difforme* eingeführt wurde, Folgendes:

Aufgequollene Stärke wird im Plasmodium fast immer, obzwar je nach dem Individuum verschieden rasch aufgelöst, doch bleiben Skelette als unverdauliche Reste übrig.

Feste Stärke aus Kartoffeln ist sehr widerstandsfähig, während Weizenstärke häufig ansehnlich corrodirt wird.

Die Auflösung von gequollener Stärke innerhalb der Vacuolen deutet auf ein secernirtes Enzym hin, dessen Vorhandensein auch die Corrosionen an festen Stärkekörnern sehr wahrscheinlich machen.

---

1) Die corrodirten Körner befinden sich anscheinend im Protoplasma dauernd eingebettet.



Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0247-1

Doch scheinen feste Stärkekörner bei dauernder Berührung mit dem Protoplasma corrodirt zu werden, wobei vielleicht das andernfalls in die Vacuolen gelangende Enzym im Protoplasma vorhanden und daselbst thätig ist.

Auflösung von Stärkekörnern geht bei schwach sauerer oder neutraler Reaction von statten.

## Anhang.

Ich habe auch Cellulosefaser (Baumwolle) und Stückchen Reservecellulose aus Phytelephas und Dattelsamen den Plasmodien zur Aufnahme geboten, fand aber nach 3- bis 4tägigem Aufenthalt der genannten Körper im Plasmodium keine auffälligen Veränderungen an denselben. Auch in dem Schweizer'schen Reagens aufgequollene und rasch im Wasser ausgewaschene und ausgekochte, gut gereinigte Baumwollenfasern werden nicht aufgelöst oder corrodirt, sondern bleiben unverändert und anscheinend im Protoplasma dauernd eingebettet. Demnach geht den Plasmodien von *Chondrioderma* (ob immer?) die Fähigkeit ab, Cellulose aufzulösen, und es bleibt fraglich, wie sich in dieser Hinsicht andere z. B. holzbewohnende Arten verhalten werden.

---

Schliesslich halte ich es für eine angenehme Pflicht, Herrn Geheimrath Prof. W. Pfeffer, auf dessen Aufforderung ich vorliegende Arbeit während der ersten Hälfte des Jahres 1890 begonnen habe, die aber leider erst heuer zu Ende geführt werden konnte, für die vielfache Unterstützung im Laufe meiner Arbeit, sowie für die in zuvorkommendster Weise mir zur freien Benützung gestellten Utensilien und Apparate des Leipziger botanischen Laboratoriums öffentlich meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

---

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05169-0248-7

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: 76

Autor(en)/Author(s): Celakovsky Ladislav Josef

Artikel/Article: Ueber die Aufnahme lebender und todter verdaulicher Körper in die Plasmodien der Myxomyceten. 182-244