

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Marburg.)

Transplantationsversuche an Protozoen.

Von

Yô K. Okada (Naba, Hyogo-Ken, Japan).

(Hierzu 19 Textfiguren und Tafel 6—10.)

Inhaltsübersicht.

	Seite
1. Einleitung und historischer Überblick	40
2. Methoden der Transplantation	47
3. Drei Variationen von <i>Pelomyxa</i> und die Verschmelzung bei verschiedener Versuchsanordnung	59
a) Verschmelzungsversuche an Teilstücken (autoplastische Transplantation)	63
b) Verschmelzungsversuche mit zwei Individuen desselben Typus (homoplastische Transplantation)	65
c) Verschmelzungsversuche zweier <i>Pelomyxa</i> -Individuen von verschiedenem Typus	74
4. Die Mosaikstruktur bei verschmolzenen <i>Actinosphaerien</i> bleibt nicht erhalten	75
5. Reinkorporation und Restitution	78
a) Bei <i>Actinosphaerium</i>	78
b) Die Restitutionsfähigkeit des transplantierten Pseudopodiums bei <i>Diffugia</i>	81
6. Induktion von Pseudopodien an einer ungewöhnlichen Stelle von <i>Diffugia</i>	84
7. Implantation	86
8. Zusammenfassung	90
9. Literaturverzeichnis	91
10. Tafelerklärung	93

1. Einleitung und historischer Überblick.

Auch bei den Protozoen ist die Transplantation eines Teiles des Körpers an eine andere Stelle des Körpers oder auf ein anderes Individuum möglich. Dieses Experiment ist nur wegen der Kleinheit der Objekte mit einigen Ausnahmen nicht sehr leicht. Versuche, Teilstücke eines Protozoons zu vereinigen oder eine Verschmelzung von zwei oder mehr Tieren auf künstlichem Wege zu erreichen, haben in verschiedenem Grade zum Erfolg geführt; wenn auch die Fälle, soweit sie in der Literatur bekannt wurden, nicht sehr zahlreich sind und sich fast nur auf eine einzige Klasse, die der Rhizopoden, beschränken.

Es ist unnötig zu sagen, daß das Verschmelzen von zwei Zellen oder Zellelementen in der Natur ein allgemein verbreiteter Vorgang ist. Diese Tatsache gehört zu den bekanntesten im Organismenreich. Spermatozoen vereinigen sich mit Eizellen zur weiteren Entwicklung der letzteren. Wenn zwei Fäden von *Spirogyra* miteinander in Berührung kommen, vereinigen sich zwei Zellen verschiedener Fäden miteinander längs der Berührungsfläche und das Protoplasma fließt von der einen Zelle in die andere und verschmilzt mit deren Inhalt. Bei den Protozoen z. B. conjugieren die Ciliaten (zeitliche Verschmelzung); die Vorticellen copulieren (vollständige Verschmelzung) usw. Bei der Vereinigung der Geschlechtszellen der Metazoen, bei der Conjugation von zwei *Spirogyra*-Fäden oder bei entsprechenden Vorgängen bei Protozoen tritt in der Regel nicht nur eine Verschmelzung des Zellkörpers, sondern auch der Kerne ein. Man hat bei einigen Wirbellosen gelegentlich Eier gefunden, die doppelt so groß waren wie die normalen; sie entwickeln sich zu Embryonen, die etwa doppelt so groß sind wie die gewöhnlichen. Man stellte fest, daß diese Rieseneier durch Verschmelzung von zwei normalen entstehen. Diese Tatsache ist von besonderem Interesse für die Embryologen und es sind Versuche gemacht worden, zwei Eier mit künstlichen Mitteln zur Vereinigung zu bringen.

Cytoplasmatische Verschmelzung ohne gleichzeitige Verschmelzung der Kerne kommt bei den Metazoen, wenigstens bei dem Prozeß, den man Befruchtung nennt, im allgemeinen nicht vor. Bei den Protozoen dagegen findet eine solche Verschmelzung ohne gleichzeitige Verschmelzung der Kerne statt und wird im Gegensatz zur Karyogamie „Plasmogamie“ genannt. Plasmogamie ist gelegentlich beobachtet worden bei Foraminiferen und Amöben, sie scheint allgemein verbreitet zu sein bei den Heliozoen. Bei zwei vegetativen

Individuen von *Actinosphaerium eichhornii* oder bei der verwandten Art *Actinophrys sol* hat man häufig in der Natur ein Verschmelzen längs der sich berührenden Flächen beobachtet. Ein Verschmelzen einer Anzahl dieser Tiere um eine große Nahrungsmasse herum ist von LOOPER (1925) und anderen beschrieben worden. Eine solche Vereinigung findet nur vorübergehend statt, denn die Trennung erfolgt, sowie die Verdauung beendet ist. Manchmal aber ist die Vereinigung intimer und zwei oder mehrere Individuen verschmelzen vollkommen miteinander. In diesem Fall würde der Vorgang der Vereinigung etwas weiter gehen als bei der einfachen gemeinsamen Nahrungsaufnahme, der „Freßgemeinschaft“. In der Tat kann eine solche Plasmogamie in gewisser Weise mit einer Kernverschmelzung verbunden sein und kann dann als ein der Karyogamie vorhergehender Prozeß angesehen werden. BĚLAŘ (1923) hat für *Actinophrys sol* ein ausgezeichnetes Beispiel gegeben, bei dem auf Plasmogamie Gametenbildung folgt. Auch bei Myxomyceten soll die Verschmelzung der Plasmodien der Sporenbildung vorausgehen. Vielleicht führt, wie schon oft vermutet wurde, die Plasmogamie zu den verschiedenen Arten der Karyogamie.

a) Künstliche Verschmelzung bei Heliozoen. Der Vorgang der natürlichen Plasmogamie bei *Actinosphaerium* führte zu verschiedenen Versuchen, zwei vegetative Stücke auf künstlichem Wege zu vereinigen und diese Versuche haben in verschiedenem Grade Erfolg gehabt. CIENKOWSKI (1865) gelang es, zwei Actinosphaerien zu vereinigen, wenn er zwei angeschnittene Flächen zusammenbrachte und sie mit Papierstreifen zusammenhielt. Dieser Versuch konnte mehrere Male hintereinander wiederholt werden, bis ein sehr großes *Actinosphaerium* entstand, das fünf zusammengeschmolzene Exemplare repräsentierte. GREEFF (1867) und PENARD (1904) beobachteten, daß eine einzige vegetative Zelle, in eine größere Anzahl von kleinen Stücken zerquetscht, unter einem Deckglas eventuell wieder zu ihrer ursprünglichen Form verschmelzen kann. JOHNSON (1894) konnte bei dem amerikanischen *Actinosphaerium* keine künstliche Vereinigung zustande bringen, selbst wenn er zwei Individuen ganz dicht zusammenbrachte. HOWLAND (1928) hat jedoch kürzlich über ihren glänzenden Erfolg sowohl bei Transplantations- als auch bei Wiedervereinigungsversuchen an dieser amerikanischen Art berichtet. Nach HOWLAND kann künstliche Plasmogamie immer erzeugt werden, wenn man zwei oder mehrere Tiere in einem hängenden Tropfen, der klein genug sein muß, um einen mäßigen Druck ausüben zu können, schweben läßt. Bei

dieser Methode glückt die Vereinigung verschiedener Individuen, wenn ein genügender Druck ausgeübt wird, so daß eine vorübergehende Berührung zustande kommt. Es wird auch gezeigt, daß zwei Tiere, die zur Verschmelzung gebracht werden sollen, nicht an den Berührungsstellen angeschnitten sein müssen. Zeitweise Berührung und mäßiger Druck reichen vollkommen aus, um eine Verschmelzung von zwei *Actinosphaerien* zu bewirken.

Nach vollständiger Verschmelzung gewinnen die vereinigten Tiere ihre ursprüngliche Kugelgestalt zurück, und die Axopodien gehen strahlenartig nach allen Richtungen, als ob nichts sich an der Kugel verändert hätte. Es ist also, wenn eine vollständige Verschmelzung (natürlich oder künstlich) erfolgt ist, das zusammengesetzte *Actinosphaerium* nicht von einem normalen einfachen zu unterscheiden. Aber es ist oft beobachtet worden, daß das zusammengesetzte *Actinosphaerium* sich in die ursprünglichen zwei Individuen trennt. JOHNSON (vgl. p. 271) schließt aus dieser Beobachtung der natürlichen Plasmogamie, daß, je größer die Zahl der verschmolzenen Individuen, um so unregelmäßiger die erzeugte „Kolonie“ ist, und um so weniger vollkommen die Verschmelzung: „Diese gehen prompt eine mehrfache Teilung ein, aber es muß nicht die ursprüngliche Zahl von Individuen erreicht werden.“ Er führt Beispiele an, bei denen sich eine „Zygote“ von drei Individuen sehr oft durch symmetrische Einschnürung in zwei teilte. Jedoch nach der neuesten Beobachtung von HOWLAND (vgl. summary 3, p. 287) zeigt das zusammengesetzte *Actinosphaerium* oder die „Zygote“ von JOHNSON kein Zeichen von Teilung, selbst nach Ablauf von 4 Tagen. Es ist sehr erstaunlich, daß während dieses Zeitabschnittes keine vollständige Vermischung des Protoplasmas der verschiedenen Individuen stattfindet, jedes Tier der vereinigten Individuen bildet nur einen bestimmten Teil der neuen Kugel, d. h. der erhaltene Organismus ist mosaikartig aufgebaut. Zu diesem Problem werde ich später zurückkehren, und wir werden nun zur Betrachtung der nächsten Gruppe übergehen.

b) Radiolarien. Der äußere Teil, der der Rinde von *Actinosphaerium* entspricht, besteht nur aus Schichten von großen Blasen des hyalinen Cytoplasmas, während die wesentlichen Bestandteile des Organismus in der Zentralkapsel verborgen liegen. Wenn dieser innere Teil isoliert wird, regeneriert er die fehlenden Teile des Körpers. Der äußere Teil besitzt nicht die Fähigkeit zu regenerieren. Wenn er von dem Zentralteil isoliert wird, geht er unweigerlich zugrunde. VERWORN (1892) verpflanzte die Zentralkapsel

von *Thalassicolla nucleata* in das Protoplasma eines anderen Individuums, dessen Zentralkapsel vorher herausgenommen worden war, und so konnte er den kapsellosen Teil vor dem Schicksal des Zugrundegehens bewahren. Wenn das Experiment gelingt, heilt in der äußeren Schicht die Wunde; die fehlenden Strahlen werden regeneriert, usw., wie bei einem normalen Tier. Wenn die verpflanzte Zentralkapsel nicht genau in der Mitte des kapsellosen äußeren Teiles liegt, findet ein Ausrichten zwischen diesen beiden Teilen statt, bis die Zentralkapsel im Zentrum des neuen Organismus liegt. Es gelang auch VERWORN, in eine Hülle zwei Zentralkapseln einzupflanzen, woraus Individuen hervorgehen, die dauernd zwei Kapseln behalten, aber im übrigen völlig normal weiterleben.

c) Einverleibung abgeschnittener Pseudopodien bei Foraminiferen. Bei marinen Foraminiferen mit fadenförmigen Pseudopodien tritt beim Ausstrecken der Pseudopodien eine zentrifugale Strömung feiner Körnchen, beim Wiedereinziehen eine zentrifugale auf. Wenn sie von dem Hauptkörper an irgendeiner Stelle abgeschnitten werden, hört der zentrifugale Strom augenblicklich auf, und die Körnchen strömen nur noch in zentrifugaler Richtung. Die abgetrennten Pseudopodien runden sich ab zu kleinen Protoplasmatröpfchen. VERWORN (1892) beobachtete, wie solche Plasmastückchen von *Orbitolites complanatus* an den Enden anderer Pseudopodien, die mit dem Hauptkörper verbunden waren, festhafteten. Dann neigten sich die Plasmastückchen an diesen Berührungsstellen und glitten an den Pseudopodien entlang. JENSEN (1896) stellt fest, daß bei *Orbitolites complanatus* und *Amphistegina lessoni* die Kreuzungsberührung von Pseudopodien verschiedener Individuen selbst innerhalb derselben Art einen augenblicklichen Zerfall des betreffenden Protoplasmas hervorruft. Die Tiere greifen dann hinterher gelegentlich die Bruchstücke auf, jedoch immer nur diejenigen, die zu ihnen selbst gehörten, und durchaus nicht die der anderen Individuen. Diese Fragmente werden dann wieder zu einem Teil ihres Zellkörpers. Es gelang JENSEN dasselbe Verhalten zwischen abgeschnittenen Pseudopodien und Zellkörpern festzustellen. Bei diesen Foraminiferen ist die Wiedervereinigung daher nur möglich, wenn beide Teile, die Bruchstücke sowohl als auch die Zellkörper, ein und demselben Individuum angehören. Auf diese Tatsache stützt sich die Hypothese von der physiologischen Differenzierung des Protoplasmas der Individuen. Nach dieser Betrachtung müssen die Pseudopodien einer Art selbstverständlich negativ auf die Protoplasmabruchstücke anderer Arten reagieren. Dies wurde von

JENSEN (vgl. p. 192) an zwei Foraminiferen bewiesen, *Orbitolites* und *Amphistegina*.

Gehen wir ein wenig zurück und fragen: was für physiologische Unterschiede können in dem Protoplasma von Foraminiferenembryonen gefunden werden, die sich aus einem Muttertier entwickelt haben? Die Embryonen oder Gameten der Foraminiferen entstehen durch Zerfall des alten Protoplasmas, das ein und dieselbe physiologische Individualität gehabt haben muß. JENSEN hatte das Glück, sehr kleine Orbitoliten zu erhalten, die „Tags zuvor in größerer Anzahl das Muttertier verlassen hatten und etwa 0,2 mm groß waren“. Als zwei von diesen „Baby-Foraminiferen“ auf den Boden eines Glases, das mit frischem Seewasser gefüllt war, nebeneinander gelegt wurden, sandten beide Pseudopodien aus, die lang genug waren, um einander zu berühren. In diesem Falle konnte JENSEN nicht den charakteristischen Zerfallsvorgang beobachten, der so sicher bei erwachsenen Tieren eintritt, sondern die Pseudopodien der verschiedenen Individuen verschmolzen miteinander. Hierzu sagt JENSEN (vgl. p. 195): „Wir sehen also, daß junge Orbitoliten desselben Wurfes noch ohne sich gegenseitig kontraktorisch zu erregen, protoplasmatisch miteinander verschmelzen können. Daraus läßt sich entnehmen, daß jene physiologischen Differenzen der einzelnen Individuen derselben Art sich erst im Laufe des individuellen Lebens entwickeln.“

Später, im Jahre 1901, machte JENSEN weitere Versuche an Orbitoliten, bei welchen er praktisch dieselben Resultate erzielte wie vorher. In dieser letzten Arbeit deutet er an, daß bei den abgetrennten Teilen eine gewisse Tendenz zur Wiedervereinigung vorhanden ist, und daß die Tendenz besonders stark ist, unmittelbar bevor die abgeschnittenen Teile ihre Fähigkeit zur Eigenbewegung verlieren.

d) Testaceen, besonders *Diffugia*. Die Schalen sind sehr verschieden sowohl in bezug auf ihre Gestalt als auch auf ihre Zusammensetzung, sie sind aber niemals perforiert wie die der oben genannten Foraminiferen. Es ist nur eine Öffnung vorhanden, die terminal, selten sub-terminal liegt. Das Protoplasma nimmt im allgemeinen den größten Teil des Schalenhohlraums ein, und nur die Pseudopodien werden aus der Öffnung herausgestreckt. So kann ein besonders langes Pseudopodium, wenn es plötzlich zurückgezogen wird, an seinem distalen angehefteten Ende gelegentlich abreißen. Solch ein abgerissenes Stück beginnt im allgemeinen nach kurzer Zeit amöboide Bewegungen zu zeigen, während das Tier neue Pseudo-

podien aussendet. Die beiden Protoplastmateile berühren sich nach kurzer Zeit, und die Verschmelzung findet statt.

KEPNER und REYNOLDS (1923) haben eine Reihe von Versuchen angestellt, um zu ermitteln, bis zu welchem Umfang dieses Phänomen bei *Diffugia* verbreitet ist. Wie bei den oben genannten Foraminiferen wurden die Pseudopodien nur von solchen aufgegriffen, die demselben Individuum angehörten, und es fand augenblicklich eine Verschmelzung an einem Pseudopodium statt, während die Fragmente der anderen Einzeltiere nicht angenommen wurden. Dieser Vorgang scheint auch ganz spezifisch zu sein. Individuen derselben Art, die man aus derselben wilden Kultur erhalten hat, sollen eine deutlich negative Reaktion ihren Fragmenten gegenüber gezeigt haben. KEPNER und REYNOLDS jedoch erhielten gelegentlich auch Kreuzungverschmelzungen innerhalb der Grenzen einer Art. Sie erklären das damit, daß solche Individuen einander wahrscheinlich sehr nahe stehen in bezug auf ihren genetischen Ursprung. Es ist nie eine Verschmelzung zwischen zwei Pseudopodien-Bruchstücken beobachtet worden, wie nahe man sie auch immer zusammengebracht hat.

e) Verschmelzung von zwei Amöben. Zunächst sind die Experimente von v. PROWAZEK (1901) über die künstliche Wiedervereinigung von abgetrennten Stücken einer großen vielkernigen Amöbe zu nennen, die er „in den Oberflächenhäutchen der Heuinfusion“ fand, und auch die Verschmelzung verschiedener gleichartiger Amöben. Die Amöben gleichen nach seiner Beschreibung am meisten *Pelomyxa*. Ihre bedeutende Größe läßt sie als besonders günstiges Objekt für Transplantationsversuche erscheinen. In der Tat sind schon Versuche gemacht worden, eine Verschmelzung dieser Riesenamöben herbeizuführen.

HATSCHKE (nach PROWAZEK, vgl. p. 93) soll eine Wiederververschmelzung von abgetrennten *Pelomyxa*-Stücken geglückt sein, wie sie PROWAZEK bei seiner Amöbe gelang, aber letzterem gelang dasselbe Experiment mit *Pelomyxa* nicht. „Die Teilstücke verschmolzen in diesem Falle nicht“, sagt er selbst. Später, im Jahre 1907, wiederholte BOTT dieselben Versuche in dem Laboratorium dieses Institutes, aber er brachte keine Verschmelzung bei *Pelomyxa* zustande. „Die beiden Teiltiere kamen später wiederholt in innigste Berührung, ohne jedoch dabei wieder zu verschmelzen.“ Auch wenn er beide Tiere nur verletzte und mit der Wundstelle aneinander legte, war es ihm nicht möglich, eine Wiedervereinigung zu erzielen. Vorübergehende Vereinigungen von *Pelomyxa*-Teilstücken erhielt L. RUHL (1926) bei seinen ebenfalls im Marburger Zoologischen In-

stitut angestellten Versuchen, doch konnten diese nicht fortgesetzt werden.

f) Mycetozoen. Es wird gelegentlich erwähnt, daß sich ein Fragment von einem Myxomyceten mit einem anderen Individuum vereinigt. Das ist sehr verständlich, da ja die Verschmelzung von Plasmodien eine bekannte Erscheinung in dieser Gruppe ist.

g) Verschmelzung zweier getrennter Ciliaten. Außer bei den Rhizopoden ist nur noch bei einer Gruppe der Protozoen, den Ciliaten, eine Wiederverschmelzung abgetrennter Stücke mit Erfolg versucht worden, und zwar bei *Glaucoma scintillans*. Nach PROWAZEK (vgl. p. 92) ist das Protoplasma dieser Tiere sehr zäh. Die durch Zerreißen erhaltenen Stücke können unter einem Deckglas zur Verschmelzung gebracht werden, wenn man das Glas sorgfältig auflegt, so daß zwei Schnittflächen zusammenkommen. Diese Verschmelzung war jedoch nur von kurzer Dauer. Die verschmolzenen Stücke trennten sich bald danach wieder.

Wie sich aus dem Vorstehenden ergibt, sind die Experimente über Transplantation bei Protozoen in der Hauptsache auf die Rhizopoden beschränkt und auch bei diesen sind sie nicht sehr zahlreich. Als ich im Juni 1928 nach Marburg kam, wies mich Herr Professor KORSCHOLT auf ein schon länger von ihm nach dieser Richtung in Aussicht genommenes Objekt, die *Pelomyxa palustris* hin, von der wegen ihrer bedeutenden Größe und auch aus anderen Gründen nach seiner Meinung eine gewisse Aussicht auf das Gelingen von Transplantationsversuchen bestände.

Wenn auch die Möglichkeit einer Verschmelzung von Individuen oder Teilen von ihnen theoretisch bei dieser Amöbe nicht unwahrscheinlich war, so traten doch bei der praktischen Ausführung der Versuche recht erhebliche Schwierigkeiten auf. Ich hatte schon eine große Anzahl erfolgloser Versuche angestellt, als ich schließlich Mitte Oktober eine besondere Methode herausfand, mit der die Verschmelzung von zwei *Pelomyxa*-Individuen gelang. In dieser Zeit von 3 Monaten wiederholte ich auch die Versuche an *Diffugia* und *Actinosphaerium* in der Absicht, die bereits vorliegenden Ergebnisse zu prüfen und sie, wenn möglich, weiterzuführen. Leider konnten die Versuche wegen eintretenden Materialmangels nicht so fortgeführt werden, wie ursprünglich beabsichtigt war, sondern mußten auf spätere, günstigere Gelegenheit verschoben werden. Inzwischen möchte ich über die Methoden der Transplantation an 3 verschiedenen Protozoen (*Actinosphaerium*, *Diffugia* und *Pelomyxa*), sowie

über Ergebnisse dieser Versuche, soweit ich sie bisher übersehen kann, berichten.

Ehe ich fortfahre, möchte ich die Gelegenheit benutzen, Herrn Geheimrat KORSCHOLT meinen Dank für seine freundliche Anleitung auszusprechen, ferner Herrn Professor F. ALVERDES, dem neuen Direktor des Instituts, für seine freundliche Gastfreundschaft, indem er mir das Laboratorium zu benutzen gestattete, schließlich sei auch Herrn Dr. O. MATTES, dem Assistenten, für seine freundliche Hilfe gedankt. Ferner gebührt mein Dank noch Herrn Professor C. TÖNNIGES und anderen Herren des Institutes.

2. Methoden der Transplantation.

Wenn man eine künstliche Verschmelzung getrennter Stücke irgendeines Protozoons oder eine Transplantation von Teilen auf ein anderes Individuum erreichen will, so hängt der Erfolg ohne Frage immer von der Geschicklichkeit während des Versuches ab, die immer einige praktische Erfahrung voraussetzt. Diese Arbeit läßt sich am besten unter einem binokularen stereoskopischen Lupenmikroskop auf einem ebenen Glase verrichten. Das Objekt wird dabei mit ganz feinen Glasnadeln, die nach SPEMANN'S ¹⁾ Angaben angefertigt sind, behandelt. Von den untersuchten Arten: *Actinosphaerium eichhornii*, *Diffugia pyriformis*, *Diffugia acuminata* und *Pelomyxa palustris* gelang die Verschmelzung am leichtesten und sichersten bei der zuerst genannten Form. Wie schon erwähnt wurde, gelang es CIENKOWSKI (1865) zwei Teilstücke von *Actinosphaerien* zur Verschmelzung zu bringen, wenn er die beiden Schnittflächen nahe zusammen brachte und die Tiere dann mit Hilfe von Papierstreifen zusammenhielt. HOWLAND (1928) brachte zwei oder mehrere Individuen auf einem Objektträger in einem hängenden Wassertropfen, der klein genug war, um einen mäßigen Druck auszuüben, zusammen. Sie gibt nicht an, wie der Druck wirkt. Ich habe immer zwei Glaskapillaren verwandt und den Versuch auf der oberen Fläche des Glases in einem Wassertropfen ausgeführt.

Die Tiere, die zur Verschmelzung gebracht werden sollen, können an einer Seite angeschnitten werden, oder sie können auch unverletzt verwandt werden. Es können alle möglichen Kombinationen der Berührungsflächen erzeugt werden: Mark kann mit Mark, Mark mit Rinde oder Rinde mit Rinde in Berührung gebracht und so zur Ver-

¹⁾ ABDERHALDEN, Biologische Arbeitsmethoden, Abt. V, Teil 3, p. 13.

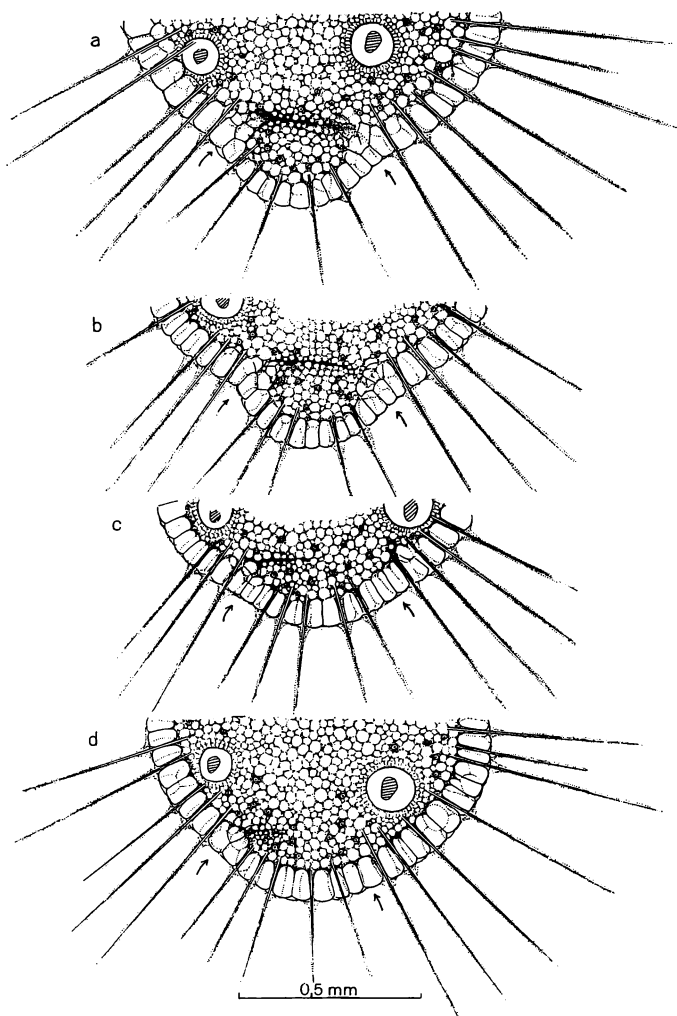
schmelzung veranlaßt werden. Die Versuchstiere werden auf dem Objektträger in einen Wassertropfen gebracht und dann von den dem Berührungspunkt gegenüberliegenden Stellen mit zwei Kapillaren zusammengedrängt. Es ist ratsam, solange ziemlich stark zusammenzudrücken, bis die ursprünglich sphärische Gestalt zu einer elliptischen geworden ist.

Die Bearbeitung wird dann unter dem monokularen Mikroskop fortgesetzt, bis das erste Anzeichen einer Verschmelzung sich an der Berührungsfläche bemerkbar macht. An der betreffenden Stelle setzt ein Zerfließen des Plasma ein und körniges Protoplasma sammelt sich zwischen den beiden Individuen an. Dann wird eine größere Menge von Wasser allmählich mit einer feinen Pipette hinzugefügt, und die vereinigten Tiere werden von dem Druck befreit, indem man eine der Glaskapillaren entfernt. Im allgemeinen verbinden sich die Tiere während dieser Zeit sehr innig miteinander, und die beiden Protoplasmaarten verschmelzen. Dann erscheint das zusammengesetzte *Actinosphaerium* ganz wie das normale; es zeigt auch die typische sphärische Gestalt, von der die Axopodien wie Radien nach allen Richtungen ausstrahlen.

Bei *Actinosphaerium* sind autoplastische und homoplastische Verschmelzungen einwandfrei festgestellte Tatsachen. Zwei verschiedene Individuen verschmelzen ebenso miteinander, wie es die Bruchstücke eines Tieres tun. Ebenso kann Verschmelzung zwischen drei, vier oder noch mehr Tieren zur gleichen Zeit eintreten. Wenn in solchen Fällen die verschmolzenen Individuen in der Größe sehr stark verschieden sind, oder wenn ein kleines Stück auf ein größeres Individuum verpflanzt wird, so wird die kleinere Komponente stets von der anderen aufgenommen und bildet dann einen Teil der neu entstandenen Kugel (s. Textfig. 1). Dieser Teil ist zunächst noch deutlich von dem Hauptteil zu unterscheiden und kann durch eine Grenzlinie abgetrennt werden. Diese Linie wird im Laufe der Zeit undeutlich und verschwindet schließlich ganz. Wenn der zur Übertragung bestimmte Teil vorher mit Neutralrot gefärbt wird, so erscheint die zusammengesetzte Kugel als ein deutliches Mosaik von gefärbtem und nicht gefärbtem Protoplasma (s. Taf. 8 Fig. 11, 12), und diese Struktur bleibt weit länger sichtbar als zuvor. HOWLAND (l. c.) hat auch ein solches Mosaikgebilde bei verschmolzenen *Actinosphaerien* erhalten und zwar hat sie beobachtet, daß sich diese Struktur bis zu 30 Stunden hielt.

Bevor ich weitergehe, sei hier geschildert, wie zwei kleine *Actinosphaerien*, das eine ganz, das andere in zwei Teile

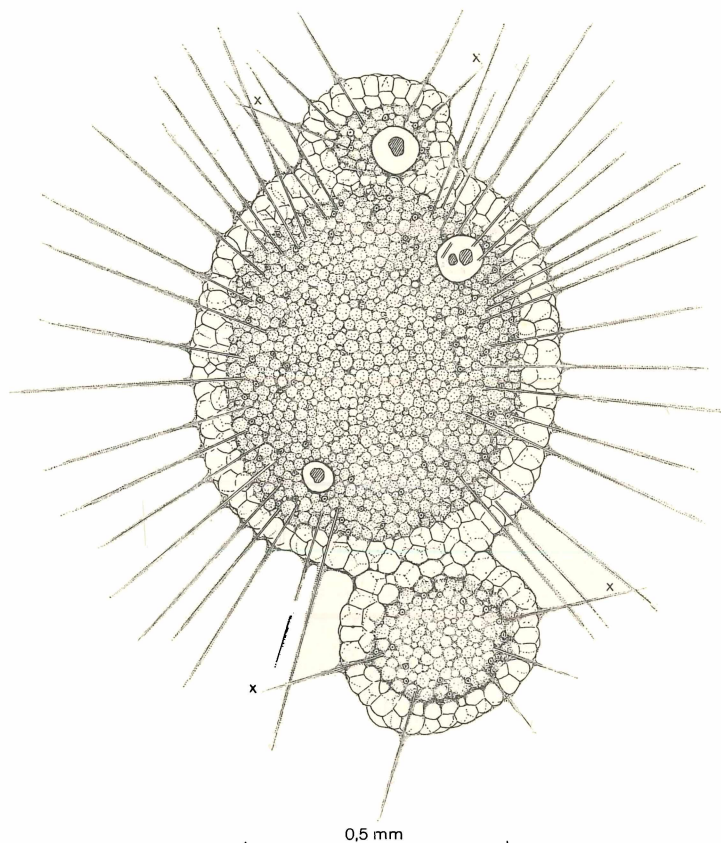
geschnitten, auf je eine Seite eines größeren *Actinosphaeriums* transplantiert wurden. Der Vorgang bis zur vollständigen Ver-



Textfig. 1. Verschmelzung zweier Actinosphären von sehr verschiedener Größe. a 50 Min., b 60 Min., c 70 Min. und d 90 Min. nach der Verschmelzung.

schmelzung ist illustriert durch die Figuren 2—4. Hier haben wir also einerseits eine Verschmelzung von Rinde mit Rinde an der Seite des größeren Tieres, an der das vollständige kleinere Individuum angelegt wurde, und dann andererseits auch eine Ver-

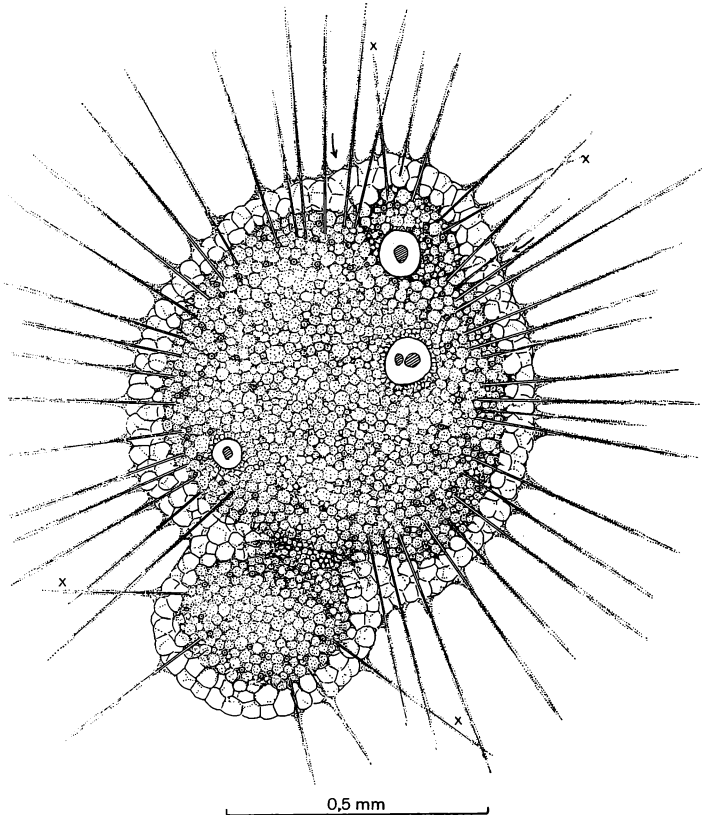
schmelzung von Rinde mit Mark, wo das zerschnittene kleinere Tier aufgepfropft wurde. Es sei hinzugefügt, daß die Verschmelzung von „Medulla mit Medulla“, d. h. eine Verschmelzung von zwei Schnittflächen, auf keine technischen Schwierigkeiten stößt und sehr erfolgreich von den genannten Verfassern angewandt worden ist.



Textfig. 2. Vereinigung zweier kleiner Actinosphärien mit einem größeren Individuum (15 Min. nach der Verschmelzung).

Die drei Tiere wurden von den Außenseiten der kleineren Individuen her mit Hilfe von zwei Glaskapillaren in der schon geschilderten Weise zusammengedrückt. Im Laufe von 15 Minuten trat eine innige Verbindung ein, und zwar schmolzen zuerst die Berührungsflächen zwischen dem größeren Tier und dem zerschnittenen kleineren zusammen, dann trat derselbe Vorgang an der anderen Seite des großen Tieres ein, wo das vollständige kleinere lag. Selbst-

verständlich konnte in so verhältnismäßig kurzer Zeit die Verschmelzung nur auf die Oberfläche beschränkt sein und die drei Tiere waren auch tatsächlich voneinander getrennt durch eine zwischen ihnen liegende Schicht von großen Bläschen, der ursprünglichen Rinde. Diese war dünner zwischen dem großen Tier und



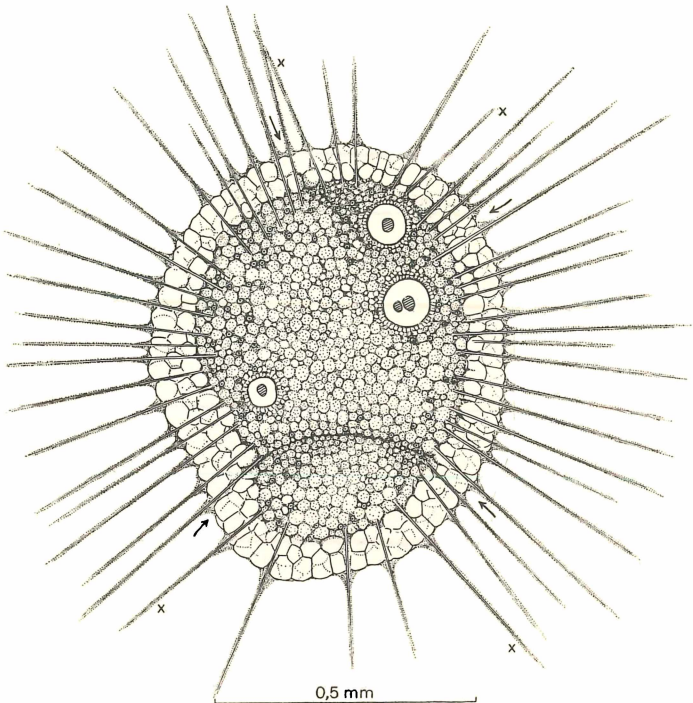
Textfig. 3. Ein späteres Stadium von Textfig. 2 (30 Min.).

dem geteilten kleinen, als zwischen dem großen und dem vollständigen kleinen Individuum. Dies ist sehr deutlich zu sehen an Textfig. 2.

Mit der Zeit wurde die Zwischenschicht immer dünner und dünner, bis all die großen Vakuolen verschwunden waren; Hand in Hand mit diesem Vorgang fand die vollständige Aufnahme der kleineren Individuen in das größere statt. In Textfig. 3 sehen wir den Stand der Verschmelzung nach Ablauf von 30 Minuten. Wir erkennen, daß das ursprünglich halbe Individuum von den beiden

4*

kleineren fast vollkommen von der Oberfläche des großen Tieres verschwunden ist, und daß an der anderen Seite das ursprünglich vollständige, kleinere Tier inzwischen zur Halbkugel geworden ist, d. h. daß eine Hälfte schon von dem großen aufgenommen wurde. Allmählich ist das Ektoplasma der Rinde vollkommen geschwunden und die Markschichten stehen miteinander in direkter Berührung. Trotzdem ist noch jeder der verschmolzenen Teile durch eine deut-



Textfig. 4. Ein weiteres Stadium von Textfig. 3 (75 Min.).

liche Strukturlinie abgetrennt; augenscheinlich ist hier noch keine Mischung des Protoplasmas der einzelnen Tiere eingetreten.

Nach Ablauf einer Stunde ist die restliche Hälfte des ursprünglich ganzen, kleinen Individuums von dem größeren Tier vollkommen aufgenommen und von der Oberfläche verschwunden. Selbstverständlich wurde das letztere bedeutend größer nach der Einverleibung der beiden kleineren Individuen, als es vor der Aufnahme der beiden war (s. Textfig. 4). Die Grenzlinie zwischen den einzelnen verschmolzenen Teilen verschwand allmählich, zunächst dort, wo das halbe Tier aufgenommen worden war, und danach auch

auf der anderen Seite, an der das ganze zuletzt inkorporiert wurde. (Es dauerte ziemlich lange, bis die Strukturlinie an der zuletzt genannten Stelle vollkommen verschwand.) Schließlich ist das zusammengesetzte *Actinosphaerium* eine vollständige Kugel mit anscheinend einheitlichem Protoplasma. Die einzigen Unterschiede gegenüber der ursprünglichen Kugel sind die wesentlich größere Gestalt und die dazu verhältnismäßig kurzen und schwachen Axopodien an den Stellen der Oberfläche, an denen die beiden kleineren Individuen mit dem großen verschmolzen. In der Tat sind drei Individuen jetzt zu einer einheitlichen Protoplasamasse verschmolzen, die eine gemeinsame Kugelgestalt haben und einheitliche Radialstrahlen besitzen. So kann eine vollständige Vereinigung für beträchtliche Zeitdauer erreicht werden, ohne irgendwelche Anzeichen einer Teilung.

Wenn Axopodien allein von dem Hauptkörper abgetrennt werden, so rollen sie sich an ihrem proximalen breiteren Ende zu einer runden Masse körnigen Protoplasmas zusammen und bilden in ihrer Mitte im allgemeinen eine oder zwei große Vakuolen. Der distale Teil der Axopodien bleibt im allgemeinen, wenigstens für einige Zeit, in seiner ursprünglichen Gestalt und Struktur mit dem Achsenfaden erhalten (s. Taf. 10 Fig. 15—16). LEIDY (1879, p. 263) erwähnt einen in der Natur beobachteten Fall von solchen isolierten und umgebildeten Axopodien und beschreibt ihn als einen „rätselhaften Körper“. Nach und nach wird die ganze Struktur der Axopodien umgebildet in eine runde körnige Plasmamasse und sogar die Achsenfäden werden weiter in undifferenziertes Protoplasma verwandelt. HOWLAND (vgl. p. 282) beobachtete, wie sich neue Pseudopodien an diesen runden Plasmaklumpchen bildeten und wie diese durch Eigenbewegung zu anderen Axopodien gelangten, die dem Hauptkörper angehörten. Auf diese Weise ersetzten sie die fehlenden protoplasmatischen Quantitäten — nicht aber die fehlenden Strukturen. Wenn sie jedoch „nach Ablauf von 40 oder 50 Minuten noch nicht wieder aufgenommen waren, nahmen sie wieder Kugelgestalt an, wurden wieder ruhig und begannen hyalin zu werden“. Solche Plasmamassen gehen allmählich zugrunde, da sie der Kernsubstanz entbehren. Dieses durchsichtige Plasma wird im allgemeinen von den gesunden Axopodien nicht mehr aufgenommen. Wiedervereinigung tritt also genau wie bei der Transplantation nur zwischen lebendem Plasma ein.

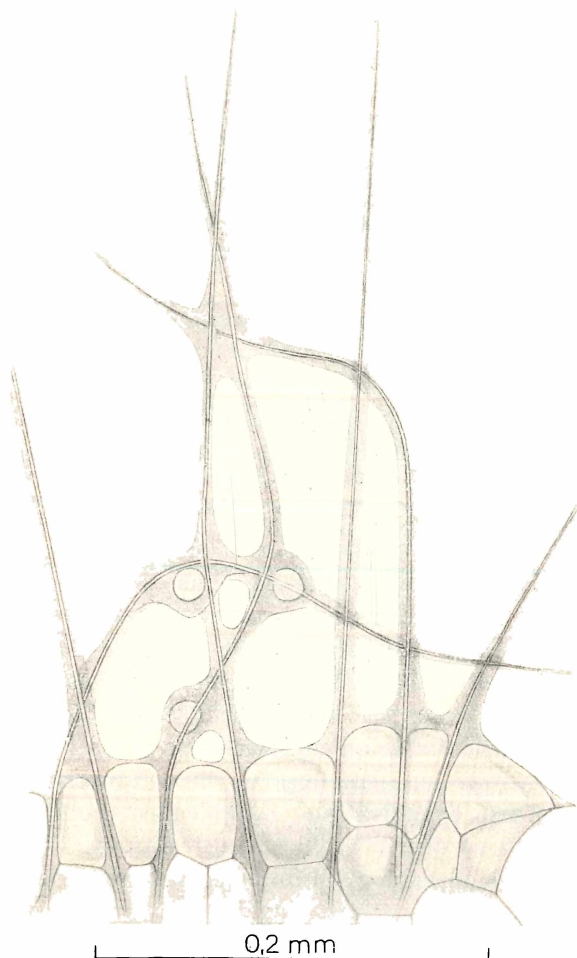
Die protoplasmatische Vereinigung kann sowohl an der Spitze und an den Seiten als auch an der Basis eines ausgestreckten Axopodiums beginnen. An einem ausgestreckten Axopodium halten

sich die Teilstücke an jedem beliebigen Punkt fest und vergrößern dann das Axopodium so, daß seine Durchmesser um ein Vielfaches

größer wird durch Bildung einer lateralen Anschwellung. Wenn die

Bruchstücke zu groß sind, neigt das Axopodium sich zu den anderen, um von ihnen Hilfe zu erlangen; oder aber die letzteren kommen von selbst zu Hilfe. Dann tritt eine Verschmelzung dieser Axopodien miteinander ein, bei der manchmal ein Gitterwerkgebildet wird, wie es auf Textfig. 5 zu sehen ist. Natürlich ist diese Verschmelzung der Axopodien nur eine vorübergehende, sie trennen sich, sobald der zentripetale Strom die Protoplastmassen zu dem Hauptkörper heranhführt.

Die laterale Schwellung wandert nach dem proximalen Teil und plattet sich dabei



Textfig. 5. Wiederverschmelzung abgeschnittener Axopodien. Dabei Auftreten von Anastomosen bei den unverletzten Axopodien an den Verschmelzungsstellen.

ab, die Axopodien gewinnen ihre ursprüngliche Gestalt zurück und die Bruchstücke verschwinden schließlich zwischen den großen Blasen der Rindenschicht vollständig. Es darf nicht übersehen werden, daß

bei diesem Prozeß niemals die wahren Strukturen der Axopodienstücke in ihrer ursprünglichen Struktur erhalten bleiben, sondern daß sie alle zu indifferenzierten Material reduziert werden.

Die Wiedervereinigung erfordert keine spezielle Technik, denn der Organismus tut selbst alles, was unbedingt nötig ist. Wir unterstützen den Prozeß nur, indem wir die isolierten Bruchstücke sehr nahe an die ausgestreckten Axopodien desselben oder eines anderen Individuums heranbringen.

Wiedervereinigung abgetrennter Teile findet viel leichter statt bei *Diffugia*. Die abgetrennten Pseudopodien bleiben sehr lange am Leben, und im allgemeinen beginnen sie kurze Zeit nach ihrer Abtrennung wieder mit charakteristischen amöboiden Bewegungen. Dank dieser Bewegungsmöglichkeit können sie auf eine gewisse Entfernung ihrem eigenen Zellkörper entgegenkriechen. Die abgerissenen Pseudopodien und ihre Zellkörper ziehen sich dabei gegenseitig an. Diese Eigenschaft ist ganz spezifisch für das Protoplasma derselben physiologischen Individualität, d. h. zwischen den Pseudopodien und dem Zellkörper desselben Tieres. KEPNER und REYNOLDS (vgl. p. 35) haben diese Abhängigkeit als „Chemotaxis“ bezeichnet. „Irgendeine Substanz mag von jeder *Diffugia* ausgehen als Produkt ihres eigenen Stoffwechsels und diese liefert den gewünschten Reiz.“

Es ist interessant zu sehen, daß abgetrennte Pseudopodien von *Diffugia*, die man in die Mitte einer Anzahl von Tieren bringt und deren Abstände von den Öffnungen der einzelnen Schalen ungefähr gleich groß sind, immer mit der größten Sicherheit zu der Öffnung ihrer eigenen Schale hinkriechen. Ich habe fast gar keine Ausnahme bei diesem Experiment gefunden, sowohl bei *Diffugia acuminata* als auch bei *Diffugia pyriformis*.

So scheint die Art der Restitution bei *Diffugia* theoretisch ganz einfach zu sein, aber in der Praxis ist sie keineswegs einfacher als bei *Actinosphaerium*, da das Objekt so klein ist. Es erfordert einige Übung, bevor man unbedingten Erfolg bei den Experimenten hat. Heteroplastische Verschmelzung wurde nicht erreicht, homoplastische mag in seltenen Fällen erfolgreich sein, während autoplastische Verschmelzung stets unfehlbar eintritt.

KEPNER und REYNOLDS (vgl. Summary 1, p. 38) geben die folgenden ungünstigen Bedingungen an, unter denen eine Wiedervereinigung bei mehreren Arten einschließlich auch die oben genannten nicht stattfindet:

- a) „Verletzung der Zelle, wonach die Aussendung von Pseudopodien unterbleibt“,
- b) „Trennung der Bruchstücke durch zu großen Zwischenraum“, und
- c) „Verdunstung des Mediums, ehe die Reaktion beendet ist“.

Die erste dieser genannten Bedingungen braucht nach meinen eigenen Beobachtungen nicht erwähnt zu werden, da es noch möglich ist, wie ich später zeigen werde, die Bruchstücke mit der Mitte oder mit der Hinterseite des Zellkörpers zu vereinigen, ohne daß die Erzeugung neuer Pseudopodien nötig wäre.

Die zweite Bedingung ist wichtig, aber natürlich nicht allein für *Diffugia*. Bei diesem Protozoon behalten die Pseudopodien, wie schon oben erwähnt, die Fähigkeit, sich selbst nach ihrer Abtrennung selbständig zu bewegen. So kriechen sie gelegentlich aus einiger Entfernung auf ihren Zellkörper zu. Die Bruchstücke brauchen also nicht in ganz inniger Berührung an diesen herangebracht zu werden, wie das in anderen Fällen unbedingt nötig ist.

Die dritte Bedingung trifft für so empfindliche Organismen wie *Diffugia* voll zu. Andererseits scheint aber die Beseitigung eines Wasserüberschusses von der Glasfläche, auf der das Experiment ausgeführt wird, günstig, besonders bei *Pelomyxa*.

Bei dieser nackten Amöbe ist die Wiedervereinigung abgetrennter Stücke mit dem Zellkörper oder die Transplantation eines Stückes in ein anderes Individuum nicht leicht, weil eine geeignete Methode bisher nicht gefunden worden ist. Dichtes Aneinanderfügen zweier Schnittflächen, wie das PROWAZEK und BOTT getan haben, führt in diesem Falle zu keinem Erfolg. Auch mir schien zunächst der Ausgang des Experimentes sehr zweifelhaft, und ich war manchmal nahe daran, den anscheinend ergebnislosen Versuch, eine Verschmelzung bei *Pelomyxa* zu erreichen, aufzugeben.

Stücke, die zwischen zwei Glaskapillaren zusammengedrückt wurden, trennten sich, sobald eine der Kapillaren fortgenommen wurde. Wenn wir ein kleines Teilstück in ein größeres oder in den Körper eines anderen Individuums implantierten, kroch es wieder hinaus oder wurde ausgestoßen. Manchmal durchstach ich zwei Stücke mit einer feinen Glasnadel und preßte sie zwischen zwei Wachspfpfen zusammen. Auch wandte ich die chemischen Methoden an, die als Förderer von Keimverschmelzung bei Echiniden bekannt geworden sind, wie hyperalkalische Lösungen, NaCl-Zusätze und Lithiumsalze. Aber es wurde in keinem dieser Fälle ein

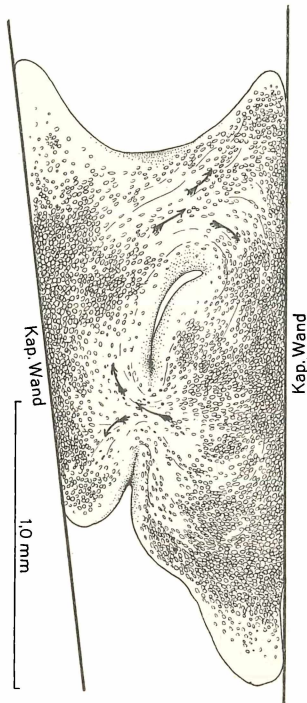
positives Resultat erzielt, weder bei der mechanischen noch bei der chemischen Methode. Zwar macht eine schwache Lösung von Lithiumsalzen das Protoplasma zäh, und zwei *Pelomyxa*-Stücke verschmelzen leichter, aber leider scheint dieses Agens, wie schwach der Lithiumgehalt auch immer sein mag, für lebendes Protoplasma sehr giftig zu sein; denn die verschmolzenen Stücke kehrten nicht zu der normalen Form des Tieres zurück und zeigten auch sonst keine Bewegung mehr, sondern sie blieben an der Oberfläche des Glases haften. Sie schienen abgestorben zu sein.

Diese erfolglosen Versuche wurden mehrfach wiederholt. Es zeigte sich dabei an solchen Tieren, die man über Nacht in einem flachen Uhrschildchen gelassen hatte, daß der Inhalt (das Entoplasma) sein Volumen verminderte, und in dem entsprechend leeren Raum sammelt sich eine wasserklare Flüssigkeit. Die ursprüngliche äußere Grenzlinie erschien dabei vollkommen deutlich als eine verhältnismäßig dicke durchsichtige Membran. Nach einer ganzen Reihe von erfolglosen Versuchen brachte mich das Vorhandensein dieser Membran an der Oberfläche der nackten Amöben zu folgender Betrachtung: Das Mißlingen einer Verschmelzung hängt wahrscheinlich mit dem Vorhandensein oder von der sofortigen Bildung dieser Membran (Pellicula) an der Schnittfläche zusammen. Es ist nicht den spezifischen Eigentümlichkeiten des Protoplasmas der untersuchten Tiere zuzuschreiben, weil dieselbe Schwierigkeit auftritt auch im Falle der Vereinigung zweier Teilstücke desselben Tieres.

Eine solche Betrachtungsweise scheint sehr begründet; denn sie erklärt ebenfalls die nicht eintretende Verschmelzung des eingepflanzten Stückes mit dem äußeren Teil. Aus diesen Erwägungen heraus versuchte ich mit einer feinen, über der kleinen Flamme des Mikrogasbrenners gezogenen Glasnadel die Pellicula von der Oberfläche jedes einzelnen Stückes zu entfernen. Diese Methode hatte schließlich mehr Erfolg nach ausreichender Übung und es gelang mir mit ihr, bei der autoplastischen Verschmelzung ungefähr 80 Proz. positive Resultate zu erzielen, und bei homoplastischer ca. 50 Proz. Die Ausführung dieser Versuche war jedoch im Anfang recht schwierig, so daß ich zunächst einen Erfolg für unmöglich hielt.

Zwei Stücke von *Pelomyxa* oder zwei verschiedene Tiere werden in einem Tropfen Wasser auf den Objektträger gebracht. Dann werden sie genau wie bei *Actinosphaerium* von den äußeren Seiten mit Hilfe von zwei Glaskapillaren zusammengedrückt. Dann wird das außerhalb der Glaskapillaren befindliche Wasser mit einer feinen Pipette vorsichtig abgebogen. Wenn während dieses Vorganges die

Stücke aus dem Wasser hervorragen, bersten und ihren Inhalt ausfließen lassen, ist das Präparat zerstört und kann nicht weiter verwandt werden. Wenn dagegen der Vorgang mit Erfolg zu Ende geführt werden kann, ohne daß eines der Stücke verletzt wird, so kann nun das Entfernen der Pellicula folgen. Das ist verhältnismäßig leicht, wenn die schon oben erwähnte feine Glasnadel benutzt wird. Diese Arbeit muß möglichst mit einer Hand ausgeführt



Textfig. 6. Die Strömungserscheinungen bei der Vereinigung zweier *Pelomyxa*-Stücke.

werden, während die andere Hand fortgesetzt mit einer zweiten Glasnadel (die nicht so fein zu sein braucht) die Kapillaren des Rahmens so zusammenpressen muß, daß die Amöben sich nicht aus ihrem engen Kontakt trennen können und an der gehäuteten Stelle nicht etwa eine neue Pellicula bilden können. Nach meiner Erfahrung scheint es besser, das Abziehen dieser Haut mehrere Male ohne Unterbrechung hintereinander — etwa 3 oder 4 mal — zu wiederholen. Das Objekt wird danach in eine feuchte Zelle gebracht, um die Verdunstung des Wassers zu vermeiden. Im allgemeinen ist der Verschmelzungsvorgang innerhalb ungefähr 5 Minuten erfolgt, oder der Versuch war erfolglos.

Der Prozeß der protoplasmatischen Verschmelzung kann unter dem monokularen Mikroskop verfolgt werden. Wenn der Versuch in allen Punkten zur Zufriedenheit vor sich geht, so treten bald zu beiden Seiten der Grenzlinie zwischen beiden Stücken oder in deren Nähe Plasmaströmungen auf. Die Strömungen gehen auch kreuzweise von dem einen zum anderen Stück. Wenn diese Erscheinungen auftreten, so ist dies das beste Zeichen für einen positiven Erfolg des Experiments. Sehr oft kommen die Strömungen gleichzeitig aus verschiedenen Stellen hervor. Dann mischt sich das Protoplasma der beiden Stücke, wie auch zu erwarten ist, schneller, als wenn nur ein einziger Strom auftritt. In Textfig. 6, die nach einer Photographie gezeichnet wurde, sind zwei Hauptströmungen

zu sehen. Die Richtungen, in denen das Plasma fließt, sind durch Pfeile angezeigt. In diesem Fall strömt das Plasma aus dem linken Stück in den oberen Teil des rechten. Ein zweiter Strom bewegt sich aus dem rechten Stück heraus und dringt am unteren Teil des anderen Stückes ein. Zwischen diesen beiden Hauptströmen befindet sich eine Zone von nicht fließendem Protoplasma in dem mittleren Teil. Allmählich wurden die beiden Bänder der Ströme immer stärker, flossen von oben nach unten und von rechts nach links, und in demselben Maß wurde die mittlere Zone kleiner, bis sie schließlich ganz verschwand, und bis die ganze Protoplasamasse in Bewegung war. Und jetzt flossen die beiden Stücke ganz ineinander. Die Glaskapillaren wurden entfernt, und mehr Wasser wurde hinzugefügt. Die verschmolzenen Stücke gewannen nun sehr schnell ihre ursprüngliche Gestalt zurück. Die zerteilten Stücke von *Pelomyxa* verschmolzen nicht nur, sondern ihr Inhalt mischte sich auch vollkommen miteinander.

3. Drei Variationen bei *Pelomyxa* und die Verschmelzung bei verschiedener Versuchsanordnung.

Diese Amöbe ist besonders zahlreich in dem künstlichen Teich des Marburger Institutes. Wenn man eine Anzahl aus dem Schlamm herausgelesen hat und in ein Gefäß mit klarem Wasser überführt hat, zeigen sie sich keineswegs von einheitlicher Erscheinung; es waren wenigstens 3 verschiedene Erscheinungsformen zu unterscheiden. Die Amöben des ersten Typus waren klein, kugelig oder höchstens birnförmig und im allgemeinen von milchig weißer Farbe, gewöhnlich mit bräunlichen Flecken. Die des zweiten Typus sind groß und keulenförmig und haben ein stielartiges Hinterende, ihre Farbe ist grünlich-grau. Die der dritten Gruppe sind immer gelb gefärbt und undurchscheinend, ihre Gestalt ist kugelig oder birnenförmig wie die der ersten Gruppe und ebenfalls nicht groß.

Wie aus der Tabelle S. 22 zu ersehen ist, sind die weißen Tiere immer am zahlreichsten, während die grauen und die gelben verhältnismäßig selten sind. Sie unterscheiden sich nicht nur in der äußeren Erscheinung und der Anzahl der Individuen, sondern auch hinsichtlich ihres feineren Baues.

Pelomyxa ist bekanntlich eine große und vielkernige Amöbe, deren Protoplasmakörper durch das Vorhandensein von bakterienartigen Organismen, die symbiotisch oder vielleicht auch parasitisch in ihm leben, gekennzeichnet ist. Man unterscheidet hierbei zwei Bakterientypen: die einen sind groß und dicker, die anderen kleiner

Tabelle.

Relative Zahlen der verschiedenen *Pelomyxa* in der Sammlung.

Datum der Sammlung	weiß, 1. Typ	grau, 2. Typ	gelb, 3. Typ
18. Oktober	145	18	14
20. "	115	7	14
23. "	49	9	9
25. "	111	12	8
26. "	64	14	7
31. "	96	30	5
Gesamtzahl:	580	90	57

und schmaler. Die letzteren verteilen sich diffus über das ganze Protoplasma, die ersteren sind an die sog. „Glanzkörper“ gebunden, die, wie von STOLČ (1900) und LEINER (1924) nachgewiesen wurde, aus Glykogen bestehen. Diese Glykogenkörper — wie sie besser genannt werden — haben sowohl in den weißen als auch in den grauen Tieren ungefähr Kerngröße und sind in großer Anzahl vorhanden. Sie sind dagegen in den gelben Tieren sehr klein und sehr schwer nachzuweisen. Die größeren Bakterien sind anscheinend glykogenophil; sie sind entsprechend zahlreich in den *Pelomyxen* des ersten und zweiten Typs vorhanden, aber nicht im dritten.

Pelomyxa frißt: Diatomeen, Desmidiaceen, verschiedene Grünalgen — einzellige und mehrzellige — frische und zerfallene Teile höherer Pflanzen, sie fängt zuweilen kleine Crustaceen, Rotatorien, *Diffugia* usw. Augenscheinlich verweigert sie keine Art und Quantität von Nahrung, und bei dieser gefräßigen und gierigen Lebensweise verschlingt sie auch eine ganze Menge mineralischer Körper. Die weißen Tiere scheinen vegetabilische Bestandteile höherer Pflanzen zu bevorzugen, und sie nehmen mit diesen eine mäßige Menge von Sand auf. Die riesige graue *Pelomyxa* nimmt in der Hauptsache Grünalgen auf und enthält nur eine sehr geringe Menge von mineralischen Körpern. Die Tiere des ersten und zweiten Typus sind trotz ihrer verschiedenen Farbvariationen mehr oder weniger durchscheinend, wenn man sie bei durchfallendem Licht betrachtet. Dies ist aber gar nicht der Fall bei dem dritten Typ, dessen Protoplasma voll von Sandkörnchen und leeren Diatomeenschalen ist. Die gelben, nicht durchscheinenden Tiere sind daher schwerer als die anderen, sie werden nur in den tieferen Schichten des Teichgrundes gefunden.

Unter den Tieren des ersten und zweiten Typus finden sich

manchmal solche, die dem bloßen Auge als Übergangsform zu dem dritten Typ erscheinen. Die Farbe hängt jedoch von der Menge und der Art der darin enthaltenen Nahrung ab, während die relative Menge der mineralischen Bestandteile für jeden *Pelomyxa*-Typus ganz konstant ist. So können die gelben Tiere genau von denen der beiden anderen Typen unterschieden werden.

Ich habe die charakteristischen Gestalten für die grauen und die weißen Tiere gezeichnet, aber die keulenförmige Gestalt der ersteren ist nicht konstant, sie ist besonders bei den kleineren Tieren ziemlich variabel. In der äußeren Erscheinung nähern sie sich außerordentlich den weißen Tieren. Es lassen sich aber bessere Unterschiede für diese beiden Typen herausfinden. Dies ist glücklicherweise leicht zu erreichen, wenn man die lebenden Tiere mit einer schwachen Lösung von Neutralrot behandelt. Die weißen Tiere verlieren innerhalb weniger Stunden wieder die Rotfärbung, nur die Nahrungsvakuolen bleiben noch gefärbt. Andererseits verlieren die grauen Tiere, wenn sie einmal gefärbt waren, diese Färbung nicht; sie bleibt für mehrere Tage erhalten ohne zu verblassen. Es ist wichtig, daß im Zusammenhang mit dieser Färbung eine bestimmte Lokalisierung des Rot an dem hinteren Ende des Tieres auftritt. Dieser Teil des Körpers ist glänzend rot, und von ihm geht ein gefärbtes Protoplasmaband bis zu der Mitte des vorderen nicht gefärbten Teiles. Die protoplasmatischen Ströme fließen in der Regel im lebenden Tier von dem roten Ende zu dem nicht gefärbten; solche in entgegengesetzter Richtung finden im allgemeinen nicht statt. Die spezielle Lokalisierung des Rot in bezug auf die inneren protoplasmatischen Ströme ist also der von PANTIN (1923) bei seiner marinen Amöbe beschriebenen, bei der das Rot an dem vorderen Pseudopoden, d. h. an der Vorderseite des Körpers auftritt, gerade entgegengesetzt.

Neutralrot färbt weder den Kern noch das Cytoplasma der lebenden *Pelomyxa*. Die Glykogenkörper und die kleinen Tropfen von „Enchylema“ werden auch nicht von der Färbung beeinflusst. Die Rotfärbung tritt voraussichtlich nur an einigen kleinen Körnern, die in dem Cytoplasma enthalten sind, und nicht an diesem selbst auf. Nichtsdestoweniger ist die Bedeutung der Rotfärbung und ihrer speziellen Lokalisierung von Interesse. Ungleiche Verteilung der feinen Granulen kann sie beeinflussen, aber die Erscheinungen, die mit dieser Tatsache zusammenhängen, sind, wie aus meiner späteren Arbeit zu ersehen sein wird, nicht einfacher Natur. Die unter dem Mikroskop sichtbaren Körnchen, von SCHMIDT (1913) als „Chro-

midien“ beschrieben, verteilen sich ganz frei im Inneren des Protoplasmas; sie sind auch in den anderen Typen von *Pelomyxa* enthalten. Die bestimmte Lokalisierung des Rot steht auch vielleicht in Zusammenhang mit sehr kleinen Körnchen. Sie ist auf jeden Fall nur charakteristisch für das Protoplasma der grauen Tiere.

LEINER (1924) hat bei *Pelomyxen* aus der Münchener Gegend drei verschiedene Variationen erwähnt, aber „zwischen diesen drei Gruppen gibt es allerlei Übergänge, und man ist oft unschlüssig, welcher Gruppe man ein gefangenes Tier zuweisen soll. Ja, man könnte fünf, sechs und mehr Gruppen bilden“.

Schon 1894 schlug BLOCHMANN (1894, p. 86) verschiedene Namen für diese verschiedenen Typen von *Pelomyxa* vor. Nach ihm ist *Pelomyxa villosa* LEIDY „sehr leicht zu erkennen an dem Mangel der Glanzkörper, sowie großer und eigentümlich gebauter Kerne“. *P. palustris* GREEFF „ist ausgezeichnet durch große sofort auffallende Glanzkörper und ihr grau und ziemlich undurchsichtig erscheinendes Plasma“. „Dieses Aussehen des Plasmas ist“, nach BLOCHMANN, „bedingt durch Vakuolen von sehr wechselnder Größe, wobei kleine überwiegen, und dann besonders durch kleine Körnchen, die in Unmasse in das Plasma eingelagert sind.“ Die sog. *P. greeffi* „ist durchsichtig, weil die erwähnten Körner fast ganz fehlen. Ihr Plasma hat im durchfallenden Licht einen Strich ins Gelbliche“, usw.

LEINER (vgl. p. 257) hat diese drei Typen in folgender Weise identifiziert: die weißen entsprechen *P. villosa*, die grauen *P. palustris*, und die gelben schließlich *P. greeffi*. Zur selben Zeit stellte er folgendes fest: „Die zweite Gruppe scheint PENARD unter dem Namen *P. belevskii* zu beschreiben, wenigstens stimmt die Beschreibung auf diese Tiere“.

Obgleich BLOCHMANN die *P. villosa* als ohne „Glanzkörper“ bezeichnet, hat der weiße Typus der Marburger *Pelomyxa* eine große Anzahl von ihnen, und die milchig weiße Färbung der Tiere ist gerade dem zahlreichen Vorhandensein dieser Körper zuzuschreiben. *P. palustris* ist nach BLOCHMANN „ziemlich undurchsichtig“, während der Marburger Typ der grauen *Pelomyxa* ein sehr transparentes Tier ist. Im Gegensatz dazu sind die gelben Tiere, die *P. greeffi* entsprechen mögen, immer undurchscheinend, was von den in ihrem Cytoplasma enthaltenen mineralischen Bestandteilen herrührt.

Ob diese Variationen von *Pelomyxa* derselben Art angehören, wie BLOCHMANN (1890) annimmt, oder ob sie verschiedene Arten repräsentieren, wie PENARD (1902) meint, hängt von der Auffassung des einzelnen ab. Auf der anderen Seite ist es nicht unmöglich, daß sie

drei verschiedene Entwicklungsstadien darstellen. Wenn das so wäre, mögen die weißen Tiere die jüngsten, die gelben die ältesten sein. Die grauen Tiere sind danach eine Zwischenstufe der vegetativen Periode. Nach LEINER (vgl. p. 258) können allein die weißen Tiere sich durch Teilung vermehren, während weder die grauen noch die gelben diese Fähigkeit haben. Wenn wir diese Tatsache als richtig annehmen, so ist es ohne weiteres verständlich, warum allein dieser erste Typ von *Pelomyxa* immer in großer Anzahl auftrat, zu welcher Zeit man auch immer sammelte (s. Tabelle I). Nach LEINER (vgl. p. 259) encystieren sich die grauen und gelben Tiere, was die weißen nicht tun sollen. Die grauen Tiere kapseln sich nur unter gewöhnlichen Bedingungen ein, „unter der Einwirkung von Wärme“, während die gelben Tiere dies sehr leicht tun, „in Uhrschälchen oder fauligem Wasser“. Leider gibt es bis jetzt keinen Bericht über den Entwicklungsgang dieses Protozoons. Wir müssen also auf künftige Untersuchungen warten, ehe wir dies Problem behandeln.

a) Verschmelzungsversuche an Teilstücken (autoplastische Transplantation). Nach der Methode der „Enthäutung“ ist die Wiedervereinigung der Teilstücke von *Pelomyxa* nicht mehr schwierig. Sie vereinigen sich leicht längs der Berührungsfläche, wobei ihnen die Ströme, die schon erwähnt wurden, und die von einem Stück zu dem anderen über die Grenzfläche hinweg hinüberfließen, helfen. So mischen sich die Inhalte miteinander. Der Vorgang ist gut beobachtet worden.

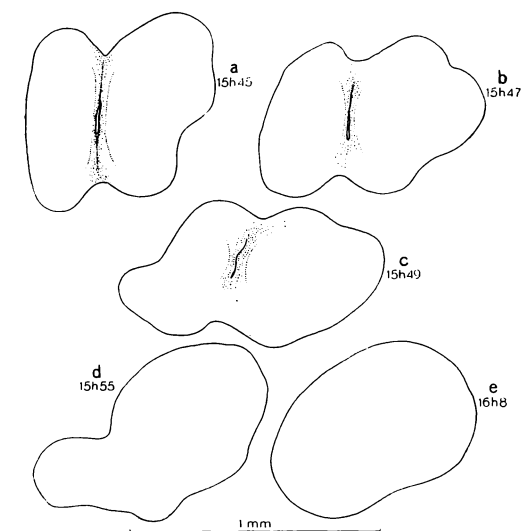
Nun zum Historischen zurück. Von PROWAZEK ist beschrieben worden, daß die verschmolzenen Amöben „zunächst pseudopodiale Lappen ausbilden, die oft wieder zurückgezogen werden, bis die Trennungslinien durchbrochen werden und Verbindungsbrücken sich ausbilden, in denen sich alsbald lebhaftere Strömungserscheinungen vollziehen, die zu einer Vermischung der Plasmainhalte führen“. Eine gleiche protoplasmatische Mischung ist auch bei *Pelomyxa* beobachtet worden (vgl. die Beschreibung auf S. 58). PROWAZEK hat ganz recht, wenn er sagt, „weitere bemerkenswerte Änderungen können an den Organismen nicht festgestellt werden“. Diese Tatsache trifft jedoch nur für die autoplasmatische Verschmelzung bei *Pelomyxa* zu, d. h. für die Wiedervereinigung von Teilstücken, kann aber nicht auf die homoplastische Verschmelzung übertragen werden, bei der es sich um physiologisch verschiedenes Protoplasma handelt.

Wie schon gezeigt wurde, gewinnt das Verschmelzungsprodukt schnell wieder normale Gestalt nach Aufhören des Druckes, ohne

an Protoplasma oder von dessen Einschlüssen zu verlieren. Bei der homoplastischen Transplantation können Unregelmäßigkeiten in verschiedenem Grade auftreten, und ein mehr oder weniger großer Teil der Einschlüsse wird von den Zellkörpern zu verschiedenen Zeiten an der Verbindungsstelle ausgestoßen. Eine homoplastische Transplantation ist bei *Pelomyxa* immer schwieriger als eine einfache Wiedervereinigung der Teilstücke. Weitere Bemerkungen über die autoplastische Verschmelzung erscheinen überflüssig; denn PROWAZEK's kurze Erklärung und meine Beschreibung auf S. 58 erläutern ausreichend den Vorgang und die Ergebnisse der Verschmelzung.

Der Textfig. 6 auf S. 58 lag eine graue *Pelomyxa* zugrunde, die von ziemlich flüssiger Konsistenz ist. Es sei hier kurz ein Versuch mit einem gelben Tier angeführt, das eine große Menge von Sandkörnern enthält und dessen Plasma anscheinend dickflüssiger ist.

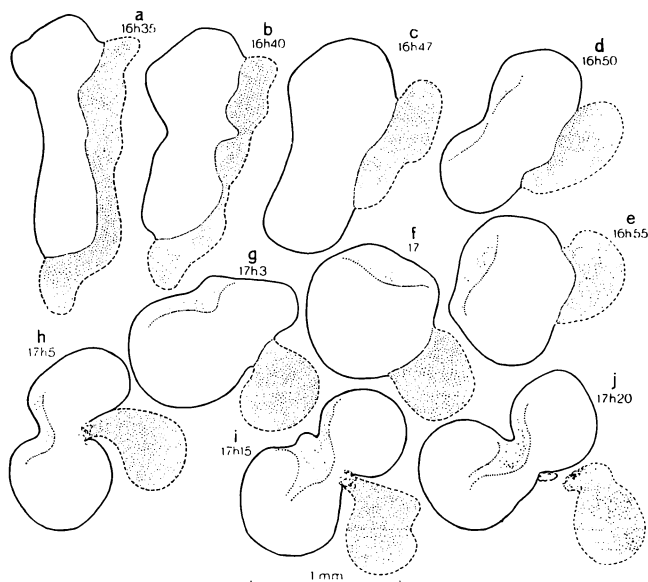
Es war vorauszu-
sehen, daß die Verschmelzung der Teilstücke bei dieser *Pelomyxa* mehr Zeit in Anspruch nehmen müsse als vorher. Die Verschmelzung ging in der Tat sehr langsam vor sich, es



Textfig. 7. Verschmelzung zweier Stücke einer gelben *Pelomyxa* mit Angabe der Beobachtungszeiten.

dauerte eine volle halbe Stunde oder noch mehr, ehe die letzte Spur einer Grenzlinie verschwand. Die Trennungslinie war in dem vorhergehenden Fall innerhalb von 3—5 Minuten beseitigt worden. Die Strömungen, die bei dem vorigen Versuch zur Vereinigung des Protoplasmas führten, fanden nicht statt, oder waren doch wenigstens unsichtbar; aber sonst war der Vorgang der Wiedervereinigung derselbe wie bei den grauen Tieren. Wegen der langsameren Verschmelzung zeigen sich die gelben Tiere zur Beobachtung der Verschmelzungsvorgänge, wovon in der Textfig. 7 fünf verschiedene Phasen abgebildet sind, geeigneter.

b) Verschmelzungsversuche mit zwei Individuen desselben Typus (homoplastische Transplantation). Aus den Resultaten dieser Versuche lassen sich zwei Tatsachen feststellen: 1. Zwei Tiere verschmelzen vollkommen miteinander, ihr Protoplasma vermischt sich wie in dem Fall der Wiedervereinigung von Teilstücken. 2. Die Verschmelzung ist eine zeitlich begrenzte, nur die Berührungsflächen verschmelzen miteinander, während das Protoplasma der Tiere getrennt bleibt. Der entstandene Organismus



Textfig. 8. Vorübergehende Verschmelzung zweier grauer *Pelomyxen*.

ist also mosaikartig zusammengesetzt. Dieser Typus ist ohne Zweifel ein unvollständiger. Er geht dem ersten Typus der Verschmelzung voraus, und soll hier zunächst beschrieben werden.

Versuch 1.

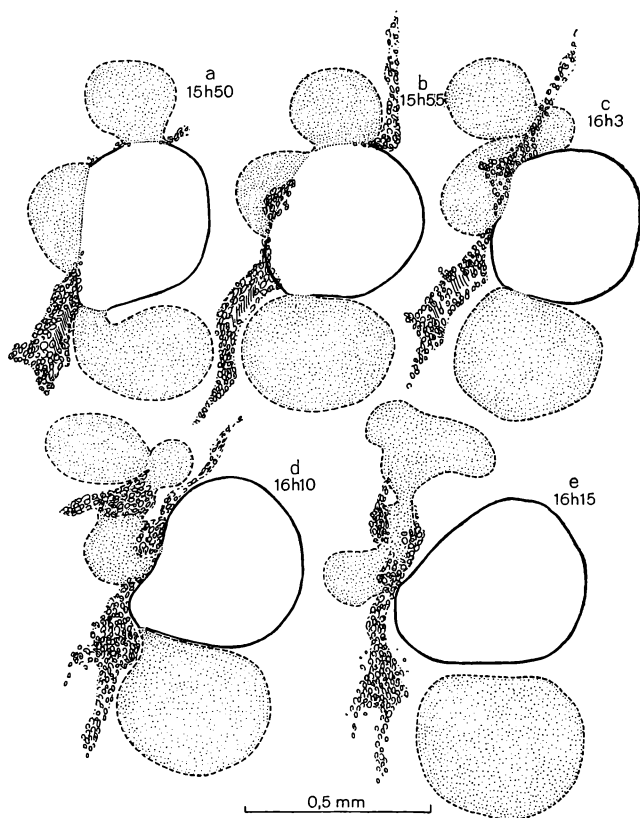
Zwei graue *Pelomyxa*, von denen die eine mit Neutralrot gefärbt ist, die andere nicht, werden parallel ihren Längsachsen zusammengebracht. Wie Textfig. 8a zeigt, ist der neue Organismus mosaikartig aufgebaut, halb rot und halb grau (vgl. auch Taf. 6 Fig. 1). Dieser Zustand blieb für ungefähr 10 Minuten erhalten, aber dann strömten von beiden Seiten die verschiedenen Protoplasamengen unabhängig voneinander und doch fast gleichzeitig zu der Mitte hin, wo sie sich anhäuften. Nach Ablauf von ungefähr 20 Minuten glichen die verschmolzenen Tiere in ihrer Gestalt ungefähr einem

Furchungsstadium gewisser Molluskeneier, wobei das graue nicht gefärbte Plasma den Blastomeren entsprach, das rot gefärbte Protoplasma dagegen dem Dotter (s. Textfig. 8d—g u. Taf. 6 Fig. 2). Aber der rote Abschnitt wurde nicht von dem grauen absorbiert, sondern statt dessen wurde im Laufe der Zeit die Trennung der beiden Teile immer deutlicher, bis schließlich nach Ablauf von 30 Minuten, als das Maximum erreicht war, der rote Teil fast vollständig von dem grauen zusammengedrängt war (Textfig. 8h). Es ist von Interesse, daß die Färbung während dieser Zeit von dem roten Teil auf den grauen überging und schließlich den letzteren an seinem distalen Ende anstatt an dem der direkten Berührung schwach rot färbte. Anschließend daran werden die beiden verschiedenen Plasmamassen noch dichter zusammengedrängt, und fast im selben Augenblick können wir beobachten, wie ein Teil der eingeschlossenen Sand und Nahrungskörper aus diesem Abschnitt ausgestoßen wird. Ich war zunächst nicht ganz sicher, von welchem Tier die ausgestoßenen Protoplasmaeinschlüsse stammten, aber später konnte ich feststellen, daß sie von beiden Partnern herrührten. Schließlich tritt wieder eine vollständige Trennung ein (Textfig. 8i—j), und aus jedem Teil entwickelt sich wieder ein unabhängiges Tier. Der ganze Vorgang dauert ungefähr 45 Minuten von dem ersten Augenblick der Beobachtung an gerechnet.

Versuch 2.

Zwei Amöben, eine gefärbte und eine ungefärbte, werden wie im vorigen Versuch zusammengebracht. Während sie noch in dem ersten Stadium (Parallelzustand) sind, wird das rote Protoplasma durch zwei Transversalschnitte mit einer feinen Glasnadel in drei gleiche Teile geteilt. Durch das geschilderte Zusammenströmen des Plasmas nach der Mitte hin, rundet sich jeder Teil des roten Plasmas unabhängig von den anderen ab, der eine an der oberen Seite, der andere an der unteren und der dritte in der Mitte, direkt an der Berührungsstelle mit dem grauen Plasma (Textfig. 9a). Ungefähr 5 Minuten nach der Abtrennung begann der mittlere Teil aufwärts zu wandern und erreichte sehr bald das hintere Ende des oberen Teilstückes (Textfig. 9b). Im selben Augenblick fand eine Verschmelzung statt, indem der Inhalt des mittleren Stückes in das äußere einströmte (Textfig. 9c). Inzwischen rundete sich auch der dritte Teil ab und legte sich einfach an die untere Seite des grauen Plasmas an. Während diese Veränderungen an der linken Seite der zusammengeschmolzenen *Pelomyxa* vor sich gingen, wanderte vor der Farbe allmählich aus dieser Seite ein wenig nach dem grauen Plasma

der rechten Seite hinüber, das sich schwach wie in dem vorigen Versuch färbte. Es traten aber keine Strömungen mehr zwischen den verschiedenen Protoplasamassen auf. Das Verschmelzungsprodukt war daher auch wieder von typischer mosaikartiger Struktur. Nach Ablauf von 25 Minuten war die Mosaikstruktur vollkommen zerstört, und die bereits verschmolzenen *Pelomyxa* hatten sich wieder



Textfig. 9. Vorübergehende Verschmelzung zweier grauer *Pelomyxen*. Bei der Wiedertrennung teilt sich das eine Individuum in zwei Teile.

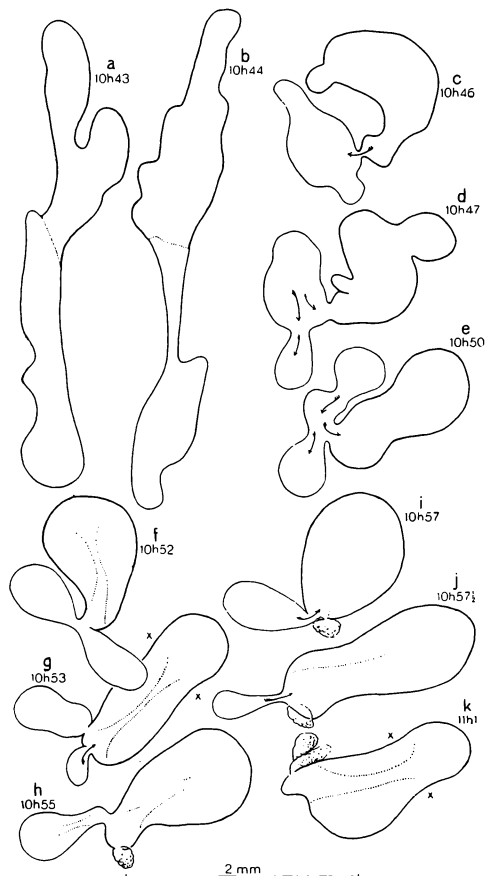
in drei Stücke zerteilt (Textfig. 9 e), deren jedes sich wie vorhin zu einem unabhängigen Tier entwickelte. Aber es darf nicht vergessen werden zu erwähnen, daß eine autoplastische Verschmelzung zwischen zwei Teilstücken des gefärbten Protoplasmas stattfand. Trotz direkten Kontaktes findet also keine Verschmelzung des Plasmas von verschiedenen Individuen statt, während zwei Mengen desselben Plasmas sich gegenseitig anziehen und sich miteinander vermischen, sowie

sie miteinander in Berührung kommen. Hier zeigt sich auch deutlich die Schwierigkeit einer homoplastischen Verschmelzung, verglichen mit einer autoplastischen. JENSENS Ausspruch über die „individuelle physiologische Eigenschaft“ des Protoplasmas darf nicht verallgemeinert werden, aber er trifft auch auf *Pelomyxa* zu.

Jedoch ist die Individualität des Plasmas nicht so ausgeprägt wie bei einigen Foraminiferen oder bei *Diffugia*, denn eine Verschmelzung findet gelegentlich doch zwischen zwei verschiedenen Tieren desselben Typus statt. Während sie noch zwischen zwei Glaskapillaren zusammengepreßt werden, fließen die Inhalte eines Tieres manchmal schon zu dem anderen hinüber, indem sie ihre eigene Grenzfläche durchbrechen. In diesem Fall findet eine Verschmelzung des Plasmas unzweifelhaft, wie bei der Wiedervereinigung zweier Teilstücke desselben Tieres, statt. Es sind jedoch, wie schon erwähnt wurde, einige Unterschiede in dem Verlauf bei beiden Fällen vorhanden.

Versuch 3.

Eine Reihe von Veränderungen, die bei der homoplastischen Verschmel-



Textfig. 10. Dauerverschmelzung zweier grauer *Pelomyxen*.

zung des Protoplasmas stattfand, kann an den Zeichnungen von Textfig. 10 verfolgt werden. Das erste Bild (Textfig. 10 a) zeigt den Zustand der verschmolzenen Tiere kurze Zeit nach ihrer Befreiung aus der Kompression, aber noch ehe mehr Wasser hinzugefügt wurde. Wir können zwei verschiedene Plasmamassen unterscheiden, die deutlich voneinander gesondert sind, die eine in dem

oberen Teil der Zeichnung, die andere im unteren. Die Sonderung ist noch deutlicher in den nächsten Skizzen (Textfig. 10 b). Aber eine vollständige Trennung findet zu keiner Zeit statt, jeder Teil ist immer noch mit dem anderen durch ein schmales Band verbunden. Es muß erwähnt werden, daß die schmalste Stelle in Textfig. 10 b nicht genau an der Trennungsstelle der beiden Plasmamengen ist, sie weicht etwas gegen den unteren Teil hin ab.

Als Wasser hinzugefügt wurde, nahmen die beiden Plasmateile eine mehr oder weniger runde Gestalt an (Textfig. 10 c). Die Verbindungsbrücke wurde nicht im geringsten vergrößert. Im Gegenteil diese wurde noch schmäler als zuvor, aber eine vollständige Trennung trat noch nicht zu dieser Zeit ein. Man sah, wie der Inhalt des an der oberen Seite gelegenen Tieres langsam nach unten floß und schließlich durch die schmale Verbindung in das andere Tier hinüberströmte. Diese Strömung dauerte nicht lange, gleich darauf begann ein entgegengesetzter Strom in dem darunter gelegenen Tier. Das Protoplasma stürzte sich mit verhältnismäßig großer Kraft vorwärts und bewegte sich von der Vorderseite gegen die Oberfläche wie ein Pseudopodium (Textfig. 10 d).

Aus späteren Versuchen geht hervor, daß das Protoplasma verschiedener Tiere sich nicht so leicht mischt, wie das von zwei Teilstücken eines Tieres bei ihrer Wiedervereinigung. Es dauert im ersteren Fall längere Zeit. Währenddessen spielt sich in dem sich mischenden Protoplasma gewissermaßen ein „Kampf“ ab. Ein pseudopodienähnliches Gebilde wurde, wie schon erwähnt, an der Vorderseite des unteren Tieres erzeugt. An dieser Stelle fließt das Plasma des anderen Tieres von der Oberseite her über die Verbindungsbrücke hinüber. In dem unteren Tiere entsteht eine Gegenströmung, die das über die Verbindungsbrücke strömende Plasma zurückdrängt (Textfig. 10 e). Die pseudopodienartige Anschwellung vergrößerte sich dadurch, daß die Gegenströmung sich in der Hauptsache in diese ergoß und nicht in das Innere des oberen Tieres. Inzwischen entstanden starke spontane Strömungen durch die Mitte des oberen Tieres; der Inhalt floß von dem schmalen vorderen Teil zu dem breiteren hinteren, genau wie bei einem normalen Tier. Diese Strömungen nahmen bald die rückwärtsfließenden Plasmamengen des unteren Tieres auf und führten das Plasma des anderen Tieres direkt zu dem distalen Ende, ohne eine seitliche Verdickung zu erzeugen. Überdies wirkten diese Ströme auf das untere Tier ansaugend, so daß immer mehr von seinem Inhalt aufgenommen wurde. Infolgedessen teilte sich das letztere in der Mitte in einen

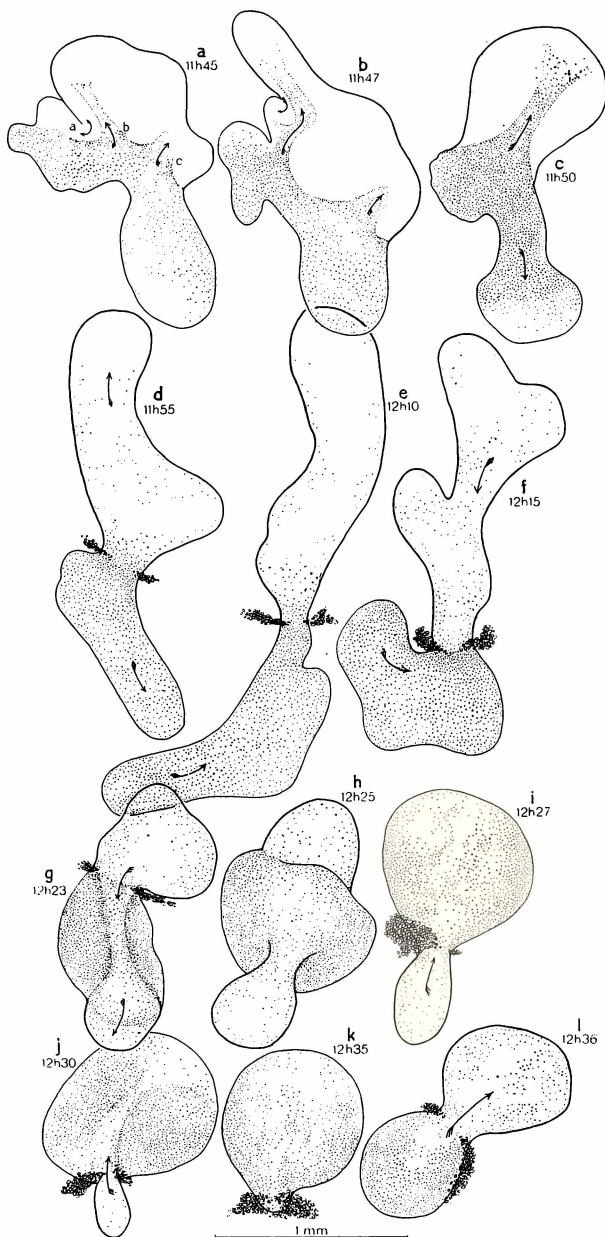
vorderen Pseudopodiumteil und einen hinteren ursprünglichen Hauptkörperteil (Textfig. 10f). Beide waren mit dem oberen Tier an der schmalen Vorderseite noch verbunden. Damit hörten die inneren Strömungen des oberen Tieres noch nicht auf, sondern das „Saugen“ wurde noch weiter fortgesetzt, erstreckte sich jetzt aber nur auf den vorderen Teil des geteilten unteren Tieres, und der gesamte Inhalt wurde fast vollständig von dem anderen aufgenommen (Textfig. 10g). Die aufgenommene Plasmamenge wurde zu dem distalen Ende des oberen Tieres hingeführt, wo sie sich teilweise vermischte, aber der größere Teil blieb doch zunächst gesondert. An dieser Stelle traten infolge von Strömungserscheinungen spontan Verdickungen auf (Textfig. 10g). Schließlich nahm das Ganze wieder eine gleichmäßige Gestalt an, und nach Vermischung des Plasmas hörten die Strömungserscheinungen auf. Inzwischen nahm der restliche, in der Zeichnung links dargestellte Teil (also das untere Tier) eine typische birnförmige Gestalt an (Textfig. 10h). Die eingetretene Ruhe dauerte jedoch nicht lange, nach höchstens 5 Minuten setzte der Kampf wieder ein zwischen der Hauptmasse und dem kleinen Anhang. Genau dasselbe ereignete sich wie vorher. Der ganze Inhalt des kleineren Tieres wird schließlich von dem größeren aufgesogen und zu dem hinteren Ende des letzteren hingeführt (Textfig. 10i—k).

Die Pellicula wurde während dieses Prozesses nicht absorbiert. Die Membran und ein kleiner Teil des an ihrer inneren Seite befindlichen Plasmas wurden stets an dem vorderen Ende des größeren Tieres zurückgelassen, wie aus den Abbildungen ersichtlich ist. Die Bilder erinnern an die Konjugation bei Vorticellen, z. B. bei *V. nebulifera*, bei der „der ganze Körper des kleinen Konjuganten in das Innere des großen aufgenommen wird, während nur geringe plasmatische und pelliculare Bestandteile außerhalb bleiben und zugrunde gehen“ (MAUPAS, nach REICHENOW, 1927, p. 279).

Versuch 4.

Der Vorgang der Protoplasmaverschmelzung ist selbstverständlich leichter an gefärbten als an ungefärbten Tieren zu verfolgen. Eine ganze Reihe von Veränderungen kann an der Beobachtungsreihe, die in Textfig. 11 dargestellt ist, gezeigt werden. In Textfig. 11a lassen sich verschiedene Strömungen, a, b und c, erkennen. Zwei von diesen, nämlich b und c, sind von der gefärbten Seite zur nichtgefärbten gerichtet, während der dritte Strom, a, in entgegengesetzter Richtung fließt (s. auch Taf. 6 Fig. 3). Später hörten die lateralen

Ströme a und c auf, und der mittlere Strom b setzt sich allein als Hauptstrom fort, durch den das rote Plasma zunächst in das nicht gefärbte Tier hinüberfloß (Textfig. 11 c, Taf. 6 Fig. 3). Später tritt dann noch eine der genannten Hauptströmung entgegengesetzte Strömung in der rot gefärbten Protoplasma-masse auf (Textfig. 11 c). Nach etwa 5 Minuten ließ sich bereits eine deutliche Sonderung der beiden Plasmaarten an der schmalsten Stelle erkennen. Nach 20 Minuten war der Höhepunkt nahezu erreicht; die verschmolzenen Tiere waren nur noch durch eine schmale Brücke verbunden (Textfig. 11 e). Leider wurde all-



Textfig. 11. Dauerverschmelzung zweier grauer Pelomyxen, von denen eine mit Neutralrot gefärbt war.

springlich ungefärbte Tier auch rot, zwar nicht sehr stark, aber die Grenzlinie zwischen den beiden Tieren ließ sich nicht mehr genau erkennen. Diese konnte jedoch auf andere Weise festgestellt werden, nämlich dadurch, daß an dieser Stelle Plasmaeinschlüsse ausgestoßen wurden (s. Textfig. 11 d, e u. f).

Nachdem Wasser hinzugefügt wurde, rundeten sich beide in die Länge gestreckten Hälften ab. Die dabei auftretenden Strömungen erstreckten sich nicht über die Verbindungsbrücke hinaus. Hierbei trat die Abkugelung in der roten Hälfte zuerst auf (Textfig. 11 f). Nach der Abkugelung der beiden Hälften strömte dann plötzlich das Plasma der ungefärbten Hälfte in die gefärbten ein (Textfig. 11 g). Diese Strömung war so stark, daß sie durch die gesamte Masse des gefärbten Plasmas hindurchgelangte und an ihrem distalen Ende noch nicht halt machte, sondern sogar jenseits der Oberfläche der roten Hälfte hervorquoll. Aber das Protoplasma floß nicht vollständig hinein; ein Teil blieb noch an der hinteren Seite des gefärbten Tieres zurück (Textfig. 11 h). Dieser Teil des Plasmas und der jenseits des gefärbten Tieres hervorgequollene, rundeten sich beide ab, waren aber sicherlich noch durch eine Brücke verbunden, die nur dadurch unsichtbar war, daß sie von dem gefärbten Protoplasma des anderen Tieres überdeckt wurde (Textfig. 11 h).

Es ist anzunehmen, daß die Vermischung der beiden Plasmaarten an dieser Verbindungsbrücke beginnt und dann übergreift auf die hintere, zurückgebliebene Plasmamenge. Sie wurde später vollständig von dem gefärbten Tiere aufgenommen (Textfig. 11 i). Derselbe Vorgang wiederholte sich an der anderen Plasmamenge, die durch das rote Tier hindurchgeströmt war. Dieses nichtgefärbte Plasma kehrte durch Rückwärtsbewegung in das gefärbte zurück (s. Textfig. 11 i u. j). Die so entstandene Gesamtmasse bildete nun einen einheitlichen runden Körper (Textfig. 11 h). Es wäre jedoch übereilt, zu glauben, daß der Vorgang der Verschmelzung hiermit endgültig sei. Es zeigte sich nämlich bald, daß dieser Zustand nur ein vorübergehender war. Die abgerundete Gestalt der verschmolzenen Tiere schwand bald wieder durch eine Entmischung der individuellen Plasmamassen, wobei die äußere Körperform die Gestalt einer Hantel annahm (Textfig. 11 b). Die Hantelform ging dann wieder in eine Kugelform über. Diese Vorgänge wiederholten sich vielleicht drei, vier oder auch noch einige Male mehr, bis schließlich doch am Ende eine endgültige Vermischung der Plasmamassen eintrat und eine *Pelomyxa* von typischer Struktur entstand.

Versuch 5.

Die zuletzt erwähnten Erscheinungen, die sich bei Vermischung des Plasmas zweier verschiedener Tiere zeigten, konnten bei einem anderen Versuch noch genauer studiert werden und sollen hier nochmals beschrieben werden, da mir diese Erscheinungen besonders wichtig zu sein scheinen. Die Anfangsstadien des Verschmelzungsprozesses, die bei dem vorher geschilderten Versuch, durch Textfigur 10 u. 11 erläutert wurden, sollen hier nicht nochmal geschildert werden, sondern nur die Endstadien, bei denen die eigentliche Vermischung des Plasmas eintritt. Die Endstadien bei diesem Versuch sind auf Taf. 7 Fig. 5—10 wiedergegeben.

Die Taf. 7 Fig. 5 zeigt ein Stadium, in denen sich die beiden Plasmaarten nach anfänglicher Abkuglung (entsprechend der Textfig. 11 h des vorigen Versuches) wieder gesondert und zwei hinsichtlich ihrer Struktur typische *Pelomyxa* gebildet haben, die nur noch durch eine enge Verbindungsbrücke zusammenhängen. Wie bereits erwähnt, beobachtet man an dieser Verbindungsbrücke ausgestoßene Protoplasmaeinschlüsse.

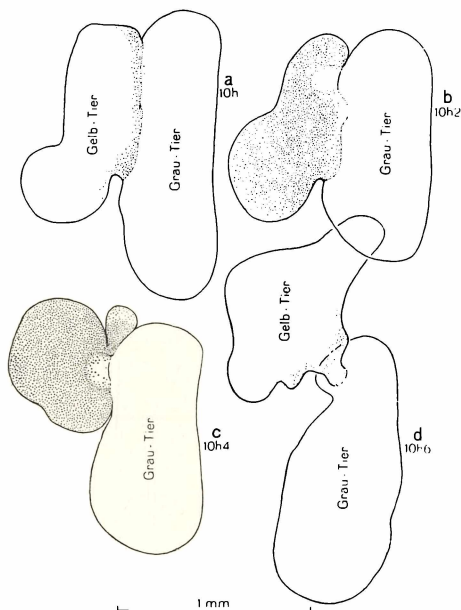
In diesem Stadium scheint vorübergehend ein Gleichgewichtszustand zu herrschen, der sich in dem Aufhören jeglicher Plasmaströmungen kundgibt. Aber nach kurzer Zeit treten wieder Strömungen auf und zwar im vorliegenden Fall im Innern des links gezeichneten Individuums. Das Plasma des linken Individuums ergießt sich durch die Verbindungsbrücke hindurch in das Innere des rechten Individuums. Der Plasmastrom dringt aber nicht weit vor, offenbar weil die Vermischung mit dem fremden Plasma auf Schwierigkeit stößt. Bereits im vorderen Drittel des rechten Tieres sucht er sich einen Ausweg. Es entsteht an dieser Stelle eine immer größer werdende sackartige Vorwölbung, in die schließlich das gesamte Plasma des linken Tieres einströmt, wie es Taf. 7 Fig. 6 u. 7 zeigt. Bei diesen Vorgang gelangt aber auch ein beträchtlicher Teil von dem Plasma des rechten Individuums mit in die sackartige Bildung hinein. Anscheinend tritt dabei eine Vermischung der beiden Plasmasorten ein, so daß der neuentstandene Teil außer dem eigenen Plasma noch etwa ein Drittel des rechten Individuums enthält. Es folgt nun wieder eine kurze Zeit der Ruhe, während der die beiden Teile wieder die typische Struktur der *Pelomyxa* annehmen (Taf. 7 Fig. 8). An der wieder entstandenen dünnen Verbindungsbrücke kann man wie früher die erneute Ausstoßung von Plasmaeinschlüssen bemerken. Nach der

kurzen Ruhezeit beginnt dann wieder das Plasma der linken größeren Hälfte sich in Bewegung zu setzen und in die rechte kleinere Hälfte hineinzuströmen (Taf. 7 Fig. 9). Nun kommt es aber nicht zu einer bruchsackartigen Bildung, sondern es tritt anscheinend leichter als vorher eine Mischung des Plasmas ein. Das gesamte Plasma der linken Hälfte bildet mit der rechten eine einheitliche Masse (Taf. 7 Fig. 10). Es scheint eine vollkommene Vermischung eingetreten zu sein. Am Rande, an der der früheren Verbindungsbrücke gegenüberliegenden Seite kann man noch eine Zeitlang lokale Strömungserscheinungen wahrnehmen, die vorübergehend zu kleinen pseudopodiumähnlichen Vorwölbungen führen. Bald aber tritt dann Ruhe ein und das ganze Gebilde läßt schließlich die für eine normale *Pelomyxa* typische Struktur erkennen.

Die Vorgänge zeigen deutlich, daß bei diesen homoplastischen Transplantationen nur ganz allmählich eine Vermischung des Plasmas eintritt im Gegensatz zu der autoplastischen Vereinigung. Die dabei auftretenden Strömungserscheinungen muten direkt wie ein Kampf zwischen den einzelnen Plasmaarten an. Im Zusammenhang mit diesem Kampf der beiden Plasmaarten steht anscheinend auch die nur bei der homoplastischen Transplantation regelmäßig beobachtete

Ausstoßung von Substanzen an der Verbindungsbrücke zwischen den beiden Individuen.

c) Verschmelzungsversuche zweier *Pelomyxa*-Individuen von verschiedenem Typus. Es ist hier nicht angebracht, den Ausdruck „heteroplastisch“ zu gebrauchen, ehe es nicht erwiesen ist, ob verschiedene *Pelomyxa*-Typen, die sich durch Größe, Gestalt, Farbe und Struktur unterscheiden, verschiedene Arten, einfache Variationen oder sogar nur verschiedene Entwicklungsstufen derselben Art darstellen. Auf jeden Fall ist eine Ver-



Textfig. 12. Vorübergehende Vereinigung einer grauen und einer gelben *Pelomyxa*.

schmelzung von zwei *Pelomyxa*-Individuen verschiedenen Typus immer schwerer zu erreichen als eine von zwei Tieren gleichen Typus. Es ist jedoch möglich, eine graue *Pelomyxa* auf eine gelbe aufzupropfen oder umgekehrt. In solchen Fällen geht jedoch die Vereinigung, soweit die experimentellen Erfahrungen bis jetzt reichen, niemals über eine zeitlich begrenzte Verschmelzung hinaus. Solcher Versuch ist in Textfig. 12 dargestellt worden. Die der Länge nach aneinander gelegten Tiere verschmelzen an der Berührungsfläche zwar, aber ein Überströmen des Plasmas von einem Tier zum anderen erfolgt nicht. Nach einer Zeit tritt wieder eine vollkommene Loslösung der beiden Tiere ein. In Textfig. 12 b u. c ist an einer Stelle eine kleine Ausbuchtung der rechten grauen *Pelomyxa* in das Plasma der gelben angedeutet. An dieser Stelle erfolgte die Trennung erst zuletzt (Textfig. 12 d). Offenbar hafteten die beiden Tiere an dieser Stelle besonders fest aneinander.

Die negativen Ergebnisse bei den Versuchen, Individuen des weißen Typus mit solchen des gelben oder grauen zur Verschmelzung zu bringen, sowie die nur zeitweise und unvollkommen zu erreichende Verschmelzung von Individuen des gelben und grauen Typus deuten darauf hin, daß erhebliche Verschiedenheiten in der Protoplasma-zusammensetzung bei den einzelnen Typen bestehen.

4. Die Mosaikstruktur bei verschmolzenen Actinosphärien bleibt nicht erhalten.

Wie bereits erwähnt, stellt die mosaikartige Verschmelzung eine primitivere Art der Vereinigung von verschiedenem Plasma dar. Sie kann einer regelrechten Vermischung des Plasmas vorausgehen. Erfolgt eine derartige Vermischung nicht, so tritt früher oder später eine Trennung in die einzelnen Komponenten ein. Von COHN (1851), CIENKOWSKI (1865), BRANDT (1877), JOHNSON (1894) und anderen ist von verschmolzenen Actinosphärien gesagt worden, daß sie sich trennen, indem eine Teilung der Gesamtmasse stattfindet. Die neuste Beobachtung von HOWLAND (1928) weicht indessen hiervon ab. Bei ihr zeigten die verschmolzenen Tiere keine Trennung mehr, selbst nicht nach Ablauf von 4 Tagen. Ich kann diese Angabe von HOWLAND bestätigen, da es mir gelungen ist, einige solcher verschmolzener Tiere länger als eine Woche zu halten, ohne irgendein Anzeichen von Trennung zu beobachten. Erstaunlicherweise soll nach HOWLAND jedoch die Mosaikstruktur dieser Tiere erhalten bleiben. Wenn dem so ist, so würde also keine Mischung des Plasmas

der verschmolzenen Actinosphären eintreten. Es würden demnach andere Verhältnisse vorliegen als bei *Pelomyxa*. Ich hielt es daher für nötig, die Versuche von HOWLAND zu wiederholen, um diesen Punkt nachzuprüfen.

Von zwei *Actinosphaerium eichhornii*, die nahezu von gleicher Größe waren, wurde das eine mit Neutralrot gefärbt, das andere blieb ungefärbt. Nachdem von jedem Individuum ein Teil abgetrennt war, wurden sie mit den Schnittflächen nahe aneinander gebracht, da auf diese Weise eine sichere Verschmelzung zu erwarten war. Bei der Operation wurde das rotgefärbte Individuum mehr verkleinert als das andere, und daher ist der rote Anteil in den Figuren von Taf. 8 kleiner dargestellt als der blaue, der dem nicht gefärbten Teil entspricht.

Es trat eine vollständige Verschmelzung ein. Das Verschmelzungsprodukt nahm etwa nach $1\frac{3}{4}$ Stunden normale Kugelgestalt an. Die Axopodien strahlten nach allen Richtungen aus wie bei einem normalen Tier. Von da ab ließ sich die Mosaikstruktur sehr deutlich erkennen (s. Taf. 8 Fig. 12). HOWLAND gibt an, daß dieser Zustand noch nach Ablauf von 30 Stunden erhalten war. Aber als ich bei meinem Versuch nach 6 Stunden das Verschmelzungsprodukt untersuchte, hatte sich sein Aussehen schon geändert; die anfangs einheitliche, rotgefärbte Plasmamasse hatte sich in mehrere Teile aufgelöst; die Färbung verschwand fast vollständig von der Außenschicht der Rinde (vgl. Taf. 8 Fig. 12 u. Taf. 9 Fig. 13).

Noch später, nach $7\frac{1}{2}$ Stunden, war die Farbe aus der Rinde vollkommen verschwunden, und die Teile der gefärbten Marksubstanz waren dem Zentrum genähert. In Fig. 13 auf Taf. 9 ist dieses Stadium abgebildet. Während diese Veränderungen in dem protoplastischen Teil vor sich gingen, bewegte sich eine große Nahrungsvakuole, die sich zuerst in der Mitte der nichtgefärbten Komponente befand (Taf. 8 Fig. 11), langsam gegen die Mitte der zusammengesetzten Kugel. Sie kam nach 2 Stunden und 10 Minuten schon an der Grenzlinie der beiden Plasmasorten an (Taf. 8 Fig. 12), und erreichte nach $7\frac{1}{2}$ Stunden die entgegengesetzte Seite (Taf. 9 Fig. 13), nachdem sie durch den ganzen nichtgefärbten Teil hindurchgewandert war. Das Innere des lebenden *Actinosphaerium* scheint immer in Bewegung zu sein.

23 Stunden und 10 Minuten nach der Verschmelzung waren die verschmolzenen Tiere noch in sehr gutem Zustand; die Axopodien waren nach allen Richtungen hin ausgestreckt, während in der Mitte der Kugel 4 verhältnismäßig große Vakuolen — eine von ihnen er-

schien besonders groß — zu sehen waren. Sie enthielten eine klare wässrige Flüssigkeit, und nur um sie herum war die rote Farbe konzentriert (s. Taf. 9 Fig. 14). Außerdem waren zwei kleine Kugeln gefärbten Plasmas etwas abseits von der Mitte, die eine, und zwar die größere darunter, die kleinere darüber. Sonst war an keiner Stelle mehr gefärbtes Plasma zu finden.

Ein normales *Actinosphaerium*, das mit Neutralrot gefärbt wird, verliert im allgemeinen diese Färbung längere Zeit nicht. Die Färbung mit Neutralrot scheint für das lebende Protoplasma mehr oder weniger schädlich zu sein. Das Tier scheint sich zunächst zu kontrahieren, während die peripheren Plasmaschichten abgestoßen werden. Die Tiere scheinen sich indessen allmählich an die Giftwirkung des Farbstoffs anzupassen. Die Färbung schreitet in die inneren Teile der Kugel fort, so daß schließlich Tiere von normaler Gestalt resultieren, bei denen die zentralen Teile am intensivsten gefärbt sind. Diese Tatsache der besonders starken Färbbarkeit des Zentrums darf nicht übersehen werden.

In dem geschilderten Experiment habe ich nur ein schwach gefärbtes Tier benutzt, dessen Plasma sich gut der Färbung anpaßte. Das Tier war eine Nacht vorher gefärbt worden. Wenn derartig gefärbte Tiere anderen aufgepfropft wurden, so zeigte sich eine wundervolle Mosaikstruktur, wie ich sie schon schilderte. Diese Struktur wurde jedoch nach 6 Stunden wieder zerstört, da das gefärbte Plasma sich zerteilte und die Stücke sich zu der Mitte hin bewegten. Kann diese letzte Erscheinung nicht dem verglichen werden, was wir bei dem gefärbten Einzeltier beobachtet haben? Es fand wohl keine direkte Mischung des gefärbten mit dem nicht-gefärbten Plasma der Actinosphären statt; die Färbung zeigte sich schließlich nur noch im Zentrum.

Die Rotfärbung schritt von der Peripherie zum Zentrum der Kugel fort. Die gefärbte Zone verkleinerte sich hierbei, während die Intensität der Färbung sich verstärkte. Außerdem verwischte sich die alveolare Struktur des gefärbten Protoplasmas allmählich. Was können wir aus dieser Tatsache ersehen?

Die Farbe scheint nur an bestimmte kleine Körnchen oder Tröpfchen, die im Cytoplasma vorhanden sind, gebunden zu sein. Das Wandern der gefärbten Zone von der Peripherie nach dem Zentrum scheint durch die Wanderung der gefärbten kleinen Teilchen zustande zu kommen. Hierfür spricht die Verstärkung der Färbung im Zentrum, die Verkleinerung der gefärbten Zone und der Umstand, daß im Laufe dieser Veränderungen kein Verlust an

Protoplasma eintritt. Dies letztere konnte durch genaues Messen der verschmolzenen Actinosphären bewiesen werden. Ihr Durchmesser (0,6 mm) zeigte sich auch nach Ablauf von 24 Stunden nicht im geringsten verändert.

Diese Erscheinungen lassen sich vielleicht eher als eine Art der Assimilation als eine direkte Vermischung (wie bei *Pelomyxa*) bezeichnen.

Es ist das Auftreten von großen Vakuolen in der Mitte des gefärbten Plasmas oben erwähnt worden. Offenbar steht diese Vakuolenbildung im Zusammenhang mit den geschilderten Vorgängen, aber ihre eigentliche Bedeutung in dieser Hinsicht konnte nicht festgestellt werden. Die Flüssigkeit, die sie enthalten, ist vollständig farblos. Endlich muß noch hinzugefügt werden, daß die Größe der gefärbten Zone bei den verschmolzenen Actinosphären von der ursprünglichen Menge des gefärbten Plasmas und auch von der Intensität der Färbung abhängt. So können wir eine zusammengesetzte Kugel erzeugen, deren Markteil fast vollständig rot gefärbt ist.

In jedem Fall und unter jeder Bedingung ist die Mosaikstruktur der verschmolzenen Actinosphären nicht dauernd, sie besteht nur kurze Zeit, zu Beginn der Verschmelzung.

5. Reinkorporation und Restitution.

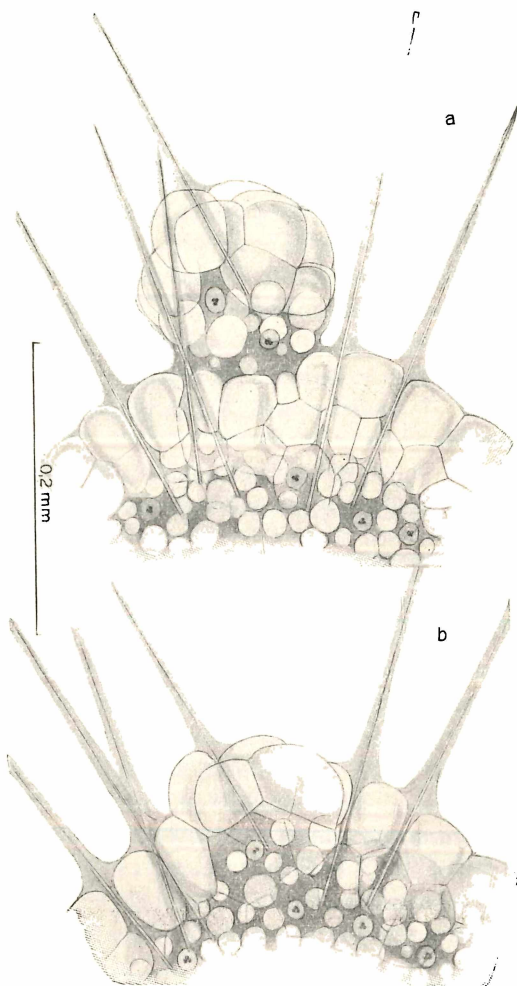
a) Bei *Actinosphaerium*. Bei diesem Protozoon werden losgetrennte Axopodien, wenn sie nahe an dasselbe oder ein anderes Individuum herangebracht werden, aufgegriffen und ihm einverleibt. Dieser Vorgang findet an jeder Stelle eines Axopodiums statt, entweder an der Spitze oder an der Seite. Dabei werden diese Fragmente, wenn sie direkt an die Rindenoberfläche des Tieres gebracht werden, in den lebenden Körper aufgenommen, ohne daß irgendwelche Umwandlungserscheinungen, wie etwa Vakuolen, gebildet würden. Die wieder aufgenommene Masse geht durch die Rindenschicht zwischen den großen Bläschen hindurch und verschwindet allmählich zwischen den Maschen des protoplasmatischen Netzwerks der Marksicht. Eine solche Beobachtungsreihe zeigt Taf. 10 Fig. 15—17.

Der zentrale Teil der Marksicht ist aus kleinen Bläschen aufgebaut und vollkommen kernlos. Wenn dieser Teil nach außen gebracht wird, nachdem man ihn herausgeschnitten hat, ballt er sich zu einer Kugel zusammen. An Stelle der kleinen Bläschen treten größere auf, vielleicht durch Zusammenfließen der kleinen

(Taf. 10 Fig. 18). Wenn das Stückchen Nahrungsvakuolen enthielt, so werden diese im allgemeinen ausgestoßen. Ein derartiges Stückchen körnchenhaltigen Protoplasmas ist ebenso leicht mit seinem eigenen Zellkörper zur Verschmelzung zu bringen wie mit einem anderen. Manchmal scheint eine Verschmelzung mit der Oberfläche eines anderen Tieres schwierig, aber wenn der Prozeß einmal begonnen hat, so strömt der Inhalt plötzlich in den Zellkörper hinein; dabei verengen sich die Bläschen der Rinde an der Verschmelzungsstelle, indem sie dem Druck nachgeben (Taf. 10 Fig. 20). Ob diese letztere Erscheinung dem einfließenden Entoplasma zuzuschreiben ist, weil dieses flüssiger ist als die Axopodienbruchstücke, oder aber ob sie einfach wegen der größeren Menge an Protoplasma auftritt, ist mir nicht bekannt. Auf jeden Fall ersetzen die wiederaufgenommenen Teile, ob sie nun den Axopodien oder der Marksicht angehören, nicht direkt den fehlenden Teil des Zellkörpers, sondern sie werden gewissermaßen nur als indifferentes Rohmaterial wieder aufgenommen.

HOWLAND (vgl. p. 285) sagt, daß „Wiederaufnahme in Wirklichkeit nichts anderes ist als der Vorgang der Transplantation auf eine undefinierbar kleine Skala“. Es ist jedoch nach meinen Experimenten klar, daß die ursprünglichen Strukturen in keinem Fall wiedergebildet werden. Die Definition von „Transplantation“ schließt vielleicht keine materielle Restitution und eine Transformation der wieder aufgenommenen Substanz mit ein. Die Reinkorporation von *Actinosphaerium* gehört augenscheinlich zu dieser letzten Kategorie von Erscheinungen. Bei dem Verlauf wenigstens nähert sich daher der Vorgang eher einer Fütterung als einer wahren Transplantation. Wir dürfen nicht vergessen, daß in diesem Fall das Objekt lebt und dieselben spezifischen Eigenschaften hat wie das Subjekt. Totes Plasma kann lebendes mit Hilfe eines Zwischenvorganges der Verdauung restituieren. Tot und lebend ist hier nur ein relativer Unterschied und besonders im letzteren Fall, wo wir den Restitutionskörper durch Nahrungssubstanz ersetzen können. Hier sollten wir den Vorgang auch mit dem Ausdruck „Füttern“ bezeichnen anstatt von „Restitution“ oder „Reinkorporation“ zu sprechen. Der Prozeß der Transplantation schließt nicht die materielle Transformation mit ein, bei welcher der transplantierte Teil direkt den fehlenden Teil restituiert oder doch wenigstens dazu beiträgt. Die Erscheinungen der Regulation, die häufig an dem transplantierten Teil beobachtet werden, sind etwas vollkommen anderes. Wie diese Erscheinung bei den Protozoen auftritt, zeigt das folgende Beispiel.

Wir können ein Bruchstück von *Actinosphaerium*, das ganz klein ist, aber alle wesentlichen Bestandteile enthält, auf ein anderes verpflanzen. Bei diesem Versuch kann die kleinere Komponente noch



Textfig. 13. Vereinigung eines kleinen Stückes von *Actinosphaerium* mit einem normalen Individuum.

kleiner gemacht werden als der entsprechende Teil bei dem vorigen Versuch. Bei einer Vereinigung von so sehr in ihrer Größe verschiedenen Körpern wird immer der kleinere von dem größeren aufgenommen. Er macht dann nur einen Teil der resultierenden Kugel aus (vgl. die Beispiele auf S. 48), verschwindet aber nicht vollständig in dem Plasma des letzteren. Sogar etwas von seiner Rindenstruktur einschließlich einiger Axopodien bleibt wenigstens erhalten. Wenn das betreffende Fragment vorher mit Neutralrot gefärbt worden ist, tritt es sehr deutlich gegenüber dem nicht gefärbten Teil der Kugel hervor. Eine solche Pfropfung ist in Textfigur 13a u. b dargestellt worden. Das kleinere Stück ist wie das

größere aus Rinden- und Marksicht aufgebaut, wovon die erstere ein einziges Axopodium trägt und die letztere zwei Kerne enthält. Die Pfropfung wurde in der „Medulla-cortex“-Kombination ausgeführt, d. h. die Marksicht des kleineren Stückes wurde mit der Rindenoberfläche des größeren zusammengebracht. Nach einer Ver-

schmelzung der Berührungsflächen wurde das kleinere allmählich von dem größeren Tier aufgesaugt. Hierin unterscheidet sich dieser Fall der Transplantation gar nicht von der Reinkorporation bei dem vorhergehenden Versuch. Aber sobald die Rinde des kleineren Bruchstückes die Oberfläche des größeren erreichte, sank das erste nicht weiter ins Innere. Das einzige Axopodium und ein Teil der Rinde bleibt an der Stelle, an der der Vorgang stattfand, an der Oberfläche anscheinend funktionsfähig zurück. Ich bin zwar nicht ganz sicher, ob dieser Zustand erhalten bleibt, aber ich glaube es.

b) Die Restitutionsfähigkeit des transplantierten Pseudopodiums bei *Diffugia*. Die Ergebnisse der Reinkorporation bei *Diffugia* sind sehr verschieden von dem, was wir soeben für *Actinosphaerium* hörten.

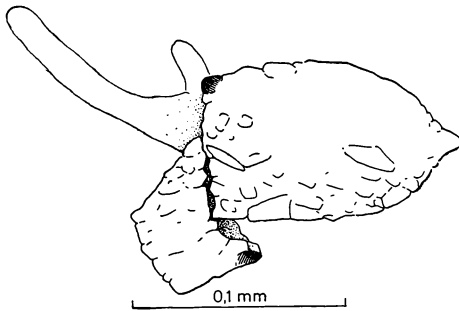
Nach KEPNER und REYNOLDS (vgl. p. 27) findet eine Verschmelzung weder an der Spitze noch an der Basis der Pseudopodien statt, sondern immer nur längs einer ausgedehnten Mittelregion. Solche beinahe mystischen „physico-chemischen“ Unterschiede zwischen den Enden und der Mittelregion eines Pseudopodiums sind, wie schon gezeigt, bei *Actinosphaerium* nicht vorhanden. Ferner sagen dieselben Autoren, daß „also die Wiedervereinigung nicht eintritt, wenn die Schädigung des Zellkörpers zu stark ist und eine Unfähigkeit zur Bildung neuer Pseudopodien zur Folge hat“. Diesem Teil ihrer Ausführungen widerspreche ich; denn es ist gelegentlich beobachtet worden, daß die abgetrennten Pseudopoden zu ihrem Muttertier zurückkriechen und in die Schale durch die Öffnungen eindringen, nachdem neue Pseudopodien gebildet worden sind. Ich bin ganz sicher, daß in diesem Fall die abgeschnittenen Pseudopodien den fehlenden Teil ihrer Zellkörper ergänzen. Um diese Ansicht zu begründen sollen zwei Experimente, die mir brauchbare Resultate lieferten, im folgenden Teil beschrieben werden.

Versuch 1.

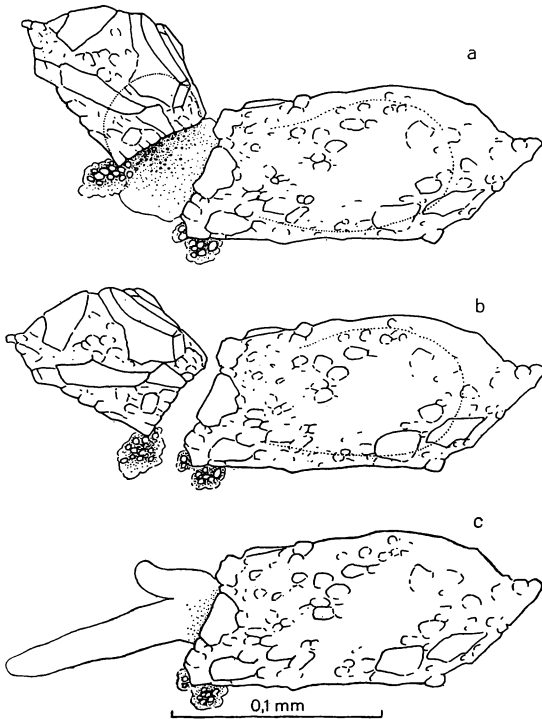
Diffugia acuminata wurde durch einen transversalen Schnitt am vorderen Drittel ihrer Schale in einen kleineren vorderen Teil, der die Pseudopodien trug, und einen größeren hinteren Teil, der den Kern enthielt, geteilt. Der letztere konnte wegen der starken Verletzung keine neuen Pseudopodien erzeugen.

Ich habe mit Hilfe einer feinen Glasnadel das Vorderstück so gewendet, daß seine ursprünglich rechte Seite nach links zu liegen kam, und dann habe ich seine Hinterfläche mit der Vorderfläche des hinteren Stückes dicht zusammengebracht. Eine Verschmelzung fand

statt, und das kleinere Vorderstück wurde von dem größeren aus seinem Schalenstück herausgezogen. Dann wurden fast in demselben Augenblick, in dem die letzte Spur des Protoplasmas aus dem vorderen



Textfig. 14. Wiedervereinigung des abgetrennten Vorder-
teiles einer *Diffugia acuminata* mit dem Hinterende.
Das Vorderteil umgedreht.



Textfig. 15. Wiedervereinigung des abgetrennten Vorder-
teiles einer *Diffugia acuminata* mit dem Hinterende.
Das Vorderteil umgekehrt.

Schalenstück ver-
schwand, neue Pseu-
dopodien von dem
vorderen Ende der
zerbrochenen Schale
des hinteren Stückes
aus gesandt. Sie
verlängerten sich
und stießen dabei
das leere Schalen-
stück des vorderen
Teiles beiseite, wie
an der dazugehörigen
Zeichnung (Textfig.
14) zu sehen ist. Die
neuen Pseudopodien
benahmen sich voll-
kommen normal, und
das Tier, das nur
eine unvollständige
Schale hatte, bewegte
sich wie gewöhnlich.

Versuch 2.

Wie im vorher-
gehenden Fall wurde
Diffugia acuminata
in einen kleinen vor-
deren und einen grö-
ßeren hinteren Teil
durch einen Trans-
versalschnitt geteilt.
Aber diesmal wurde
von dem vorderen
Teil die Spitze nach
hinten gedreht, so
daß die Polarität
umgekehrt war. Dann
wurde die eigent-

liche Schalenöffnung direkt an die verwundete Fläche des hinteren Stückes gebracht (s. Textfig. 15 a). Auch in dieser Kombination war eine Wiedervereinigung von Erfolg, und der Inhalt des vorderen Stückes wurde genau wie in dem ersten Versuch verschlungen (Textfig. 15 b). Trotz dieser umgekehrten Wiedervereinigung mit dem Vorderteil wurden normale Pseudopodien an der Vorderseite des hinteren Stückes gebildet (Textfig. 15 c). Die *Diffugia*, die wieder eine unvollständige Schale hatte, bewegte sich vorwärts wie im ersten Fall.

Obwohl kein positiver Beleg für das Nichtvorhandensein einer „physico-chemischen“ Verschiedenheit der Spitzen und der Mittelregion der Pseudopodien, kann diese Ansicht doch nur schwer angenommen werden. Jedoch zeigen die Pseudopodien als Einheit betrachtet ein anderes Verhalten und einen ganz anderen Aufbau als der Hauptzellkörper. Die ersteren sind hyalin und meist stark kontraktile, während der letztere dicht-körnig und meist unbeweglich ist, wenn auch jeder Teil natürlich leicht umgeformt werden kann, und den Charakter des anderen erhalten kann. Abgeschnittene Pseudopodien behalten ihre Eigenschaften bei; nach kurzer Zeit beginnen sie die charakteristischen Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen zu zeigen. Ein isoliertes Axopodium von *Actinosphaerium* kann nach HOWLAND Pseudopodien aus seiner zu einer Kugel zusammengeballten Masse erzeugen und auch amöboide Bewegungen zeigen, aber es darf nicht vergessen werden, daß diese Strukturen Neubildungen sind, die bei dem normalen Tier oder in den gesunden Axopodien nicht existieren. Die amöboiden Bewegungen der abgetrennten Pseudopodien von *Diffugia* entsprechen dagegen ihrem eigenen Charakter, der vollkommen erhalten bleibt. Hierfür sprechen VERWORN's gute Zeichnungen (1922, p. 768) des abgetrennten Pseudopodiums, das im Lauf einiger Stunden alle Gestaltenveränderungen durchmacht. „Zuerst normale Bewegungen durch Pseudopodienbildung, schließlich Absterben in der Kugelform.“ Diese Veränderungen unterschieden sich nicht von denen, die bei einem normalen Tier zu beobachten sind. Auch bei den abgeschnittenen Pseudopodien bleibt die ursprüngliche Polarität bei der Bewegung oft wenigstens einige Zeit erhalten. Dieser absolute Unterschied zwischen den abgeschnittenen Pseudopodien von *Diffugia* und den Axopodien von *Actinosphaerium* hinsichtlich ihrer Umbildung ist sehr zu beachten.

Wie bei *Actinosphaerium*, so kommt auch bei *Diffugia* die Reinkorporation durch eine Absorption des Zellkörpers zustande, nur daß in diesem Fall der absorbierte Teil weder an eine andere

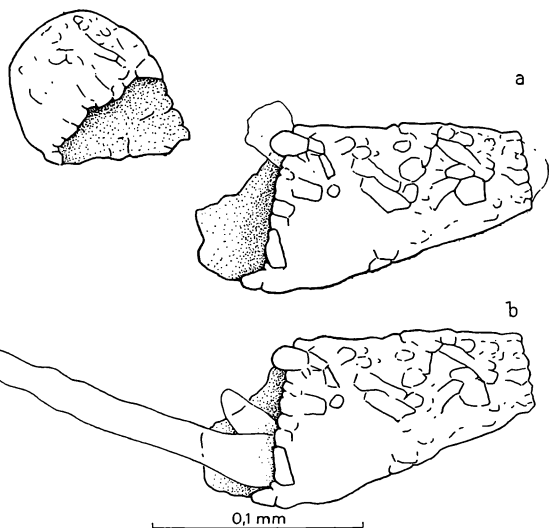
Stelle gebracht wird, noch daß das Protoplasma umgebildet wird. Die reinkorporierten Pseudopodien der *Diffugia* behalten ihre ursprünglichen Eigenschaften und zeigen ihren speziellen Charakter, ganz gleich ob sie an dem vorderen oder an dem hinteren Ende des Zellkörpers sich befinden. Dieses Verhalten wird durch die folgenden Versuche noch verdeutlicht. Die Reinkorporation von *Diffugia* verdient daher eine besondere Bezeichnung, der Ausdruck „Restitution“ wäre hierfür angebracht. Der entsprechende Vorgang bei *Actinosphaerium* ist, wie schon erwähnt wurde, eine „materielle Restitution“, d. h. es wird nicht der fehlende Teil direkt restituiert.

6. Induktion von Pseudopodien an einer ungewöhnlichen Stelle von *Diffugia*.

Es wäre noch auf einen interessanten Restitutionsvorgang bei *Diffugia* einzugehen. Ein reinkorporiertes Bruchstück kann vollständige Pseudopodien am hinteren Ende des Zellkörpers induzieren. Schon in den vorangegangenen Experimenten war zu sehen, daß die Pseudopodien auch an der Mitte des Zellkörpers ausgestreckt werden können. Bei dem zweiten Versuch waren die neuen Pseudopodien nicht identisch mit den transplantierten, wenigstens nicht in bezug auf ihre Polarität. Nach anderen Versuchen, die nicht beschrieben worden sind, kann auch ein ganz kleines Bruchstück normale Pseudopodien an der Stelle induzieren, wo es aufgepropft wird. Aus diesen angeführten Tatsachen ist zu folgern, daß das transplantierte Stück die Fähigkeit haben muß, die Neubildung von vollständigen Pseudopodien anzureizen. Um diese Annahme zu begründen, habe ich ein Pseudopodienbruchstück auf das hintere Ende des Zellkörpers aufgepropft.

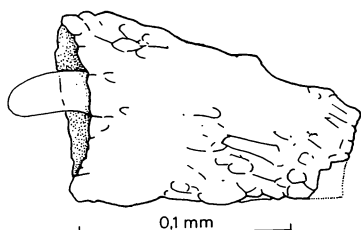
Dies Experiment war etwas schwierig. Es wurde zuerst ein Teil des vollausgestreckten Pseudopodiums abgeschnitten und von dem Zellkörper isoliert, wobei große Sorgfalt nötig war, um den letzteren bei dieser Operation nicht zu verletzen. Dann wurde das hintere Schalenende mit einem scharfen Messer zusammengepreßt und abgetrennt. Danach wurde das isolierte Pseudopodienbruchstück mit Hilfe einer feinen Glasnadel zu der Öffnung, die an dem hinteren Schalenende erzeugt worden war, gebracht. Glücklicherweise wanderte das Bruchstück mit Hilfe seiner eigenen Bewegungsfähigkeit durch diese Öffnung in die Schale hinein. Sowie das geschehen war, wuchsen Pseudopodien von normaler Größe und auch sonst von normaler Beschaffenheit aus dieser Schalseite heraus.

Die *Diffflugia* begann sich rückwärts zu bewegen. Dieser Versuch ist in Textfig. 16 a u. b dargestellt¹⁾. Ich habe diesen selben Versuch mehrere Male hintereinander wiederholt mit stets demselben Resultat, auch bei einer anderen Art, *Diffflugia pyriformis* (s. Textfig. 17). Ich glaube, daß einfach durch



Textfig. 16. Künstliche Vereinigung eines abgetrennten Pseudopodienstückes an dem hinteren Ende einer *Diffflugia acuminata* nach Entfernung eines Schalenstückes an dieser Stelle.

Transplantation die Neubildung von Pseudopodien am entgegengesetzten Ende des Tieres hervorgerufen wurde. An der Vorderseite (Schalenöffnung) fand keine Bildung von Pseudopodien statt, obgleich die ursprüngliche Schalenöffnung weit offen blieb. Man könnte vielleicht den Einwand machen, daß diese Erscheinung durch einen mechanischen Reiz bei der Zerstörung des Schalenhinterendes hervorgerufen wurde. Aber ich konnte diese Pseudopodienbildung am entgegengesetzten Ende nicht bei einer einfachen Zerstörung beobachten. Die Pseudopodien erschienen hier nur, wenn ein Stück des ursprünglichen Pseudopodiums aufgefropft wurde.



Textfig. 17. Künstliche Vereinigung eines abgetrennten Pseudopodienstückes an dem hinteren Ende einer *Diffflugia pyriformis* nach Entfernung der Schale.

Aus diesem Experiment, und auch aus den vorhergehenden geht meiner Ansicht ohne Zweifel hervor, daß die abgeschnittenen

¹⁾ Dr. K. v. HAFNER, der zu dieser Zeit noch in diesem Institut arbeitete, erlaubte mir, ihm eines solcher Präparate vorzuführen. Ich hatte Gelegenheit, ihm den in Textfig. 16 abgebildeten Fall von Pseudopodienbildung am entgegengesetzten Ende der Schale zu demonstrieren

Pseudopodien von dem Zellkörper an jeder Stelle wieder aufgenommen werden, ganz gleich, ob sie an die Pseudopodien oder an den Hauptteil des Körpers herangebracht werden. An der letzteren Stelle restituiert das wieder aufgenommene Fragment nicht nur direkt den fehlenden Teil, sondern es induziert außerdem ganz vollständige Pseudopodien sogar an einer Stelle, an der sonst keine Pseudopodien entstehen würden, z. B. an dem hinteren Ende des Zellkörpers.

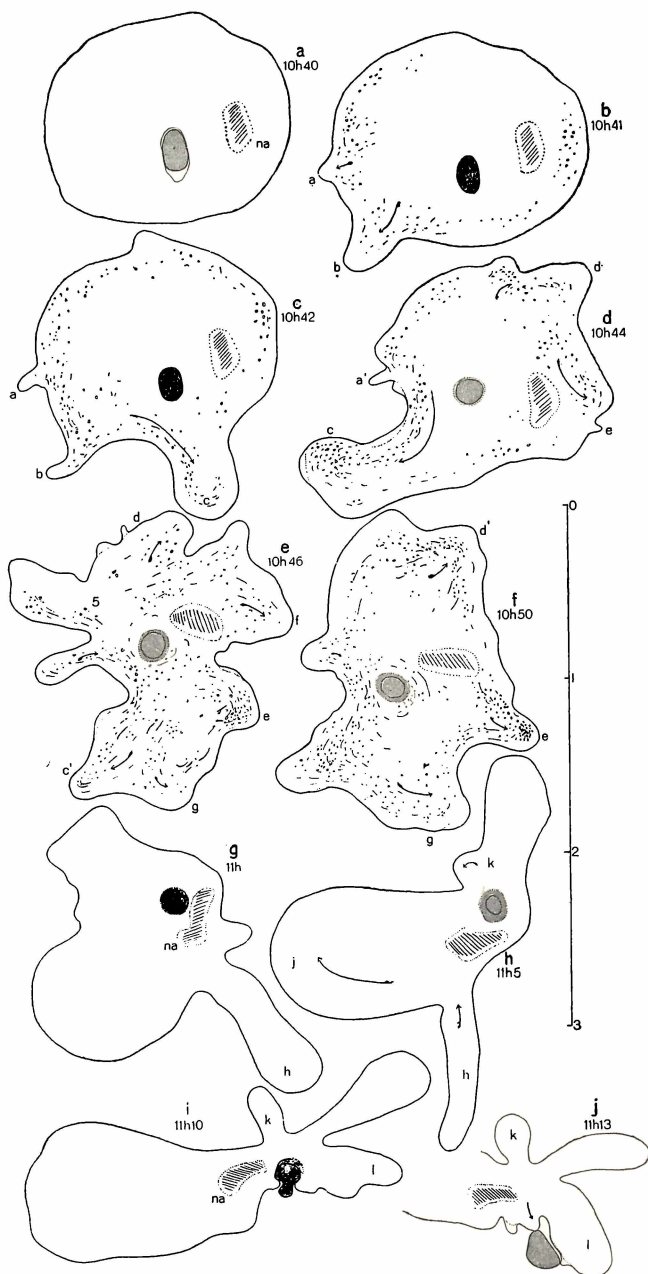
7. Implantation.

Anschließend an die bisher geschilderten Transplantationsversuche möchte ich noch kurz auf einige Implantationsversuche eingehen.

Ich schnitt jedesmal ein kleines Stück aus einer *Pelomyxa* heraus und implantierte es dann in dasselbe oder ein zweites Tier. Es gelang nicht, das Stück gleich ganz in das Innere der Amöbe einzupflanzen. Zunächst blieb ein Teil immer noch mit der Außenwelt in Berührung. Das Präparat wurde daher mit einem Deckglas bedeckt, um ein Herausstoßen des implantierten Stückes zu verhindern. Wie schon oben erwähnt wurde, fand in keinem einzigen Fall eine Verschmelzung statt. Das implantierte Stück kroch aktiv heraus, oder es wurde passiv ausgestoßen. Immerhin sind die Resultate dieser Versuche nicht ohne Interesse. Es muß der Grund, warum das implantierte Stück nicht von dem anderen inkorporiert wurde, betrachtet werden.

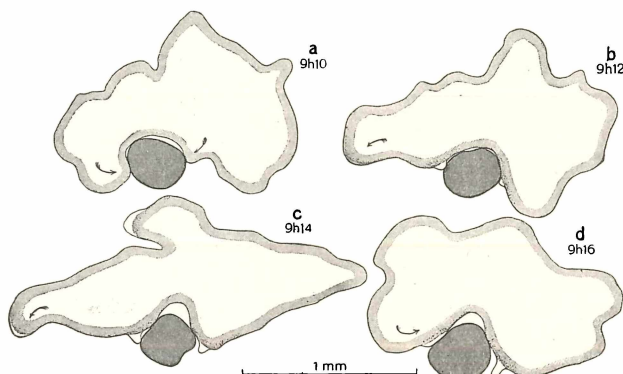
Wenn *Pelomyxa* mit dem Deckglas bedeckt wird, so wird sie hierdurch flach gedrückt. Ein allzu starker Druck kann verhindert werden durch ein Stück einer Glaskapillare, das zwischen Deckglas und Objektträger gelegt wird. An Hand der Textfig. 18 a—j werde ich in folgenden kurz das Verhalten einer *Pelomyxa* mit einem implantierten Stück eines anderen Individuums schildern.

In dem Augenblick, in dem das Präparat mit dem Deckglas bedeckt wurde, wurden sowohl der äußere als auch der innere implantierte Teil scheibenförmig abgeflacht, wobei um das Implantat ein schmaler Hof sichtbar wurde (Textfig. 18 a). Nach genau einer Minute zeigten sich zwei pseudopodienartige Bildungen an der Oberfläche (Textfig. 18 h, a u. b). Allmählich trat eine stärkere Abflachung des Protoplasmas ein und auch der erwähnte Hof um das Implantat verkleinerte sich mehr und mehr, um zuletzt ganz zu verschwinden (Textfig. 18 c).



Textfig. 18. Implantation eines kleinen Plasmastückes von *Pelomyxa* in ein anderes Individuum. (Das Implantat ist dunkel gezeichnet, na Nahrungskörper)

Ein drittes Pseudopodium wurde dann an der Vorderseite der Amöbe gebildet, während die beiden ersten — a und b — sich in die Hauptmasse des Protoplasmas zurückzuziehen begannen (s. Textfig. 18 c u. d). Bis zu diesem Stadium konnte man immer noch Bewegungen in dem implantierten Teil beobachten. Jetzt trat eine Abkugelung ein, und die Bewegungserscheinungen hörten auf. Dagegen nahmen die Bewegungen der Amöbe mehr und mehr zu, die ganze Masse floß in starken Strömen hin und her, und es entstanden immer mehr Pseudopodien (Textfig. 18 e—h). Zur selben Zeit wurde



Textfig. 19. Ausstoßung des Implantas (vgl. Textfig. 18).

das implantierte Stück mit den Plasmaströmungen passiv auf und ab, oder von rechts nach links, oder umgekehrt, bewegt, wobei es sich immer mehr der Peripherie näherte. Schließlich wurde das Stück direkt an die Oberfläche gebracht, wo es diese durchbrach, da der innere Druck zu stark geworden war (Textfig. 18i).

Auf diese Weise gelangte das implantierte Stück in das umgebende Wasser (Textfig. 18j). Sobald es befreit war, bewegte sich das bis zu diesem Augenblick abgerundete Stück aktiv und bildete Pseudopodien. Die große Amöbe bildete danach schnell einige kleine Pseudopodien aus klarem Protoplasma an der Stelle, wo das implantierte Stück herausgekommen war, und wo es auch noch in naher Berührung verblieb. Aber ich konnte niemals beobachten, daß das ausgestoßene Tier wieder von dem größeren aufgenommen wurde. Diese zuletzt geschilderte Erscheinung ist in Textfig. 19 a—d dargestellt.

Ungefähr 200 mal wurde dasselbe Experiment wiederholt, ohne daß auch nur in einem einzigen Fall eine protoplasmatische Ver-

schmelzung erzielt worden wäre. Das implantierte Tier wurde jedesmal wieder ausgestoßen. Manchmal schien das implantierte Stück schon teilweise von der Amöbe verdaut zu sein, aber eine Absorption des bereits veränderten Protoplasmas durch die Amöbe wurde nicht festgestellt. Ich bin zweifelhaft, ob es überhaupt ein Verdauungsprozeß war.

JENNINGS (1923, p. 17) hat an *Amoeba proteus* eine interessante Beobachtung beschrieben, wie eine Amöbe ein Stück des Protoplasmas von einer zweiten Amöbe aufnimmt. In diesem Falle beobachtete er, wie das eingeschlossene Stück Pseudopodien aussendete und schließlich wieder aktiv nach außen gelangte. Hiernach sandte die Amöbe ihre Pseudopodien in der Richtung auf das Teilstück aus, und nachdem sie in dieser Richtung einen Weg zurückgelegt hatte, der dreimal so groß war wie ihre Länge, umschloß sie wiederum das Stück. Dies entfloh wieder teilweise, wurde aber schließlich doch aufgenommen. Die Amöbe fing nun an, sich in entgegengesetzter Richtung zu bewegen. Sofort entwich das eingeschlossene Tier durch ein paar schnelle Bewegungen aus dem hinteren Ende des Tieres und entfernte sich. Das befreite Stück ballte sich dann zu einer Kugel zusammen und blieb ruhig.

Bei einem Vergleich dieser Beobachtung von JENNINGS' mit meiner, ergibt sich folgender Unterschied: Das implantierte Stück von *Pelomyxa* verliert seine Bewegungsfreiheit und gewinnt sie in der Freiheit zurück, während das entsprechende Stück von *Amoeba proteus* sich aktiv zu bewegen beginnt, sobald es eingeschlossen ist, und sich wieder zusammenballt, nachdem es entwichen ist. Es erscheint sehr seltsam, aber interessant, daß ein Stück Amöbe ohne Kern — solche Stücke verlieren im allgemeinen ihre Bewegungsfähigkeit sehr bald — seine Bewegungsmöglichkeit zurückgewinnt, wenn es von einem anderen Tier aufgenommen wurde.

Auf jeden Fall trat sowohl bei dem implantierten Stück von *Pelomyxa* als auch bei dem aufgenommenen Teil von *Amoeba proteus* keine Verschmelzung mit dem Zellkörper ein. Es traten in beiden Fällen keine Mischungsströmungen auf. Das muß einen Grund haben. Ich denke, wie ich schon oft vermutet habe, daß dies an einer schnellen Bildung feiner Pellicula an den Schnittflächen, d. h. in diesem Fall sowohl an der Oberfläche des implantierten Stückes als auch auf der Innenfläche der Amöben liegt. So ist das Protoplasma jeden Teiles durch eine doppelte Membran gesondert. Daß das Vorhandensein einer solchen Membran eine protoplasmatische Verschmelzung bei *Pelomyxa* verhindert, ist schon gezeigt worden.

Das innere Stück kann von dem äußeren getötet und ausgestoßen werden, aber es tritt niemals eine Vermischung des Plasmas ein, wohl infolge der vorhandenen Membranen. Diese Erscheinung des Abtötens und Ausstoßens des implantierten Stückes durch das andere, sowohl die Vorbereitung als auch der Vorgang selbst, kann mit dem verglichen werden, was auch bei den Protozoen „Kannibalismus“ genannt wird. Diese letztgenannte Erscheinung ist nicht selten in der Gruppe der einfachen Organismen, besonders bei den Amöben, und es sei hingewiesen auf: *A. vespertilio*, (LAPAGE, 1922) bei zwei Arten von Stentor, *St. coeruleus* und *St. roeseli* (GELEI, 1925) bei *A. verrucosa* (IVANIČ, 1927) bei *A. terricola* und *A. sphaeronucleus* (MATTES, 1928) und bei anderen.

38. Zusammenfassung.

1. Die Untersuchungen wurden ausgeführt an: *Pelomyxa*, *Diffugia*, und *Actinosphaerium*.

2. Zwei vegetative Actinosphären lassen sich leicht zur Verschmelzung bringen, wobei das Verschmelzungsprodukt wieder Kugelgestalt annimmt. Ein engerer Kontakt und ein mäßiger Druck genügen, um Teilstücke des Tieres oder verschiedene Individuen zur Verschmelzung zu veranlassen. Das Verschmelzungsprodukt behält längere Zeit normale Kugelgestalt, ohne sich wieder zu trennen.

Bei *Actinosphaerium* sind autoplastische und homoplastische Verschmelzungen leicht zu erreichen. Teilstücke ohne Kerne, z. B. abgeschnittene Axopodien verschmelzen nicht miteinander, werden aber leicht von dem Zellkörper aufgenommen. Diese Teile werden vollständig dem Ganzen einverleibt; sie restituieren nicht direkt die Teile, die sie nach ihrer Herkunft waren, sondern werden zunächst indifferentes Plasma.

Die Mosaikstruktur der verschmolzenen Actinosphären bleibt nicht dauernd erhalten, sondern nur eine kurze Zeit zu Beginn des Verschmelzungsprozesses.

3. Zwei *Pelomyxa* können zur Verschmelzung gebracht werden, aber nur bei einer besonderen Versuchsanordnung; bei beiden Tieren muß längs ihrer Berührungsfläche die Pellicula entfernt werden. Dieses erfordert eine besondere Technik.

Zwei Teilstücke von einem Tiere verschmelzen leicht miteinander, wobei durch Wechselströmungen das Plasma gemischt wird. Bei homoplastischer Verschmelzung tritt zunächst eine Mosaikstruktur auf, die entweder abgelöst wird durch eine progressive Vermischung

des Protoplasmas oder aber es tritt eine Trennung in die beiden Komponenten ein. Bei der Mischung von zwei Protoplasmaarten spielt sich gewissermaßen ein Kampf zwischen ihnen ab gemäß ihrer physiologischen Verschiedenheit. Dieser läßt sich äußerlich durch den Wechsel von Kugel- und Hantelform erkennen; regelmäßige Ausstoßungen von Plasmaeinschlüssen erfolgen. Zuletzt tritt eine vollkommene Mischung ein und eine *Pelomyxa* von normaler Struktur entsteht.

Verschmelzung zweier *Pelomyxa* verschiedener Typen ist möglich, aber eine eigentliche Vermischung des Protoplasmas wurde bisher nicht erreicht. Späterhin erfolgt wieder eine Trennung.

4. Bei *Diffugia* findet eine Wiederverschmelzung abgeschnittener Pseudopodien nur statt, wenn diese vom selben Tier, aber nicht, wenn sie von einem anderen stammen. Das Bruchstück des Pseudopodiums restituiert direkt den fehlenden Teil und kann auch an eine andere Stelle des Körpers transplantiert werden; es behält dort seine Funktionen bei.

Das transplantierte Stück eines Pseudopodiums hat die Fähigkeit, die Bildung von Pseudopodien an jeder Stelle des Zellkörpers anzuregen, sogar an dem Hinterende.

5. Implantationsversuche bei *Pelomyxa* ergeben nur negative Ergebnisse. Das implantierte Stück wird immer wieder ausgestoßen.

Literaturverzeichnis.

- BĚLAŘ, K. (1922): Untersuchungen an *Actinophrys sol* EHRBG. I. Die Morphologie des Formwechsels. Arch. f. Protistenk. Bd. 46 p. 1.
- BLOCHMANN, F. (1894): Kleine Mitteilungen über Protozoen. Biol. Zentralbl. Bd. 14 p. 82.
- BOTT, K. (1907): Über die Fortpflanzung von *Pelomyxa palustris*. Arch. f. Protistenk. Bd. 8 p. 120.
- BUCHNER, P. (1921): Tier und Pflanze in intracellulärer Symbiose. Berlin.
- CIENKOWSKI, L. (1865): Beiträge zur Kenntnis der Monaden. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 1 p. 210.
- GELEI, v. T. (1925): Über den Kannibalismus der Stentoren. Arch. f. Protistenk. Bd. 52 p. 404.
- GREEFF, R. (1874): *Pelomyxa palustris*, ein amöbenartiger Organismus. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 10 p. 51.

- GREEFF, R. (1867): Über *Actinophrys eichhornii* und einen neuen Süßwasser-rhizopoden, besonders in Rücksicht auf Teilbarkeit derselben resp. Vermehrung durch kunstreiche Teilung. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 3 p. 396.
- HOWLAND, R. B. (1924): Dissection of the pellicle of *Amoeba verrucosa*. Journ. exp. zool. Vol. 40 p. 263.
- (1928): Grafting and Reincorporation in *Actinosphaerium eichhorni* EHRBG. Biol. Bull. Vol. 54 p. 279.
- IVANIČ, M. (1927): Über den Kannibalismus bei *Amoeba verrucosa* (EHRBG.) nebst Bemerkungen über den Kannibalismus bei Protozoen im allgemeinen. Zool. Anz. Bd. 74 p. 313.
- JENNINGS, H. B. (1906): Behaviour of the Lower Organisms. New York.
- JENSEN, P. (1896): Über individuelle physiologische Unterschiede zwischen Zellen der gleichen Art. PFLÜGER's Arch. Bd. 62 p. 172.
- (1910): Untersuchungen über Protoplasmamechanik. PFLÜGER's Arch. Bd. 87 p. 361.
- JOHNSON, H. P. (1894): Plastogamy of *Actinosphaerium*. Journ. Morph. Vol. 9 p. 269.
- KEPNER, W. A. and REYNOLDS, B. D. (1923): Reaktionen of Cell-bodies and Pseudopodial Fragments of *Diffugia*. Biol. Bull. Vol. 44 p. 22.
- KORSCHULT, E. (1907): Regeneration und Transplantation. Jena.
- LAPAGE, G. (1922): Cannibalism in *Amoeba vespertilio* (PEN.). Quart. Journ. micr. Sc. Vol. 66 p. 669.
- LEIDY (1879): Fresh water Rhizopods of North-America. U. St. Geolog. Survey of the Territoires Vol. 12.
- LEINER, M. (1924): Das Glykogen in *Pelomyxa palustris* GREEFF mit Beiträgen zur Kenntnis des Tieres. Arch. f. Protistenk. Bd. 47 p. 253.
- LOOPER, J. B. (1925): Observations on the food Reaction of *Actinophrys sol.* Anat. Record. Vol. 31 (Referat).
- MATTES, O. (1928): Kannibalismus bei Erdamöben. Zool. Anz. Bd. 76 p. 45.
- OKADA, Y. K. (1929): Über eine mundartige Bildung bei *Actinosphaerium*. Zool. Anz. Bd. 84 p. 269.
- PANTIN, C. F. A.: On the physiology of amoeboid movement. I. Journ. M. B. A. Unit. Kingdom Vol. 13 p. 24.
- PENARD, E. (1900): Essais de Mérotomie sur quelques *Diffugies*. Rev. Suisse Zool. T. 8 p. 477.
- (1902): Faune rhizodique du basin du Léman. Genève.
- (1904): Les Heliozoaires d'Eau douce. Genève.
- PROWAZEK, S. (1901): Beiträge zur Protoplasmaphysiologie. Biol. Zentralbl. Bd. 21 p. 87.
- REICHENOW, E. (1927): DOFLEIN's Lehrbuch der Protozoenkunde. I. Teil. (Allgemeine.) Jena.
- SCHMIDT, A. (1913): Faunistische und entwicklungsgeschichtliche Studien an Sarcodinen der Umgegend von Bonn. Arch. f. Protistenk. Bd. 29 p. 203.
- SOKOLOFF, B. (1924): Das Regenerationsproblem bei Protozoen. Arch. f. Protistenk. Bd. 47 p. 143.

STOLČ, A. (1900): Beobachtungen und Versuche über die Verdauung und Bildung von Kohlenhydraten in einem amöbenartigen Organismus, *Pelomyxa palustris*. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 68 p. 625.

VERWORN, M. (1892): Die physiologische Bedeutung des Zellkerns. PFLÜGER'S Arch. Bd. 51 p. 1.

— (1922): Allgemeine Physiologie (7 Taf.) Jena.

Tafelerklärung.

Tafel 6—10.

Sämtliche Zeichnungen sind mit einem Zeichenapparat genau entworfen. In den Fig. 11—12 auf der Taf. 8 und den Fig. 13—14 auf der Taf. 9 sind die Kerne, da sie im Leben schwer erkennbar sind, nach entsprechenden Dauerpräparaten ergänzt worden.

Tafel 6.

Fig. 1. Zwei der Länge nach verschmolzene *Pelomyxen* noch unvermischt. Die eine Amöbe mit Neutralrot gefärbt (35:1).

Fig. 2. Ein späteres Stadium. Die beiden Amöben haben sich abgekugelt und sind nur noch durch eine enge Verbindungsbrücke, an der später die endgültige Trennung erfolgte, miteinander verbunden (35:1).

Fig. 3. Zwei künstlich vereinigte *Pelomyxen*, bei denen später keine Trennung erfolgte (50:1).

Fig. 4. Dieselben Amöben in einem späteren Stadium. Das Plasma des rot gefärbten Tieres strömt in die ungefärbte Amöbe hinüber (50:1).

Tafel 7.

Protoplastmavermischung bei künstlich vereinigen *Pelomyxen*.

Fig. 5. Vorübergehender Ruhezustand, nachdem die abgekugelten Amöben in Hantelform übergegangen sind.

Fig. 6. Das Plasma des linken Teiles ist in den rechten hineingeströmt.

Fig. 7. Bildung einer seitlichen Ausbuchtung.

Fig. 8. Wieder vorübergehender Ruhezustand, nachdem ein großer Teil des Protoplastas in die Ausbuchtung eingeströmt ist.

Fig. 9. Dieselbe Strömungserscheinung wie bei Fig. 7.

Fig. 10. Das Verschmelzungsprodukt hat die Gestalt einer normalen großen *Pelomyxa* angenommen (60:1).

Tafel 8.

Fig. 11. Zwei künstlich vereinigte *Actinosphärien*. Das eine Tier mit Neutralrot gefärbt. 60 Minuten nach der Verschmelzung.

Fig. 12. Dieselben nach 140 Minuten (75:1).

Tafel 9.

Fig. 13. Das rotgefärbte Plasma hat sich zerteilt und ist in das Innere verlagert. (Nach 7 Stunden 20 Minuten.)

Fig. 14. Auftreten von Vakuolen inmitten der roten Plasmareste. (Nach 23 Stunden 10 Minuten.) (75:1.)

Tafel 10.

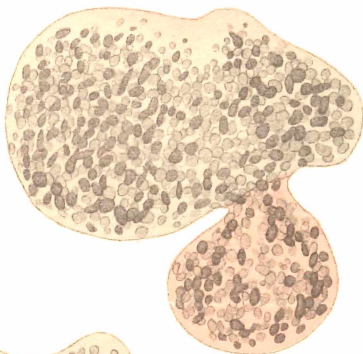
Fig. 15—17. Wiederverschmelzung von abgetrennten Axopodien bei *Actinosphaerium* (324:1).

Fig. 18—20. Aufnahme eines herauspräparierten kernlosen Stückes der Marksubstanz (324:1).

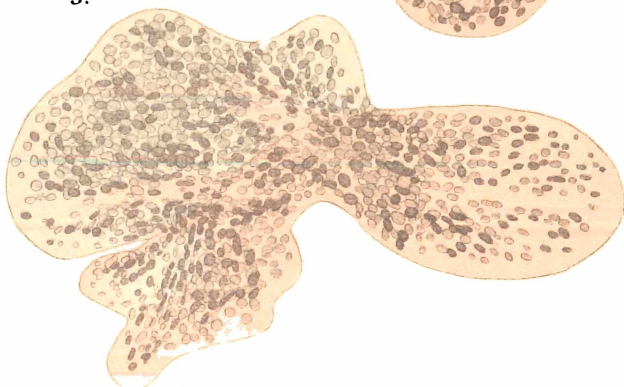
1.



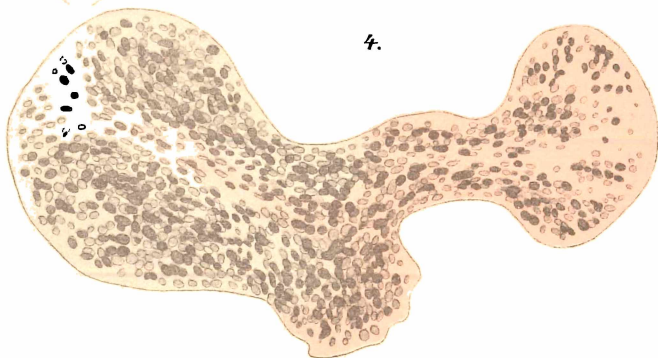
2.



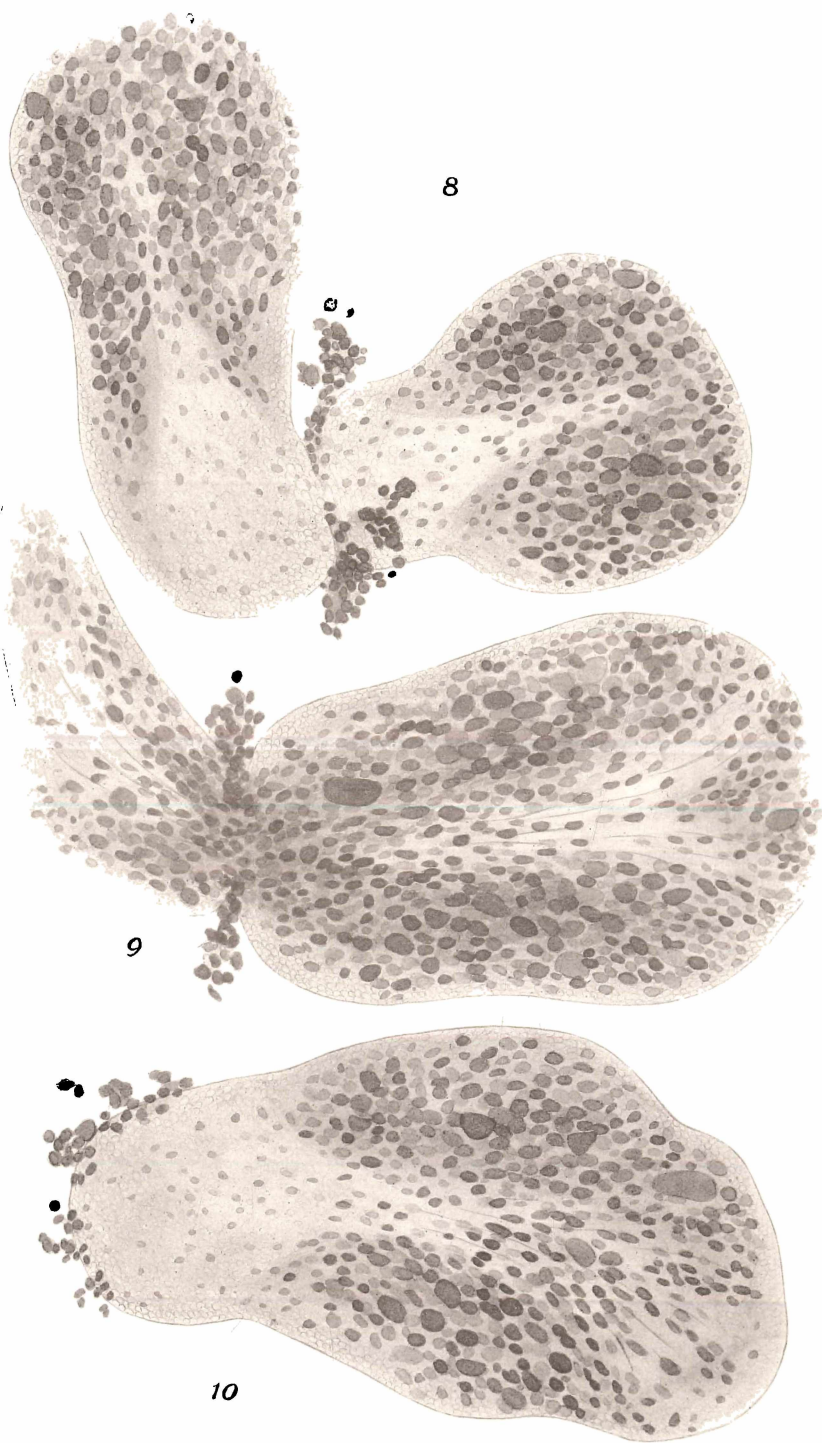
3.



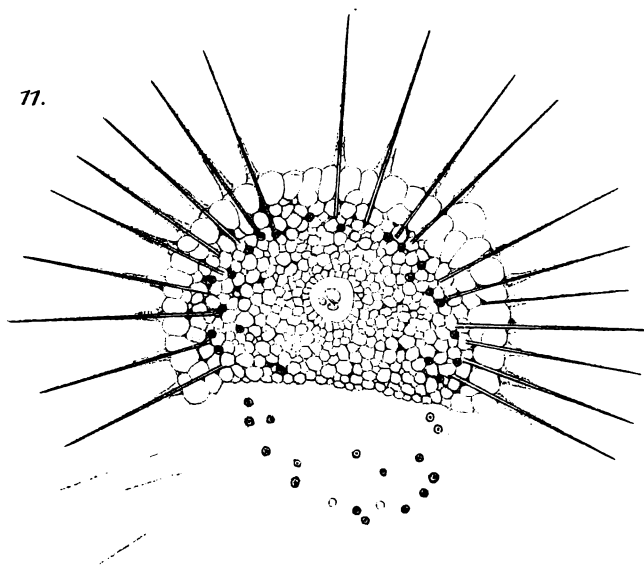
4.



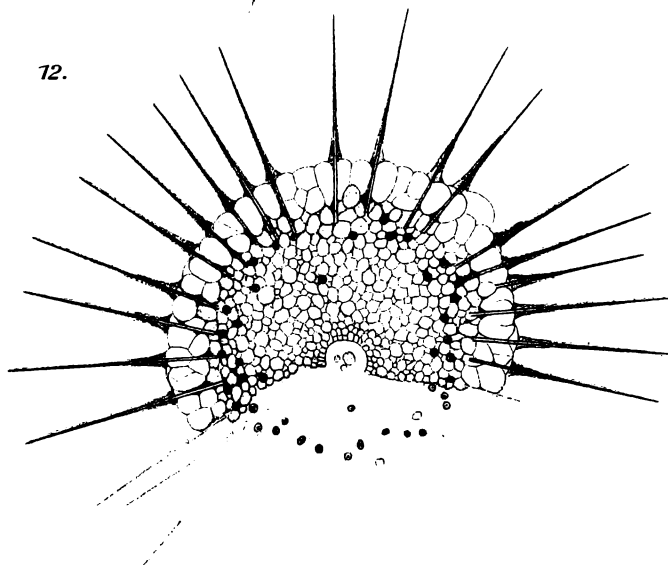




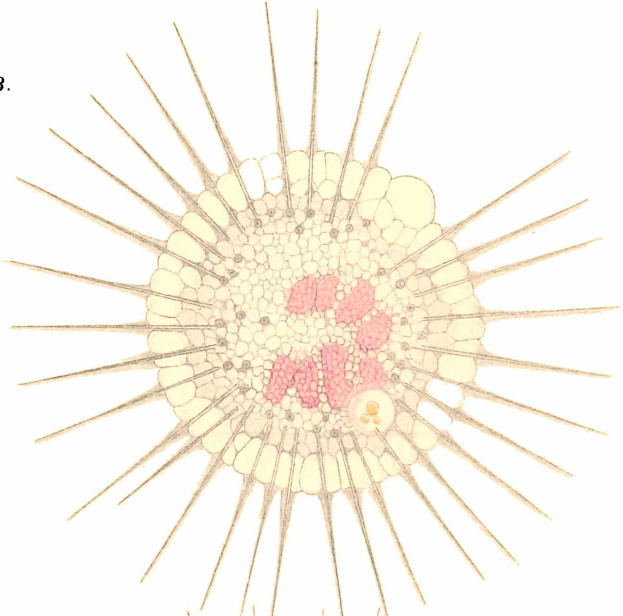
11.



12.



13.



14.

