

## Biologische Protisten-Studien.

### II.

Von

Dr. Max Verworn Jena.

(Aus dem physiologischen Institut in Jena.)

---

Mit Tafel XVIII und 3 Holzschnitten.

---

Wie die erste Mittheilung<sup>1</sup> hat auch diese zweite ihren Ursprung in der Untersuchung gewisser Gehäuseverhältnisse der Difflogien. An diese Fragen knüpften sich dann eine Reihe anderer, nur lose damit im Zusammenhang stehender Untersuchungen an, die ich vornahm, um das ausgezeichnete und sehr reichliche mir zur Verfügung stehende Material möglichst auszunutzen.

Im December 1889 entwickelten sich in einem meiner Kulturgefäße, das nicht mehr als ca. 150 ccm Wasser aus dem Gartenbassin des physiologischen Instituts in Jena enthielt, Anfangs nur spärliche Individuen von *Difflogia lobostoma*, deren Zahl sich indessen nach 14 Tagen, als ich das Glas einer erneuten Durchsicht unterzog, so enorm vermehrt hatte, dass sich in jedem vom Bodensatz entnommenen Tropfen durchschnittlich acht Individuen befanden. Die Protisten waren äußerst lebensfrisch und hielten sich sehr gut Wochen hindurch in Uhrschildchen, eventuell auch längere Zeit auf dem Objektträger im offenen Tropfen, wenn derselbe genügend vor Verdunstung geschützt war. Die einzelnen Individuen konnten mit bloßem Auge erkannt und isolirt werden, indem ein Theil des sehr geringen Bodensatzes aus dem ursprünglichen Kulturgefäß auf eine Glasplatte gebracht wurde, von wo sich die einzelnen Exemplare leicht durch ein zu kapillarer Spitze ausgezogenes Glasröhrchen entnehmen und zu den verschiedenen Versuchen einzeln oder in größerer Menge in Uhrschildchen mit klarem Wasser übertragen ließen.

<sup>1</sup> M. VERWORN, »Biologische Protisten-Studien«. I. Diese Zeitschr. 1888. Bd. XLVI.

**Diffugia lobostoma Leidy.**

## 1) Anatomie.

Die Schale. Größe und Form der Schale variirten bei den einzelnen Individuen der Kultur innerhalb ziemlich weiter Grenzen. Die Größe von der Schalenöffnung (Pylom) zum Fundus gemessen schwankte zwischen 0,17 und 0,06 mm. Die Gestalt der Schale ist ungefähr birnenförmig und variirt in so fern als bei den größeren Individuen der Fundus an Breite zunimmt, während die Weite des Pyloms ungefähr dieselbe ist wie bei den kleinen Individuen, ca. 0,03 mm. Die Gestalt des Pyloms selbst ist ebenfalls größeren Schwankungen unterworfen. In den meisten Fällen ist das Pylom regelmäßig fünf- bis siebenlappig (Taf. XVIII, Fig. 2a und b), doch kann es durch mehr oder weniger vollständige Reduktion der zwischen den lappigen Ausbuchtungen der Öffnung vorspringenden spitzen Zacken der Schale auch regelmäßig polygonal, ja sogar fast ganz kreisförmig erscheinen.

Sehr interessant ist die Zusammensetzung und Struktur der graubraunen Schale (Taf. XVIII, Fig. 1). Bei schwacher Vergrößerung oberflächlich betrachtet scheint die Schale wie bei anderen Diffugien aus dicht an einander gefügten Sandkörnchen von fast gleicher Größe zu bestehen. Untersucht man sie aber genauer, so erkennt man, dass das, was man Anfangs für Sandkörnchen gehalten hat, ziemlich gleich große, unregelmäßig rundliche und polygonale, halbdurchscheinende Plättchen sind, die durch dunkle Kontouren deutlich von einander abgegrenzt werden (Taf. XVIII, Fig. 6a und b). Bei einer Durchschneidung der Schale kann man sich leicht überzeugen, dass dieselbe sehr dünn ist und dass die dünnen, fest unter einander verbundenen Plättchen eine runzelige, unebene Oberfläche besitzen, die meistens leicht nach außen konvex hervorgewölbt ist. Die Unebenheiten stammen zum größten Theil von kleinen Detrituskörnchen etc., die der Schale ein- und aufgelagert sind. Auch zwischen den einzelnen Plättchen liegen viele kleinere oder größere Detritustheilchen eingebettet. Außerdem aber finden sich bei sehr vielen Individuen in und zwischen die Plättchen eingelagert kleine runde und stäbchenförmige Körper, letztere an den Enden biskuitförmig verdickt, welche große Ähnlichkeit mit Bakterien haben und höchst wahrscheinlich auch als solche aufzufassen sind. Die stäbchenförmigen Körper sind auf der Grenze der Plättchen immer so gelagert, dass ihre Längsachse der Richtung der Grenzlinie entspricht. Was mir aber am wichtigsten an der Schale erschien, war der Umstand, dass sich kein einziges Sandkörnchen in der Schale fand, wie sich beim Zerdrücken unter dem

Deckglas und bei stärkeren Vergrößerungen sicher feststellen ließ. Das Gehäuse bestand lediglich aus den unregelmäßig geformten Plättchen, durchsetzt mit Detritustheilchen.

Neben den Individuen mit diesen eben beschriebenen, sehr regelmäßig gestalteten Gehäusen fand ich hin und wieder ein Exemplar und zwar lebend, das eine äußerst unregelmäßig geformte, seltsam verzerrte, ziemlich kleine Schale besaß, die im Übrigen aber vollkommen die Struktur der normalen Gehäuse erkennen ließ.

**Der Protoplasmakörper.** Bei Individuen, die erst vor Kurzem aus der Theilung hervorgegangen sind, füllt der Protoplasmakörper kaum die Hälfte der Schale aus (Taf. XVIII, Fig. 3), während bei alten Individuen die Protoplasmamasse sich fast dicht an die Innenwand des Gehäuses anlegt (Taf. XVIII, Fig. 4). Die einzelnen Theile des Protoplasmakörpers zeigen stets eine ganz charakteristische Lagerung, so dass man, wenigstens bei noch nicht sehr alten Individuen, mehrere in einander übergehende Abschnitte desselben unterscheiden kann.

Der eigenthümlichste Theil des Körpers ist der im Fundus des Gehäuses gelegene. Hier findet man eine Masse von sehr feinen, ganz eng an einander gelagerten, hell olivenfarbigen Körnchen, in deren Mitte der in der Einzahl vorhandene Zellkern liegt (Taf. XVIII, Fig. 3 und 4). Die Körnchen sind so dicht gedrängt, dass kaum die protoplasmatische Grundmasse zu erkennen ist. Um die chemische Beschaffenheit der Körnchen etwas genauer zu prüfen ließ ich verschiedene Reagentien unter dem Deckglas auf sie einwirken, die aber zum größten Theil gar keine sichtbare Wirkung hatten. So verhielt sich die Körnermasse völlig indifferent gegen Säuren (Salzsäure, Salpetersäure, Osmiumsäure, Essigsäure) und Alkalien (kaltes und heißes Ätzkali). Dagegen färbte sich dieselbe mit Jodlösungen intensiv dunkelbraun, während das übrige Protoplasma die gewöhnliche gelbe Jodreaktion zeigte. Auch von Karminfarbstoffen wurde die Körnermasse sehr stark gefärbt, so dass es unmöglich war, an gefärbten Exemplaren den in ihr liegenden Zellkern zu erkennen. Nach diesem Verhalten ist es mir bisher unmöglich etwas Genaueres über die chemische Zusammensetzung der Körnermasse zu sagen.

Der Zellkern liegt stets an derselben Stelle des Körpers, nämlich fast genau in der Mitte des hinteren Körperdrittels. Er stellt eine ziemlich große rundliche Masse dar, die mit einer deutlichen, bei Zerrungen Falten zeigenden Membran versehen ist und als helle, aus vielen Körnern bestehende Substanz erscheint, wie sie überhaupt für Diffflugienkerne charakteristisch ist. Es ist übrigens schwer, die Kernverhältnisse bei der vorliegenden Form zu untersuchen, da man

durch Kernfärbungen durchaus nichts erreicht, weil einerseits sich die ganze Körnermasse mitfärbt und andererseits die Schale jede Erkenntnis feinerer Verhältnisse verhindert. Die einzige Methode, welche mir bei der Untersuchung der Kernverhältnisse einige Resultate lieferte, war eine ziemlich rohe, nämlich die, dass ich entweder die Individuen mit einer feinen Lanzette unter dem Mikroskop in zwei Längshälften zerschnitt und diese dann mit dem Deckglas plattdrückte, oder dass ich die Protisten gleich in toto unter dem Deckglas vorsichtig zerquetschte, wobei die Kerne wegen ihrer festen Membran ganz gut erhalten blieben.

Die Körnermasse mit dem Kern, welche den hintersten Abschnitt des Körpers darstellt, geht über in den mittleren Abschnitt, der ein mit Körnern, Nahrungstheilchen und allerlei Fremdkörpern erfülltes Protoplasma darstellt, das sich ganz allmählich in den letzten Theil des Körpers, das hyaline Protoplasma, aus dem die Pseudopodien ihren Ursprung nehmen, fortsetzt (Taf. XVIII, Fig. 3). Das hyaline Protoplasma, das bei mittelstarken Vergrößerungen noch den Eindruck einer völlig homogenen Masse macht, zeigt sich bei starken Vergrößerungen und bei Anwendung mancher Reagentien (Jod) als fein granulirte Substanz. Die Gestalt der aus ihm hervorgehenden Pseudopodien ist in der Regel eine schmal fingerförmige, doch kommen auch Pseudopodien von ganz abweichender Form und ungleicher Dicke vor und einige Verzweigungen sowie Höckerbildungen werden häufig an ihnen beobachtet. Über die Bewegungen der Pseudopodien werden unten noch einige Bemerkungen folgen.

## 2) Gehäusebau.

Die eigenthümliche Struktur des Gehäuses musste mir nothwendig die Frage nach der Art und Weise seiner Entstehung nahe legen. Es waren in dieser Beziehung offenbar zwei Möglichkeiten gegeben: entweder die Schale wird als eine zusammenhängende Decke in toto an der Oberfläche des Protoplasmakörpers ausgeschieden und erhält ihre Täfelung erst nachträglich durch Zerklüftung, oder aber die Täfelung stammt daher, dass die Tafeln im Protoplasma vorgebildet sind und wie etwa bei *Euglypha* oder *Quadrula* einzeln an der Oberfläche neben einander abgelagert werden. Aufschluss darüber hätte am besten die Beobachtung des Theilungsvorganges selbst, bei dem ja das Gehäuse der neuen Theilhälfte gebildet wird, geben können; indessen ist es mir, obwohl ich häufig Exemplare fand, die offenbar eben aus Theilungen hervorgegangen waren, doch niemals gelungen, den Theilungsakt direkt zu beobachten. Ich vermuthete, dass die Difflugien sich nur des Nachts theilen und beobachtete daher mehrmals des

Nachts eine größere, in einem Uhrsälchen vereinigte Zahl von Individuen ohne aber den gewünschten Erfolg zu haben<sup>1</sup>. So musste ich mich auf die Kombination verschiedener Momente beschränken, die mich auch wohl kaum irre geführt haben dürfte. Anfangs nämlich neigte ich mehr der Ansicht zu, dass die Schale als zusammenhängende Decke ausgeschieden wird und zwar besonders deshalb, weil es mir trotz vieler mühevoller Untersuchungen nie gelang solche Täfelchen, wie sie die Schale zeigte, im Inneren des Protoplasmakörpers aufzufinden. Bei diesen Untersuchungen wurden die Difflugiën mit einer sehr scharfen und dünnen Lanzette der Länge nach durchgeschnitten und dann beide Hälften unter dem Deckglas genau durchmustert. Indessen auch bei den ältesten Individuen, bei denen der Protoplasmakörper schon fast die ganze Schale ausfüllte, Individuen, die also vermuthlich kurz vor der Theilung standen, fand ich keine derartige Anhäufung von präformirten Plättchen, wie sie bei *Euglypha* beschrieben worden ist und man hätte doch erwarten müssen, dass keine unbeträchtliche Menge vorhanden wäre, da zum Bau der Schale wenigstens 60—80 Plättchen erforderlich sind. Da führte mich aber gerade die Untersuchung älterer Individuen auf den richtigen Weg. Ich fand nämlich hier statt mit fertigen Plättchen den Körper bis an das hyaline Protoplasma hin angefüllt mit runden Körnern, die je weiter nach hinten, um so kleiner wurden und schließlich in die Körnermasse, welche den Kern umgiebt, übergingen (Taf. XVIII, Fig. 4). Die am meisten nach vorn gelagerten größten Körner hatten nicht ganz die Größe der Schalenplättchen und hatten an den Stellen, wo sie dicht an einander gedrängt waren, polyedrische Gestalt angenommen. In und auf ihnen lagen bei vielen Individuen die bakterienartigen Körper, welche das ganze Protoplasma in ungezählter Menge durchsetzten. Wurden nun die Körner mit dem Deckglas etwas breitgedrückt, so war die Ähnlichkeit der dichtgedrängten unregelmäßig polygonalen flachen Körner mit der Struktur der Schale frappirend. Auch die Stäbchen zeigten hier dieselbe Anordnung wie an der Schale, indem sie sich meist in der Richtung der Grenzlinien mit ihrer Längsachse lagerten. Die größten Körner lagen bei allen Individuen stets in dem Theil des Protoplasmakörpers, in dem auch die aufgenommenen Fremdkörper, Nahrungstheile etc. zu liegen pflegen. Bei jüngeren, erst aus der Theilung hervorgegangenen Individuen zeigten sich noch keine oder nur sehr vereinzelte größere Körner. Aus allen diesen Thatsachen scheint mir hervorzugehen, dass in diesen Körnern der Ursprung der Schalenplättchen zu suchen ist.

<sup>1</sup> Versuche, welche sich auf die Prüfung der Lichtempfindlichkeit und speciell des Heliotropismus bezogen, lieferten ebenfalls nur negative Resultate.

Es erübrigt aber noch, auf den Ursprung dieser Körner selbst einzugehen. Schon das allmähliche Übergehen der Größe von den kleinen Körnchen der Körnermasse, die den Kern umgiebt, in die großen Körner legt die Vermuthung eines genetischen Zusammenhanges beider nahe. Ihr Aussehen ist denn auch völlig gleich. Am meisten aber beweisend ist für die Identität beider die Jodreaktion. Die großen Körner färben sich nämlich ebenfalls mit Jodlösungen braun, nur etwas heller je größer sie sind, ein Unterschied, der wahrscheinlich auf einer optischen Täuschung beruht. Diese Thatsachen weisen darauf hin, dass die großen Körner durch Wachsthum, sei es durch Anlagerung neuer Substanz, sei es durch Verschmelzung unter einander aus den Körnchen der den Kern umgebenden Körnermasse entstehen. Bei älteren Individuen sind übrigens die Körnchen der Körnermasse in der Regel auch bedeutend größer als bei ganz jungen. Auch über die Herkunft der Körnermasse wird kaum ein Zweifel sein können. Wenn man ihr Lageverhältnis zum Kern berücksichtigt, das sehr konstant erscheint, wird man nicht annehmen dürfen, dass dasselbe ein zufälliges ist. Es muss jedenfalls eine Beziehung zum Zellkern vorhanden sein, die entweder darin besteht, dass die Körnermasse eine vom Protoplasmakörper producirt Substanz ist, welche dem Kern zugeführt wird um von ihm weiter verarbeitet zu werden, oder dass die Körnermasse unter dem Einfluss des Zellkerns gebildet, eventuell von ihm selbst direct producirt wird und sich erst außerhalb desselben zu Körnern ansammelt. Die erstere Annahme kann man ganz ausschließen, denn das Wachsthum der Körner außerhalb des Kerns widerspricht ihr direct. Sollten die Körner vom Kern aufgenommen werden, so dürften sie nicht wachsen, da der Kern durch seine Kernmembran keine geformten Elemente in sich aufnehmen kann. Es kann daher nicht zweifelhaft sein, dass die Körnermasse unter dem Einfluss des Kerns gebildet wird, ein Vorgang, der also als Sekretion aufzufassen ist und in zahlreichen secernirenden Zellen sein Analogon findet.

Man wird sich hiernach von dem Gehäusebau der *Diffugia lobostoma* folgendes Bild machen müssen. Unter dem Einfluss des Zellkerns werden gewisse Stoffe secernirt, die sich im Protoplasma zu Kügelchen anhäufen. Während des Wachsthums des Protoplasmakörpers wachsen und vermehren sich auch diese Kügelchen, erleiden möglicherweise noch im Protoplasma, eventuell erst während des Theilungsvorgangs gewisse chemische Veränderungen (die fertige Schale zeigt nämlich keine Jodreaktion mehr), und werden bei der Theilung an der Oberfläche des neuen Theilindividuums abgelagert, wo sie sich fest mit einander verkiten und sich zu den runzeligen, das Gehäuse zusammensetzenden

Plättchen umbilden. Dieser Modus des Schalenbaus bei *Diffugia lobostoma* verbindet übrigens als interessantes Mittelglied denjenigen von Formen, die eine zusammenhängende Hülle in toto ausscheiden, eventuell mit Einlagerung von Fremdmaterial (z. B. *Pamphagus* und *Diffugia urceolata* etc.), mit dem Modus jener Formen, die schon in ihrem Protoplasmakörper die Schalenelemente in ihrer definitiven Form vorgebildet enthalten, um sie beim Theilungsakt nur an ihrer Oberfläche abzulagern (*Euglypha* und *Quadrula*). Die Körnermasse der *Diffugia lobostoma* würde sonach einerseits das Analogon sein der ganz ähnlichen, äußerst feinen, olivenfarbigen, stark lichtbrechenden Körnchen, die sich im Endoplasma von *Diffugia urceolata* finden und offenbar beim Schalenbau auch als Kittsubstanz für die Sandkörner dienen und andererseits das Analogon der präformirten ovalen resp. quadratischen Schalenplättchen im Körper von *Euglypha* und *Quadrula*. Höchst wahrscheinlich wird auch die Schale von *Arcella* einem ganz ähnlichen Modus wie die der *Diffugia lobostoma* ihre Entstehung verdanken.

Da bekanntlich im Hinblick auf die Thatsache, dass manche *Diffugienschalen* nur aus ganz bestimmtem, gleichartigem Baumaterial zusammengesetzt sind, von verschiedenen Seiten die Ansicht ausgesprochen worden ist, dass die *Diffugien* bei der Aufnahme ihres Gehäusebaumaterials eine bestimmte, von bewussten Vorstellungen geleitete Auswahl unter den ihnen zur Verfügung stehenden Stoffen treffen, so hatte ich mich bei dem hohen psychologischen Interesse, das diese Frage bietet, bereits früher<sup>1</sup> eingehender mit ihr beschäftigt und war zu dem Ergebnis gekommen, dass von einer bewussten Auswahl bei der Aufnahme des Materials keine Rede sein kann. Die Erscheinung, dass manche *Diffugienschalen* nur aus großen<sup>2</sup> Sandkörnern,

<sup>1</sup> M. VERWORN, »Psycho - physiologische Protisten - Studien. Experimentelle Untersuchungen.« Jena 1889. p. 451 ff.

<sup>2</sup> So lange ich auf die Zusammensetzung der *Diffugienschalen* geachtet habe, ist mir übrigens noch nie eine Form aufgestoßen, die ihr Gehäuse nur aus großen Sandkörnern gebaut hatte, ohne auch allerlei kleine dabei verwendet zu haben. Ich will zwar nicht die Existenz solcher Schalen überhaupt bezweifeln, doch glaube ich, dass ein großer Theil der Beobachtungen auf Täuschung beruht, indem nämlich bei Beobachtungen mit schwächeren Vergrößerungen die kleinen Körnchen so in den Hintergrund treten, dass die Schale nur aus großen zusammengesetzt erscheint, besonders, da die größten nicht eine bestimmte Größe überschreiten, so dass der Anschein gleicher Größe entsteht. Ich bin überzeugt, dass überall, wo kleine und große Sandkörner am Standort der *Diffugien* vorhanden sind, auch bis zu einer gewissen Größe alle möglichen Größen aufgenommen und zum Gehäusebau verwendet werden.

andere nur aus ganz kleinen, die dritten aus Diatomeenschalen, einige aus noch anderem Material gebaut sind, ist, wie ich bereits bemerkt habe, nicht aus einem einheitlichen Princip zu erklären, vielmehr können in jedem speciellen Fall andere, zum Theil ganz äußerliche Faktoren für die Aufnahme und Verwerthung des Materials maßgebend sein. Ich habe seit längerer Zeit mein Augenmerk darauf gerichtet, solche Umstände kennen zu lernen und habe bereits l. c. einige angeführt. Für die Wirksamkeit zweier sehr naheliegender Umstände bei der Zusammensetzung des Gehäuses will ich im Folgenden den experimentellen Beweis führen.

Es musste auffallen, dass die Individuen meiner Kultur zum Aufbau ihres Gehäuses außer dem selbstproducirten Material nur allerlei organische Detritusstoffe, nie aber ein Sandkörnchen benutzt hatten. Die Freunde der Auswahltheorie würden diese Thatsache entschieden so deuten, dass die Diffflugien in bewusster Absicht nur diese bestimmten Stoffe aussuchen. Dem ist nicht so. Eine Untersuchung des Bodensatzes, auf dem die Diffflugien in meinem Kulturgefäß lebten, ergab nämlich, dass derselbe überhaupt keinen Sand, sondern nur Detritus enthielt. Es liegt also auf der Hand, dass sich kein Sandkörnchen in den Gehäusen finden konnte. Dieses Fehlen gewisser und Vorhandensein anderer Baustoffe an dem Standorte ist entschieden ein Umstand, dessen Wirksamkeit die größte Verbreitung hat und der für den Aufbau des Gehäuses den bedeutendsten Einfluss besitzt, und doch ist er, trotzdem seine Wirkung so selbstverständlich ist, nie von den Anhängern der Auswahltheorie gewürdigt worden. Mir blieb indessen der eigentliche Beweis noch übrig, dass diese Diffflugien bei Anwesenheit von Sandboden auch Sandkörnchen in ihr Gehäuse einfügen. Wie früher schon zu anderen Zwecken, wandte ich auch hier fein gepulvertes Glas an, das in Uhrschildchen vertheilt wurde, in welchen sich zahlreiche Diffflugien befanden. Schon nach zwei Tagen bemerkte ich den Erfolg. Es fanden sich nämlich bei der Durchsuhung der Uhrschildchen einige neugebildete Individuen, deren Gehäuse ganz aus Glassplittern aufgebaut war (Taf. XVIII, Fig. 5) und andere, deren Schale nur zum Theil aus solchen bestand. Im Verlauf der Zeit erhielt ich noch eine größere Anzahl solcher nur aus Glassplittern und dem selbstproducirten Schalenmaterial gebauter Gehäuse. Bei einer genaueren Untersuchung dieser Gehäuse zeigte sich dann, dass in den Fällen und an den Stellen der Gehäuse, wo größere Glassplitter vorherrschten, die Plättchenstruktur der Schale vollkommen verwischt war, so dass in einzelnen Fällen keine Spur mehr davon

bemerkt werden konnte; die Schale erschien nur aus eng an einander gefügten, durch ein Bindemittel verkitteten Glassplittern zusammengesetzt. Auf anderen Schalen resp. an Stellen, wo gerade mehr kleine Glassplitter abgelagert waren, ließ sich die Täfelung, bisweilen sogar noch sehr deutlich erkennen. In allen Fällen aber fiel die konstante Erscheinung auf, dass sich die größten Glassplitter in der Nähe der Schalenöffnung, meist eng um dieselbe herum angelegt hatten.

Ferner stellte sich heraus, dass obwohl die Glassplitter in allen möglichen Größen geboten worden waren, doch nie solche in den Schalen zu sehen waren, welche die Größe von 0,03 mm überschritten. Auch diese Erscheinung findet ihre höchst einfache Erklärung darin, dass nämlich die Weite des Pyloms nicht die Aufnahme umfangreicherer Glassplitter gestattet. Hierin ist ein zweiter wichtiger Umstand zu erblicken, der die Zusammensetzung des Gehäuses regelt. Ich habe selbst öfters beobachten können, wie beim Einziehen der Pseudopodien größere, daran klebende Glassplitter an den Rändern des Pyloms abgestreift wurden, während kleinere ohne Hindernis mit in das Gehäuse hineingelangen. In einzelnen Fällen fand ich jedoch auch Glassplitter in das Gehäuse eingefügt, die an Länge 0,05—0,07 mm maßen, dafür aber so schmal waren, dass sie ganz bequem der Länge nach die Schalenöffnung hatten passiren können, ein weiteres Zeichen dafür, dass nicht die Masse an sich für die *Diffflugia* bei der Auswahl maßgebend ist.

Der Aufnahmemodus des Baumaterials ist bei *Diffflugia lobostoma* genau derselbe wie der bei *Diffflugia urceolata* beschrieben, doch habe ich bei *Diffflugia lobostoma* mitunter bemerkt, dass auch ohne äußerlich sichtbaren Reiz die Pseudopodien beim Einziehen runzelig und klebrig werden können und bei gegebener Gelegenheit dann auch ein Glassplitterchen mit in das Gehäuse hineinziehen. Dass übrigens keineswegs nur so viel Glassplitter aufgenommen werden, wie zum Bau des Gehäuses nöthig sind, dass also keine sogenannte Zählung oder Schätzung stattfindet, geht aus dem Umstand hervor, dass sich die *Diffflugien* häufig ganz mit Glassplittern vollstopfen, dann aber gelegentlich auch wieder große Massen davon ausstoßen, um wieder von Neuem welche aufzunehmen. Die Menge des aufgenommenen Materials hängt eben ganz von der Menge ab, die ihnen zur Verfügung steht und von dem seltneren oder häufigeren Einziehen der Pseudopodien, sei es, dass dies auf Reize oder spontan erfolgt.

Wie aus den vorstehenden Thatsachen hervorgeht, liegen also zwei sehr wichtige Umstände, welche im Stande sind, die Zusammensetzung des Gehäuses im weitesten Maße zu beeinflussen, einerseits im

Fehlen resp. Vorhandensein gewisser Stoffe am Standort und andererseits in mechanischen Hindernissen, welche die Beschaffenheit des Gehäuses der Aufnahme gewisser Stoffe in den Weg legt. Für die Bedeutung des ersteren Faktors will ich außer dem obengenannten hier noch ein sehr prägnantes Beispiel anführen. Ich hatte zwei Kulturgefäße, in denen sich durch Übertragung von demselben Standort zahlreiche Individuen von *Echinopyxis aculeata* entwickelt hatten. In dem einen der Kulturgefäße bestanden die Gehäuse dieser Protisten nur aus Diatomeenschalen und Detritustheilchen, in dem anderen dagegen traten in den Gehäusen die Diatomeenschalen sehr in den Hintergrund, während ihnen eine große Menge von Sandkörnchen eingefügt war. Die Wände des ersten Gefäßes, an denen die Protisten lebten, sowie der Boden desselben enthielten nur etwas Detritus und ungeheure Mengen von Diatomeen, die Wände des zweiten Gefäßes waren außerdem mit einer ziemlich dicken Sandkruste überzogen und auch der Bodensatz bestand fast nur aus Sand. Hier hatte also die Natur selbst einen dem meinigen analogen Versuch gemacht.

Außer den beiden angeführten Faktoren sind entschieden noch eine ganze Reihe anderer in vielen Fällen für die Zusammensetzung der Schalen bedeutsam, die zum Theil noch genauer zu untersuchen sind. Möglicherweise kommen auch chemische Wirkungen dabei ins Spiel, wie bei der Nahrungsaufnahme, möglichenfalls steht sogar in manchen Fällen die Nahrung zu dem Schalenbaumaterial in enger Beziehung, in der Weise, dass die unverdaulichen Reste der Nahrung, wie Panzer von niederen Organismen bei der Theilung an der Körperoberfläche der neuen Theilhälfte ausgeschieden und verklebt werden. Jedenfalls giebt es unendlich viele näher liegende Faktoren, welche die Zusammensetzung des Gehäuses in viel einfacherer Weise erklären als die Annahme einer bewussten Auswahl.

---

Schließlich machte ich an *Diffugia lobostoma* und *Arcella vulgaris* auch Versuche über die Regeneration abgeschnittener Schalthteile in derselben Weise wie früher an *Diffugia urceolata*. Der Erfolg derselben war genau der gleiche wie bei letztgenannter Form, so dass durch die neuen Versuche, auf deren nähere Beschreibung ich hier füglich verzichten kann, die an *D. urceolata* gemachten Erfahrungen vollkommen bestätigt werden.

### 3) Konjugation.

Die ersten spärlichen Difflogien bemerkte ich in meinem Kulturgefäß Mitte December 1889. Nach circa 14 Tagen, als sich ihre Zahl

bereits enorm vermehrt hatte, fand ich auch schon zahlreiche konjugirte Individuen. Ihren Höhepunkt erreichte die Zahl der Konjugationen in der ersten Hälfte des Januar 1890, wo sich von 100 Individuen immer circa 30—40 in Konjugation befanden. Auf dieser Höhe blieb das Verhältniß ungefähr vier bis fünf Wochen bis Mitte Februar, von wo an der Procentsatz der Konjugationen allmählich abnahm. Ende Februar wurde ich dann gezwungen die Kultur aus den Augen zu lassen. Die Vermehrung war von Mitte bis Ende December 1889 entschieden am größten, doch fand ich in der späteren Zeit bis zur Mitte Februar, also während die Konjugationsperiode in voller Blüthe stand, immer noch zahlreiche, durch Theilung neu entstandene Individuen. Von Mitte Februar an wurde auch ihre Zahl geringer. Ferner machte ich während der ganzen Zeit öfter die Beobachtung, dass sich sowohl Individuen, die erst vor Kurzem durch Theilung entstanden waren, konjugirten, als auch dass eben aus Konjugation hervorgegangene Individuen sich kurze Zeit darauf getheilt hatten. Eine Gesetzmäßigkeit in der Beziehung beider Vorgänge zu einander konnte ich indessen nicht konstatiren, doch scheint mir wenigstens das Eine aus meinen Beobachtungen hervorzugehen, dass unter den Difflugien nicht ein so regelmäßiger Wechsel zwischen den Konjugations- und Theilungsperioden einer ganzen Kultur besteht, wie er neuerdings von MAUPAS und Anderen bei ciliaten Infusorien nachgewiesen worden ist.

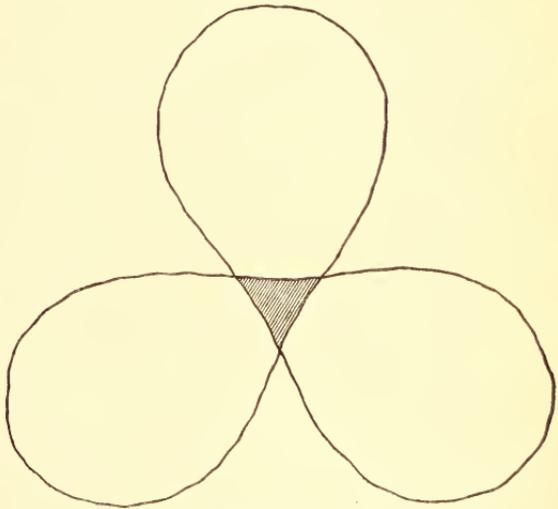


Fig. a. Drei konjugirte Individuen.

Unter den konjugirten Individuen begegnete ich oft einer Erscheinung, die von BÜTSCHLI<sup>1</sup> schon an *Arcella* beobachtet worden ist, und die ich auch an den Gregarinen des Mehlwurms zu konstatiren Gelegenheit hatte, dass nämlich außer den gewöhnlichen Konjugationen, bei denen zwei Exemplare protoplasmatisch mit einander verschmolzen sind, auch Konjugationen von drei und vier, ja, wie ich in einem Fall sah, sogar von

<sup>1</sup> BÜTSCHLI in Archiv für mikr. Anatomie. Bd. XI.

fünf Individuen vorkommen. Die Konjugation von dreien war gar nicht selten. Auf 20 Konjugationen von zwei Individuen kamen durchschnittlich vier von dreien und eine von vieren. Während bei den Konjugationen von zwei Individuen letztere genau mit den Rändern des Pyloms auf einander liegen, so dass das Pärchen Semmelform zeigt, sind die Individuen, wenn sie zu dreien vereinigt sind, fast ganz genau unter einem Winkel von  $120^{\circ}$  in einer Ebene zu einander gerichtet, und bei den Konjugationen von vieren entspricht die Richtung der Individuen meistens genau der Richtung der Strahlen eines regulären Vierstrahlers. Die Protoplasmakörper der konjugierten Individuen verschmelzen zu einer einzigen Masse, indem die vorderen, hyalinen Partien zusammenfließen und sich vermischen. Doch findet keine Verlagerung des hinteren, die Körnermasse führenden Theiles des Protoplasmakörpers statt. Dieser Theil bleibt vielmehr, so weit ich beobachtet habe, während der ganzen Dauer der Konjugation in jedem Individuum an seiner gewöhnlichen Stelle im Fundus der Schale liegen. Während der Konjugation entwickeln die Paare stets wie die einzeln lebenden Individuen in normaler Weise Pseudopodien (Taf. XVIII, Fig. 7—10), indem die Ränder der beiden Schalenöffnungen an einer Seite etwas von einander gehoben werden, um so der zu einem gemeinschaftlichen Ganzen verschmolzenen Pseudopodienmasse den Austritt zu gewähren. Mit ihren Pseudopodien kriechen die konjugierten Individuen dann umher und bewegen sich ganz wie einzeln lebende Diffflugien. Die Dauer der Konjugation war, wie ich durch Isolirung von Individuen, die sich eben unter meinen Augen im Uhrsälchen konjugiert hatten, feststellen konnte, sehr verschieden. Während manche nicht länger als 3—4 Stunden vereinigt blieben, trennten sich andere erst nach 2—3 Tagen. Welche Bedeutung die Dauer der Vereinigung hat, konnte ich nicht entscheiden.

Da ich öfter beobachtete, dass unter einer Anzahl von einzelnen Individuen, die ich in einem Uhrsälchen zusammengebracht hatte, zwei oder drei, zufällig nahe an einander liegende, nachdem sie ihre Pseudopodien auszustrecken begonnen hatten, dicht an einander herankrochen und dann konjugierten, so entstand für mich die Frage, ob bei gegebener Gelegenheit jedes Individuum mit jedem beliebigen konjugieren kann, oder ob eine Konjugation nur zwischen ganz bestimmten Individuen zu Stande kommt. Zur Entscheidung dieser Frage suchte ich den Diffflugien dadurch möglichst viel Gelegenheit zur Konjugation zu geben, dass ich eine sehr große Menge mit klarem, dem Kulturgefäß entnommenen Wasser in ein Uhrsälchen zusammenbrachte. Ihr Verhalten wurde dann unter dem Mikroskop verfolgt.

Nachdem das Uhrschälchen einige Minuten in Ruhe gestanden hatte, begannen die Diffflugien ihre Pseudopodien auszustrecken und umherzukriechen. Dabei ereignete sich Folgendes. Einige Diffflugien geriethen schon nach wenigen Minuten mit ihren Pseudopodien an einander, ihre Gehäuse rückten sich näher, das Protoplasma verschmolz und die Konjugation vollzog sich, während sich die Schalen nach und nach mit ihren Öffnungen genau auf einander legten. Andere Individuen verhielten sich aber anders. Sie krochen eventuell auch dicht an einander, berührten sich ebenfalls mehrfach mit ihren Pseudopodien, schoben sich sogar häufig gegenseitig bei Seite, und doch kam es zu keiner Verschmelzung, die beiden Diffflugien krochen vielmehr alsbald von einander fort. In einzelnen Fällen machte es sogar fast den Eindruck, als ob das eine Individuum bei der Berührung mit einem anderen seine Pseudopodien wie von einer Reizquelle zurückzog und von dem anderen Individuum fort nach einer neuen Richtung hinkroch, doch ist bei der Deutung solcher Beobachtungen zu leicht ein Irrthum möglich, als dass ihnen ein großer Werth beigelegt werden könnte. Jedenfalls aber steht die Beobachtung fest, dass zwei Individuen sich berühren können, selbst längere Zeit, ohne doch zu konjugiren.

Nachdem ich diese Thatsache festgestellt hatte, hielt ich mir sofort die Möglichkeit vor, dass in diesen Fällen die Berührung vielleicht doch nicht eng genug gewesen wäre, um eine Verschmelzung des Protoplasmas herbeizuführen. Ich isolirte daher solche Individuen, die trotz ihrer Berührung nicht verschmolzen waren, und suchte sie nun künstlich zu vereinigen, indem ich ihre Pseudopodien mit einer Nadel ganz nahe an einander rückte. Trotzdem ich diese Versuche an einer großen Zahl von Individuen wiederholte und häufig eine halbe Stunde lang fortsetzte, trotzdem ich die Pseudopodien mehrmals auf einander drückte, trotz alledem gelang es mir nicht in einem einzigen Falle eine Verschmelzung herbeizuführen. Immer krochen die Diffflugien wieder aus einander. Das scheint mir unzweifelhaft zu beweisen, dass nicht jedes Individuum mit jedem beliebigen konjugirt. Um indessen ganz sicher zu sein, machte ich als Gegenprobe auch den umgekehrten Versuch. Zwei Individuen, die eben zur Konjugation übergegangen waren, trennte ich mittels einer feinen Lanzette wieder von einander und legte sie so, dass sich ihre Schalenöffnungen gegenüber lagen. Nach kurzer Zeit begann darauf das eine oder auch beide Individuen ihre Pseudopodien zu entwickeln, und wenige Sekunden später war die Konjugation wieder hergestellt. Der Versuch, der oft wiederholt wurde, führte eben so sicher zu seinem positiven Ergebnis wie der umgekehrte zu seinem negativen geführt hatte. Ich brauchte sogar die

beiden Individuen nach ihrer künstlichen Trennung nicht einmal ganz nahe an einander zu bringen, sondern konnte sie auf eine Entfernung, die mehr als ihre Schalenlänge betrug, von einander hinlegen, und doch kroch das eine Individuum direkt auf das andere los, streckte seine Pseudopodien in das Pylom des anderen hinein, und nach kaum einer Minute lagen wieder beide Schalenöffnungen auf einander, die

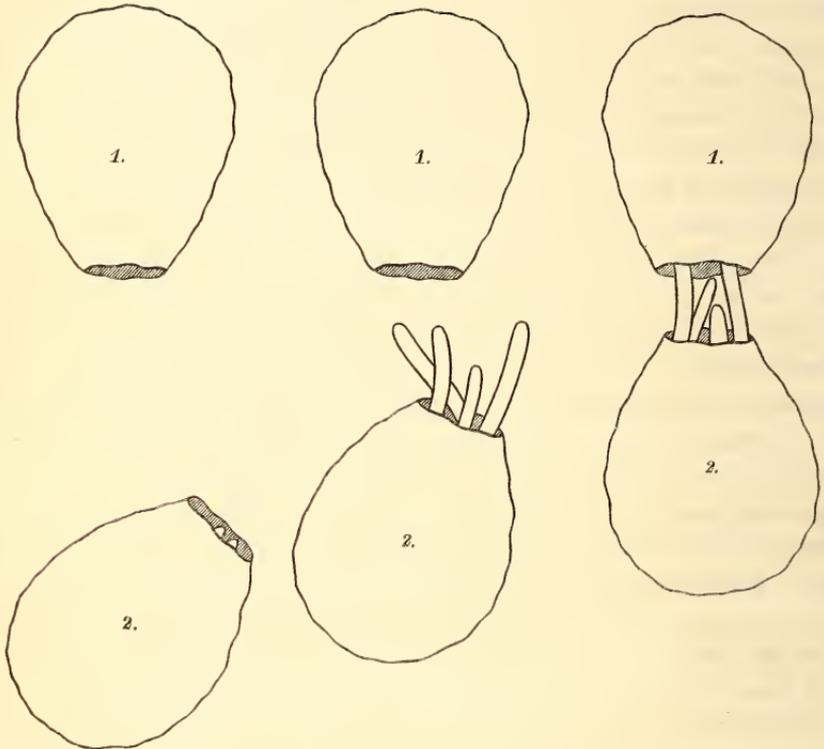


Fig. 6. Wiedervereinigung von zwei künstlich aus der Konjugation getrennten Individuen (1 und 2).

Die linke Figur zeigt beide Individuen nach der Trennung auf Schalenlänge von einander entfernt liegend. Die mittlere Figur zeigt, wie das Individuum Nr. 2 Pseudopodien in der Richtung nach Nr. 1 ausgestreckt und sich Nr. 1 genähert hat. In der rechten Figur hat Nr. 2 seine Pseudopodien in die Schalenöffnung von Nr. 1 hineingesteckt; die Verschmelzung ist bereits im Gange.

Verschmelzung war wieder eingetreten und blieb dauernd bestehen. Aus der Sicherheit, mit der das eine Individuum auf das andere oder beide auf einander in gerader Richtung zukriechen, wenigstens auf die Entfernung ihrer eigenen Schalenlänge, geht hervor, dass das eine auf das andere, resp. beide auf einander eine richtende Wirkung ausüben, deren Ursache nur chemischer Natur sein kann, also als eine Form des Chemotropismus aufzufassen ist, und den von PFEFFER so genau

untersuchten Erscheinungen bei Flagellaten und Bakterien an die Seite gestellt werden muss. Das Aufsuchen des einen Individuums vom anderen bei Beginn des Konjugationsaktes, das nur auf geringe Entfernung stattzufinden scheint, ist demnach ganz derselbe Vorgang wie das Aufsuchen der Nahrung bei gewissen Rhizopoden, z. B. der Lohe von Seiten des *Aethalium septicum* oder der Spirogyrafäden von Seiten der *Vampyrella Spirogyrae*.

Nachdem bereits mehrfach festgestellt worden ist, dass die Kerne bei dem Konjugationsprocess der ciliaten Infusorien eine Hauptrolle spielen, wie namentlich neuerdings wieder die ausgezeichneten Untersuchungen von R. HERTWIG gezeigt haben, so lag mir viel daran, auch die Kernverhältnisse bei der Konjugation der Difflugien zu untersuchen. Leider ist mir dies nur in sehr beschränktem Maße möglich gewesen und ich muss, um die Lückenhaftigkeit meiner Ergebnisse zu entschuldigen, nochmals auf die sehr großen Hindernisse hinweisen, welche einerseits die Schale der Difflugien, und andererseits die den Kern umgebende Körnermasse einer Untersuchung der Kernverhältnisse an gefärbten Objekten in den Weg legen. Mir blieb daher kein anderer Weg übrig, als die ziemlich rohe Methode der Untersuchung des frischen zerdrückten Objekts, wie ich sie oben angegeben habe. Trotz der Unvollkommenheit dieser Methode stellten sich aber dennoch, wenn auch lückenhafte, so doch ganz interessante Resultate heraus. Im Ganzen wurden circa 100 Konjugationen auf ihre Kernverhältnisse untersucht. Ich will zunächst nur eine Darstellung des objektiven Befundes geben, den ich in verschiedenen Fällen beobachtete.

1) Neben den Individuen, welche die oben beschriebenen normalen Kernverhältnisse zeigten, fanden sich sehr häufig auch einzeln lebende Exemplare mit ganz abweichendem Verhalten. Diese Individuen besaßen zwar auch den großen, runden, blassen Kern mit ganz normalem Aussehen, der wie überhaupt bei allen untersuchten Individuen im hinteren Drittel des Körpers gelegen war, aber außer ihm noch einen zweiten, der eine völlig verschiedene Beschaffenheit aufwies. Er lag ebenfalls in der Körnermasse, nicht weit von dem gewöhnlichen Kern, war aber bedeutend kleiner, nicht rund, sondern gedrunken spindelförmig, besaß eine ungemein dicke, doppelt kontourirte Membran, welche vom Kernprotoplasma besonders an beiden Enden durch eine Flüssigkeitsschicht abgehoben war, und zeigte in der runden, grau gekörnten Kernplasmamasse drei bis fünf größere, intensiv orange-gelb gefärbte Körnchen, die dem Kern ein höchst charakteristisches Aussehen verliehen. Den gewöhnlichen Karminfarbstoffen gegenüber

verhielt sich dieser Kern völlig indifferent, denn er nahm keine Spur von Färbung an, während der große Kern die gewöhnlichen Kernreaktionen deutlich zeigte. Durch Jodlösungen wurden beide Kerne hellbraun gefärbt. Die orangefarbenen Körner im Plasma des kleinen Kerns erweckten zuerst den Verdacht von Öltröpfchen, doch ließen sie bei Osmiumsäurebehandlung durchaus keine Farbenveränderung bemerken, obwohl, wie aus der dunkleren Färbung des Kernplasmas selbst zu erkennen war, die Osmiumsäure in den Kern eingedrungen sein musste.

2) Ganz dieselben Kernverhältnisse fand ich häufig bei zwei konjugierten Individuen, deren jedes beide Kernformen besaß (Taf. XVIII, Fig. 7).

3) Bei der größten Zahl aller Konjugationen fand ich folgendes Kernverhältnis. Die beiden großen Kerne lagen wie stets jeder im Fundus seines Individuums. Dagegen lagen die beiden kleinen Kerne dicht an einander in der Mitte, häufig mehr im hinteren Drittel des einen Individuums. Der kleine Kern des anderen war also hier hinübergewandert. Im Übrigen war Alles normal (Taf. XVIII, Fig. 8).

4) Mehrfach war die Lagerung der Kerne dieselbe wie in Fall 3, aber die kleinen Kerne zeigten folgende Veränderung. Die orangegelben Körnchen waren fast ganz verblasst, dafür hatte das gesammte Kernplasma eine gleichmäßig hellgelbe Farbe angenommen und füllte jetzt fast den ganzen Raum innerhalb der Membran aus.

5) In einigen Fällen hatten die kleinen Kerne bei derselben Lagerung wieder ein anderes Aussehen. Statt ihrer stumpfen Spindelform hatten sie jetzt vollkommene Kugelform angenommen und das Kernplasma schien mir in beiden Kernen Kerntheilungsfiguren zu zeigen. Die Farbe des Kernplasmas war wie im Fall 4 gleichmäßig hellgelb (Taf. XVIII, Fig. 9).

6) Öfter fand ich Konjugationen, in denen außer dem normalen großen Kern keine kleinen Kerne vorhanden waren, sondern in einzelnen Fällen nur mehrere unregelmäßige hellgelbe Trümmer in dem einen Individuum (Taf. XVIII, Fig. 10), von denen ich nicht mit Sicherheit zu entscheiden wage, ob sie von den kleinen Kernen abstammten, in anderen Fällen war überhaupt keine Spur von den kleinen Kernen zu sehen.

7) In einzelnen Fällen schließlich, theils bei Anwesenheit, theils bei Fehlen der kleinen Kerne schienen mir die großen Kerne in so fern eine Veränderung zu zeigen, als sie bei normaler Lage einen unregelmäßigen Umriss angenommen hatten, als ob ihre Membran verschwunden wäre. Ja in seltenen Fällen bemerkte ich in einem oder in beiden Individuen überhaupt keinen großen Kern, was indessen auch leicht eine Folge der Zerquetschung gewesen sein kann.

Aus diesen Befunden scheint es mir nicht erlaubt, ein zusammenhängendes Bild von den Veränderungen des Kernes bei der Konjugation der *Diffflugien* zu entwerfen, besonders, da bei der verschiedenen langen Dauer der Konjugation in den einzelnen Fällen nicht verschiedene Zeitpunkte durch bestimmte Stadien charakterisirt sind. Doch geht wenigstens so viel mit Sicherheit aus den Beobachtungen hervor, dass der Kern eine bedeutsame Rolle bei der Konjugation spielt, indem die Konjugation charakterisirt ist durch das Auftreten je eines kleinen, eigenthümlich gestalteten Kernes neben dem gewöhnlichen, der möglicherweise dem Nebenkern der ciliaten Infusorien entspricht, und ferner dadurch, dass diese kleinen Kerne der beiden Individuen während der Konjugation in nahe Beziehung zu einander treten, deren Art allerdings noch unbekannt bleibt. Über die Entwicklung des kleinen Kernes, der vermuthlich durch Theilung aus dem großen entsteht, sowie über die endlichen Schicksale der Kerne lässt sich vorläufig überhaupt nichts Sicheres sagen. Hoffentlich werden Beobachtungen an anderen monothalamen Rhizopodenformen, die geeigneter zur Untersuchung sind als *Diffflugia lobostoma*, wie etwa *Quadrula* oder *Euglypha*, später die Lücken ausfüllen und im Zusammenhange mit den vorstehenden Befunden ein eben so klares Bild von den Kernverhältnissen bei der Konjugation der monothalamen Rhizopoden geben, wie wir es durch die Untersuchungen von BÜTSCHLI, BALBIANI, GRUBER, MAUPAS, R. HERTWIG u. A. von der Konjugation der ciliaten Infusorien erlangt haben.

#### 4) Theilungsversuche.

Zur Untersuchung des Verhaltens kernloser Theilstücke bezüglich ihrer Bewegungen stellte ich, wie früher an verschiedenen anderen Protisten<sup>1</sup>, auch an *Diffflugia lobostoma* zahlreiche Theilungsversuche an. Da ich bei meinen früheren Versuchen die kernlosen Theilstücke in der Regel nicht bis zu ihrem Absterben im Auge behielt, weil dies für meine damaligen Zwecke durchaus überflüssig war, so möchte ich an dieser Stelle eines von den Protokollen meiner Theilungsversuche an *Diffflugia lobostoma* mittheilen, das sich auf die gesammten Bewegungserscheinungen des kernlosen Theilstückes, vom Moment der Theilung an bis zu seinem Tode erstreckt. Ich komme besonders deshalb noch einmal auf die Theilungsversuche zurück, um einen Anknüpfungspunkt zu haben für einige Bemerkungen über die von

<sup>1</sup> Psycho-physiolog. Protisten-Studien.

B. HOFER neuerdings in seiner vortrefflichen Untersuchung über die Bedeutung des Zellkerns<sup>1</sup> ausgesprochenen Ansichten, die meine früher gemachten Mittheilungen sehr eng berühren.

Ehe ich jedoch zur Darstellung des Verhaltens der Theilstücke übergehe, will ich, um den Vergleich zu ermöglichen, vorerst eine kurze Skizze der charakteristischen Bewegungen des unverletzten Protists geben. Der vordere hyaline Theil des Protoplasmakörpers ist die Matrix der fingerförmigen Pseudopodien. Die Zahl der Pseudopodien ist sehr verschieden. In der Regel treten gleich mehrere Pseudopodien dicht an einander liegend gleichzeitig aus der Schalenöffnung hervor, die dann, indem sie sich allmählich verlängern, unter sich divergiren und sich bisweilen in zwei, drei, selten mehr Ausläufer verzweigen. Die Pseudopodien heften sich meistens bald nach dem Austritt aus der Schale vermöge einer gewissen Klebrigkeit an der Unterlage fest. Hierdurch gewinnen sie einen Fixationspunkt, so dass sie, wenn sie sich kontrahiren, wie Muskeln wirkend den Körper mit dem Gehäuse gleich einer Schnecke nach sich ziehen. In den meisten Fällen werden die Pseudopodien ungefähr nach einer Richtung hin ausgestreckt, so dass die Lokomotion absatzweise ebenfalls in dieser bestimmten Richtung stattfindet. Bisweilen heften sich die Pseudopodien nicht an der Unterlage an, sondern flottiren frei im Wasser und zeigen dann häufig eine langsame, unregelmäßig pendelnde, sehr charakteristische Bewegung. Das Einziehen der Pseudopodien geschieht in der Regel so, dass das Protoplasma langsam dem Körper wieder zuströmt, so dass das Pseudopodium kürzer und kürzer wird, bis es im Körperplasma ganz verschwunden ist. Selten kommt es spontan zu etwas schnellerer Retraction, wobei dann die bereits früher von *Diffflugia urceolata* beschriebenen Erscheinungen der Bildung eines Achsenstranges und einer runzeligen Außenmasse bemerkbar werden.

Die Technik der Theilungsversuche an *Diffflugia lobostoma* war dieselbe wie bei meinen früheren Versuchen. Da der Kern bei *Diffl. lobostoma* stets dieselbe Lage im hinteren Drittel des Protoplasmakörpers zeigt, so war es nicht schwer durch einen queren Schnitt ungefähr durch die Mitte des Gehäuses kernlose Theilstücke zu erhalten. Zur Sicherheit wurde gleich nach der Durchschneidung das als kernhaltig betrachtete Theilstück auf die Anwesenheit des Kerns untersucht und eben so das andere Theilstück nach Beendigung der Beobachtung. Die folgenden Angaben beziehen sich nur auf sicher kernlose Theilstücke.

<sup>1</sup> BRUNO HOFER, »Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss des Kerns auf das Protoplasma«, in: Jen. Zeitschr. für Naturw. 4889.

*Protokoll.*

**Kurz nach der Theilung.** Die Pseudopodien des kernlosen Theilstückes sind vollständig eingezogen. Keine Bewegungen.

**Nach 10 Min.** Ein Pseudopodium entwickelt sich durch die Schnittöffnung in der gewöhnlichen Weise. Ihm folgt die Bildung von zwei eben solchen Pseudopodien. Dieselben kleben sich auf der Unterlage an und das Theilstück beginnt durch abwechselndes Einziehen und Ausstrecken von Pseudopodien in gerader Richtung vorwärts zu kriechen, wie eine unverletzte *Diffugia*. Dies Verhalten besteht dauernd (Fig. c 1).

**Nach 70 Min.** Die Pseudopodien werden nach und nach eingezogen. Das Theilstück liegt wieder still.

**Nach 80 Min.** Es werden wieder nach einander zwei lange völlig normale Pseudopodien gebildet. Das Theilstück kriecht auf seiner Unterlage weiter. Ab und zu macht ein Pseudopodium frei im Wasser die gewöhnlichen, unregelmäßig pendelnden Bewegungen. Dies normale Verhalten dauert fort.

**Nach 120 Min.** Das Theilstück wird vom Objektträger in ein Uhrschälchen übertragen. Die Pseudopodien werden in Folge dessen eingezogen.

**Nach 140 Min.** Es treten wieder in normaler Weise Pseudopodien hervor, mit denen sich das Theilstück von Neuem an der Unterlage anheftet. Das Verhalten bleibt dauernd wie das einer unverletzten *Diffugia*.

**Nach 180 Min.** Die Pseudopodien werden eingezogen.

**Nach 200 Min.** Neue, an der Unterlage haftende Pseudopodien werden in gewöhnlicher Weise gebildet. Das Verhalten bleibt dauernd normal.

**Nach 240 Min.** Die Pseudopodien werden wieder eingezogen.

**Nach 260 Min.** Ein neues Pseudopodium wird in normaler Weise gebildet. Bei der Bildung eines zweiten, die Anfangs ebenfalls in normaler Weise erfolgt, bricht, als dasselbe noch nicht sehr weit ausgestreckt ist, an seiner Basis ruckartig ein rundlicher hyaliner Protoplasmavorstoß hervor, in den sich das Pseudopodium sofort wieder zurückzieht. Darauf werden wieder mehrere normale, sogar theilweise verzweigte Pseudopodien zu gleicher Zeit gebildet, mit denen das Theilstück sich anheftend vorwärts kriecht. Auch die charakteristischen Pendelbewegungen treten wieder auf.

**Nach 280 Min.** Alle Pseudopodien werden wieder eingezogen. Es

treten kurz nach einander ruckartig zwei größere, halbkugelig gewölbte Vorstöße von hyalinem Protoplasma auf. In den zweiten strömt etwas körniges Protoplasma nach. Beide werden nach einander langsam wieder eingezogen (Fig. c 2).

**Nach 290 Min.** Es zeigen sich nur schwache amöboide Formveränderungen des Protoplasmakörpers mit Bildung ganz kurzer Lappen.

**Nach 300 Min.** Ein langes, normales, an der Unterlage haftendes Pseudopodium wird in der gewöhnlichen Weise gebildet. Ihm folgt ein zweites eben so.

**Nach 310 Min.** Die Pseudopodien werden wieder langsam eingezogen. Der Körper macht nur schwache amöboide Bewegungen. Mitunter bricht, nachdem ein Pseudopodium eben begonnen hat sich in normaler Weise zu entwickeln, ein kurzer Protoplasmlappen an seiner Basis ruckartig hervor, in welchen das Pseudopodium sich sofort wieder zurückzieht.

**Nach 330 Min.** Ein normales Pseudopodium wird durch die Schalenöffnung ausgestreckt, aber bald wieder zurückgezogen. Es werden darauf dauernd keine normalen Pseudopodien gebildet.

**Nach 350 Min.** Bald hier bald dort an der Oberfläche bricht von Zeit zu Zeit mehr oder weniger ruckartig ein größerer hyaliner, halbkugelförmiger Vorstoß hervor, der sich langsam wieder zurückzieht.

**Nach 360 Min.** Ein langes, an der Unterlage haftendes Pseudopodium wird durch die Schalenöffnung in normaler Weise gebildet, aber nach 3 Min. wieder eingezogen. Darauf tritt aus der Schnittstelle eine große hyaline Vorwölbung langsam hervor. Später wird ein neues langes Pseudopodium aus dem Pylom hervorgestreckt und nach 4 Min. wieder eingezogen.

**Nach 380 Min.** Es treten nur langsame, schwache amöboide Formveränderungen des Körpers auf, nur von Zeit zu Zeit eine ruckartige hyaline Vorwölbung, die langsam verschwindet. Der Körper haftet nicht mehr an der Unterlage.

**Nach 410 Min.** Ein großer halbkugeliger hyaliner Vorstoß entsteht, auf dessen Oberfläche drei bis vier kleine hyaline Tröpfchen erscheinen. Darauf bildet sich in der gewöhnlichen Weise ein völlig normales, nicht an der Unterlage haftendes Pseudopodium, das sich nach einer Minute langsam wieder einzieht. Der Körper nimmt vollkommene Kugelgestalt an.

**Nach 420 Min.** Schwache amöboide Bewegungen treten auf, sowie ab und zu hyaline Vorstöße. Bisweilen erscheinen an der Ober-

fläche kleine, fingerkuppenförmige Ausbuchtungen. Ein nicht anhaftendes Pseudopodium wird in normaler Weise, aber nicht sehr lang ausgestreckt, aber gleich darauf wieder langsam eingezogen. Es folgen dauernd nur schwache Formveränderungen.

**Nach 480 Min.** Ein großer hyaliner Vorstoß bricht ruckartig hervor, in welchen körniges Protoplasma nachströmt. Gleichzeitig entstehen mehrere sehr kleine fingerkuppenförmige Vorwölbungen. Der Protoplasmakörper ist zum größten Theil aus der Schnittstelle der Schale herausgetreten.

**Nach 500 Min.** Der Körper nimmt rundlich ovale Gestalt an, die er nur sehr wenig und träge verändert.

**Nach 600 Min.** Der Körper zeigt nur äußerst langsame, kaum merkliche Gestaltveränderungen und liegt jetzt fast ganz außerhalb der Schale, die nur noch lose an ihm haftet.

**Nach 1200 Min.** (wahrscheinlich schon bedeutend früher) zeigt sich keine Bewegung mehr. Der Körper hat unregelmäßig klumpige Form angenommen mit verschwommenem Kontour. Das Protoplasma ist zum größten Theil körnig getrübt. Das Theilstück ist todt. Die Untersuchung ergibt Kernlosigkeit.

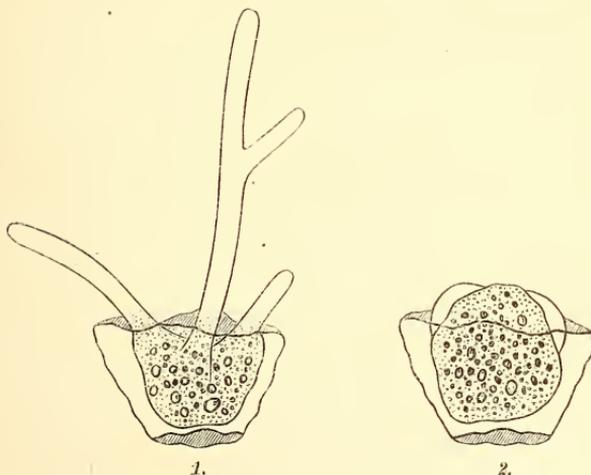


Fig. c. Bewegungen des kernlosen Theilstücks (die Schale als durchsichtig gezeichnet).

1. Normale Pseudopodienbildung durch die Schnittstelle 2. Halbkugelige hyaline Vorwölbungen.

Aus diesem Versuchsprotokoll, das übrigens für alle Theilungsversuche an *Diffugia lobostoma* als typisch betrachtet werden kann, geht deutlich hervor, dass das kernlose Theilstück nach Überwindung eines kurzen Excitationsstadiums in Folge des mechanischen Reizes

der Durchschneidung wieder vollkommen die Bewegungen zeigt, welche die unverletzte *Diffugia* charakterisiren. Es bildet Pseudopodien in normaler Weise und von normaler Beschaffenheit, die Pseudopodien haben die Fähigkeit sich an der Unterlage anzuheften, resp. frei ins Wasser ragend die charakteristischen Pendelbewegungen zu machen, durch Kontraktion der angehefteten Pseudopodien wird der Körper mit dem Gehäuserest nachgeschleppt und das Theilstück kriecht auf diese Weise wie ein unverletztes Protist. Dies Verhalten dauert in völlig normaler Weise mehrere (im vorliegenden Falle über vier) Stunden hindurch fort. Erst jetzt beginnen sich ganz geringe Störungen geltend zu machen. Die ersten Unregelmäßigkeiten bestehen darin, dass neben den normalen Pseudopodien häufig ruckartig hervortretende, kurze Protoplasmavorstöße gebildet werden. Später wird die Bildung normaler Pseudopodien immer seltener, es entstehen immer längere Pausen, in denen überhaupt keine Pseudopodien, sondern nur ruckartig hervortretende hyaline Vorstöße gebildet werden, und die vereinzelt Pseudopodien, welche sich noch normal entwickeln, werden meist nach ganz kurzer Zeit wieder eingezogen. Bald verliert das Protoplasma die Fähigkeit an der Unterlage zu haften. Dann bemerkt man wohl noch das Bestreben Pseudopodien zu bilden aber dieselben kommen nur selten noch zur Entwicklung. Im vorliegenden Fall wurde allerdings sogar nach sieben Stunden noch ein völlig normales Pseudopodium ausgestreckt. Schließlich aber hört die Pseudopodienbildung ganz auf. Der Körper zeigt zuerst noch ziemlich lebhaft amöboide Bewegungen, bald aber nur noch sehr geringe und träge Formveränderungen. Zuletzt tritt mit der körnigen Degeneration des Protoplasmas der Tod ein. Die Lebensdauer der kernlosen Theilstücke, also die Zeit, auf welche sich alle diese Erscheinungen vertheilen, hängt wesentlich von der Größe des Theilstücks ab; größere leben länger und behalten länger ihr normales Verhalten bei als kleinere.

Aus den vorstehenden Thatsachen scheint mir eben so wie aus den zahlreichen, in den »Psycho-physiologischen Protistenstudien« mitgetheilten Theilungsversuchen ganz unzweideutig der Schluss hervorzugehen, den ich bereits (l. c. p. 483) gezogen habe: »Die Bewegungen stehen, wie die Versuche zeigen, durchaus nicht unter dem unmittelbaren Einfluss des Kerns. . . . Der Kern kann daher keinesfalls als psychisches Centrum aufgefasst werden.« etc.

HOFER hat in seiner oben angeführten Arbeit ebenfalls Theilungsversuche angestellt und zwar hauptsächlich an sehr großen Individuen von *Amoeba proteus*, wobei er sein Augenmerk besonders auf die Be-

wegungs- und Verdauungsvorgänge der kernlosen Theilstücke richtete. Obwohl nun die objektiven Thatsachen, die HOFER bei seinen ausgezeichneten Versuchen fand, im Wesentlichen dieselben sind, wie die, welche ich bezüglich der Bewegungen bei meinen Theilungsversuchen feststellte, glaubt doch HOFER dieselben anders deuten zu müssen. Er fand, dass kernlose Theilstücke von *Amoeba proteus* bald nach der Durchschneidung, ohne sich wieder an die Unterlage anzuheften, genau dieselben Formveränderungen zeigten, wie das unverletzte Protist, dass aber nach einiger Zeit die Formveränderungen begannen Störungen zu erleiden, indem die Pseudopodienbildung langsamer und schwächer wurde und schließlich ganz erlosch. Trotzdem aber beobachtete HOFER, dass in den kernlosen Theilstücken noch nach mehreren (bis zu 14) Tagen vorher aufgenommene Nahrungstheilchen schwache chemische Veränderungen erfuhren. Aus diesen Thatsachen glaubt HOFER den Schluss ziehen zu müssen: »Der Zellkern besitzt einen direkten Einfluss auf die Bewegung des Protoplasmas, welchem an sich zwar die Fähigkeit der Bewegung innewohnt, das aber erst durch seine Wechselbeziehungen zum Kern die Gesammtheit aller die normale Zelle charakterisirenden Formen der Bewegung zur Entfaltung bringen kann, da die Aufhebung des Kerneinflusses wahrscheinlich einen Verlust der Steuerung in der bewegenden Kraft zur Folge hat, der Kern — mit anderen Worten — ein regulatorisches Centrum für die Bewegung darstellt.« Die höchst wichtige Thatsache, dass das kernlose Theilstück noch längere Zeit nach der Abtrennung vom Körper durchaus normale Bewegungen ausführt, deutet HOFER als Nachwirkung des Kerns.

Mir scheint diese Schlussfolgerung HOFER's den Thatsachen doch ein wenig Zwang anzuthun. Wenn dem kernlosen Theilstück nur die Fähigkeit der Bewegung innewohnte und wenn das regulatorische Centrum für die Bewegung im Kern gelegen wäre, so wäre es unmöglich zu verstehen, wie es kommt, dass noch so lange Zeit nach der Theilung die Bewegungen in der gewöhnlichen Weise ungestört fortgesetzt werden, wesshalb nicht sofort nach Abtrennung des regulatorischen Bewegungscentrums die Bewegungen aufhören oder statt der normalen völlig regellose Formveränderungen auftreten. Denn die Nachwirkung eines früher mit dem Körper verbundenen regulatorischen Bewegungscentrums ist eine kaum verständliche Erscheinung und scheint mir einen Widerspruch in sich zu enthalten. Ein Stück Protoplasma, das kurz nach Verlust seines regulatorischen Bewegungscentrums noch dieselben Bewegungen ausführt wie vorher, würde eben so wunderbar sein wie ein Frosch, der nach Abtragung seines Gehirns sich noch eben so verhält wie vor der Operation. Die

kürzere oder längere Fortdauer der normalen Bewegungen ist hierbei völlig gleichgültig.

Mir scheinen sich die Thatsachen, auch ohne dass man ihnen den leisesten Zwang anthut, ganz leicht zu erklären. Wie ich l. c. bereits ausführlich entwickelt habe, bestehen in der Zelle zwischen Außenwelt und Protoplasma, sowie zwischen Protoplasma und Kern, wie auch zwischen Kern und Außenwelt höchst complicirte Stoffwechselbeziehungen und der Organismus jeder Zelle ist so eingerichtet, dass wenn einer dieser drei Faktoren wegfällt, selbstverständlich auch die Funktionen der beiden anderen, welche auf ihn angewiesen waren, Störungen erleiden müssen. Zellkern und Zellprotoplasma stehen also in einem Abhängigkeitsverhältnis von einander und es ist klar, dass, wenn z. B. der Kern einer Zelle exstirpirt wird, je nach den Wechselbeziehungen Störungen der verschiedensten Art sich im Protoplasma geltend machen werden, die schließlich zum Tode desselben führen müssen. In so fern ein solches Abhängigkeitsverhältnis des Protoplasmas vom Kern besteht, in so fern stehen auch schließlich die Bewegungen des Protoplasmas unter dem Einfluss des Kerns, denn wenn im Protoplasma durch Wegfall der Beziehungen des Zellkerns immer weiter gehende molekulare Störungen auftreten, so werden schließlich auch die Bewegungen darunter leiden. Aber diese Beziehung des Kerns zu den Bewegungen des Protoplasmas ist offenbar keine unmittelbare, ist nicht die eines regulatorischen Centrums, sonst würden die Störungen im Moment der Abtrennung desselben auftreten müssen. Im gleichen Sinne wie die Bewegungen stünden dann überhaupt alle Funktionen des Protoplasmas unter dem Einfluss des Kerns und alle Funktionen des Kerns unter dem Einfluss des Protoplasmas. Mit demselben Recht wie HOFER den Kern als regulatorisches Centrum für die Bewegungen des Protoplasmas bezeichnet, könnte man dann umgekehrt bei den Zellen mit amöboid veränderlichem Kern, wie sie neuerdings namentlich von KORSCHULT mehrfach beschrieben sind, das Protoplasma als regulatorisches Bewegungscentrum für den Kern auffassen, denn nach der Isolirung des Kerns vom Protoplasma geht dieser, wie man sich leicht überzeugen kann, ebenfalls nach und nach zu Grunde und seine Bewegungen hören auf.

Die Thatsache, dass noch nach langer Zeit Nahrungstheilchen chemische Veränderungen im Protoplasma der kernlosen Theilstücke erfahren, steht mit der obigen Auffassung im besten Einklang; denn offenbar werden bei der höchst complicirten chemischen Zusammensetzung des Protoplasmas nicht alle Verbindungen, die sich im Protoplasma vorfinden, gleichzeitig einer Zersetzung anheimfallen, besonders

wäre es sehr leicht verständlich, wenn die viel haltbareren Verbindungen der Verdauungssäfte, sei es, dass sie als solche direkt vom Kern oder vom Protoplasma producirt oder dass sie unter Mitwirkung beider entstanden sind, auch längere Zeit bestehen bleiben werden, als die leichter zerfallenden Eiweißkörper von complicirter Konstitution, an deren Vorhandensein und Zerfall die Bewegung geknüpft ist. Es dürfte demnach auch hier ein eben so müßiger Streit sein wie bei irgend einem höheren Thier, wenn man einen bestimmten Moment als den des Todes bezeichnen wollte, da doch einzelne Theile schon tiefgehende Veränderungen erfahren haben können, während andere noch in ganz normaler Weise weiter funktioniren. Im Übrigen wird es bei unseren jetzigen Mitteln wohl kaum möglich sein, mit Sicherheit zu entscheiden, ob die Nahrungstheilchen im kernlosen Theilstück noch eben so verdaut werden wie im unverletzten Protist, oder ob die chemischen Veränderungen, welche sie erfahren, nicht anderer Natur sind.

Ich glaube, dass die vorstehenden Bemerkungen ein wenig zur Verständigung über die streitigen Fragen beitragen werden und dass ich durchaus berechtigt bin zu der Behauptung: Der Kern ist kein psychisches Centrum der Zelle. Er regulirt die Bewegungen des Protoplasmas nicht in der Weise wie ein Centralorgan die Thätigkeit der Bewegungsapparate, denn die Bewegungen dauern noch lange Zeit nach seiner Entfernung in normaler Weise fort; er beeinflusst vielmehr die Bewegungen nur indirekt, in so fern seine Entfernung mit der Zeit tiefgehende molekulare Störungen im Zellprotoplasma herbeiführt, welche das Fortbestehen der normalen Bewegungen verbieten.

Zum Schluss will ich noch bemerken, dass Amoeben nach meiner Erfahrung für die Untersuchung dieser Fragen ein sehr ungünstiges Objekt sind, einerseits weil die normalen Bewegungen der kernlosen Theilstücke schon in unvergleichlich viel kürzerer Zeit nach der Theilung aufhören als bei anderen Protisten und andererseits besonders deshalb, weil die Bewegungen der Rhizopoden sehr wenig charakteristische Momente an sich haben. Viel günstigere Versuchsobjekte liefern wegen ihrer höchst bezeichnenden, oft sehr complicirten, koordinirten Wimperbewegungen die ciliaten Infusorien, bei denen die Fortdauer der normalen Bewegungen an kernlosen Theilstücken viel mehr in die Augen fällt und im höchsten Maße frappirt.

Jena, physiologisches Institut, im März 1890.

## Erklärung der Abbildungen.

### Tafel XVIII.

Fig. 1. *Diffflugia lobostoma* Leidy. Das Gehäuse aus unregelmäßig polygonalen, schwach nach außen konvexen Plättchen, ohne Sandkörner gebaut.

Fig. 2. *a* und *b* Formen der Schalenöffnung (Pylom).

Fig. 3. Ein jüngeres, erst vor kurzer Zeit aus der Theilung hervorgegangenes Individuum, dessen eine Schalenhälfte abpräparirt ist. Im hinteren Drittel liegt der Kern eingebettet in die Körnermasse. Im mittleren Drittel befinden sich aufgenommene Detrituskörnchen und Nahrungstheilchen etc. Aus dem vorderen Drittel gehen die Pseudopodien hervor.

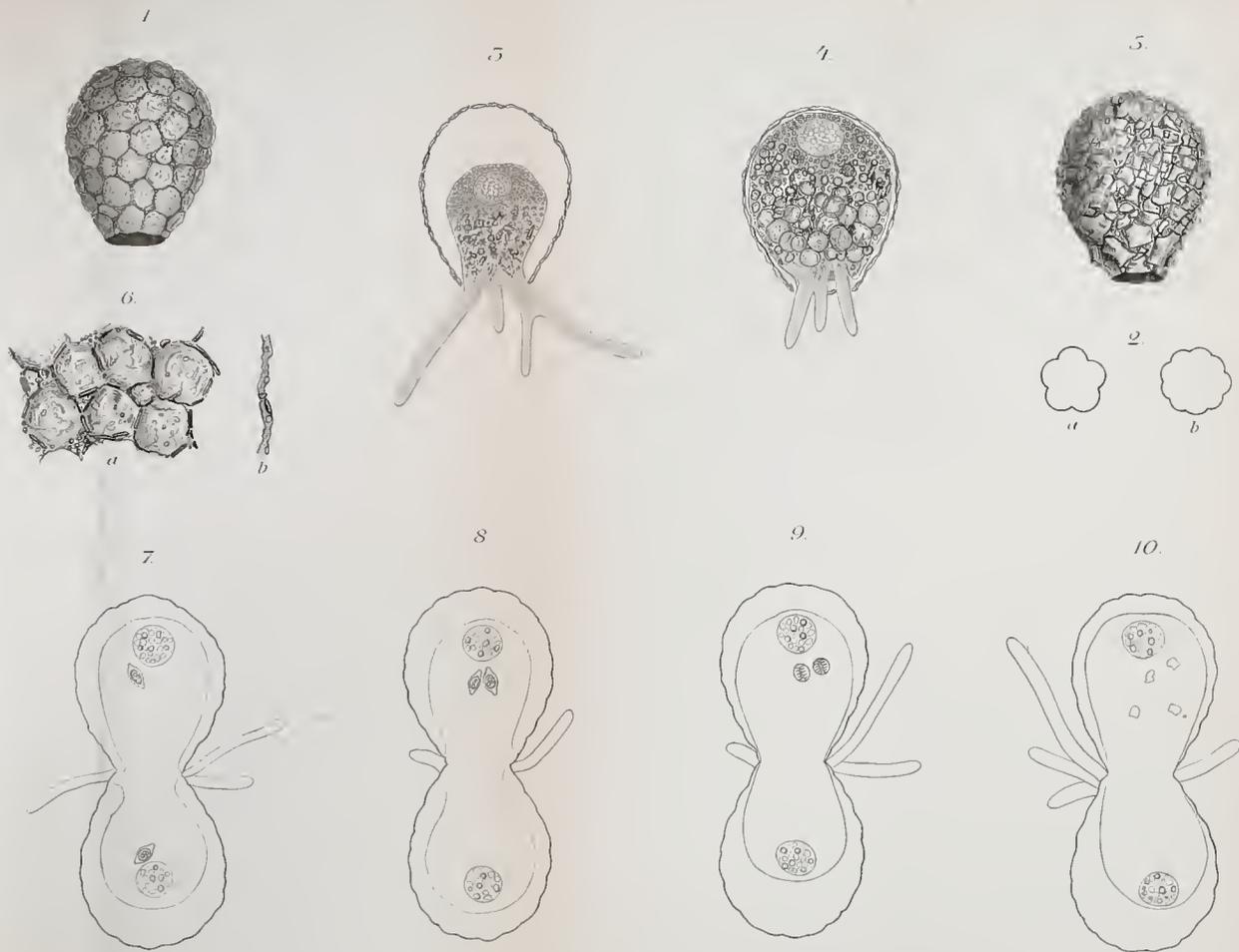
Fig. 4. Ein älteres Individuum, bei dem der Protoplasmakörper fast den ganzen Gehäuseraum ausfüllt. Der ganze Körper ist angefüllt mit der Körnermasse, deren Körner nach vorn zu immer größer werden.

Fig. 5. Ein aus lauter Glassplittern gebildetes Gehäuse. Die Plättchenstruktur ist völlig verwischt.

Fig. 6. *a* Einige Plättchen der gewöhnlichen Schale etwas stärker vergrößert. Auf den Grenzlinien sind mehrere stäbchenförmige Körper in der Richtung der Grenze eingelagert. *b* Querschnitt durch ein Stück Schale.

Fig. 7—10. Konjugationsstadien. Nur die großen und kleinen Kerne sind auf der Abbildung ausgeführt, Schale und Protoplasmakörper nur im Umriss.

---



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1890

Band/Volume: [50](#)

Autor(en)/Author(s): Verworn Max

Artikel/Article: [Biologische Protisten Studien. 443-468](#)