© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Über Entstehung und Bedeutung der in den Kernen vieler Protozoen und in Keimbläschen von Metazoen vorkommenden Binnenkörper (Nucleolen). Eine Theorie zur Erklärung der verschiedenartigen Gestalt dieser Gebilde.

Von

Dr. **L. Rhumbler,**
Privatdocent und Assistent in Göttingen.

Mit Tafel XVIII.

Bei dem Studium des Weichkörpers von verschiedenen Foraminiferen, dessen Resultate später an anderem Orte eingehend veröffentlicht werden sollen, fiel mir auf, dass die oft in sehr großer Zahl in den Kernen dieser Thiergruppe enthaltenen Nucleolen meist sehr verschiedenartig (in einem und demselben Kern) gebaut sind. Da all diesen verschieden gebauten Nucleolen dasselbe Verhalten gegen Farbstoffe und andere Reagentien zukam, so war es sehr wahrscheinlich, dass die Veränderlichkeit ihres Baues nicht etwa durch eine eben solche ihrer chemischen Zusammensetzung hervorgerufen werde, sondern dass ihre Strukturunterschiede in verschiedenen physikalischen Verhältnissen, unter welchen sie ihre Entstehung genommen, eine Erklärung finden müssten.

Ich glaube eine solche Erklärung gefunden zu haben, die auf sehr einfache Weise den verschiedenen Bau aller hier in Betracht gezogenen Nucleolen erklärt. Ich muss dieser Erklärung den Namen einer Hypothese beilegen, weil ich nicht in der Lage war, die von mir vermuthete Entstehungsweise der Nucleolen an lebendem Material zu prüfen. Was aber dieser Hypothese, wie ich hoffe, einen gesunden Halt verleihen wird, ist einmal eine Beobachtung, die Aimé Schneider an einer lebenden Gregarine gemacht hat und die ich ohne Zwang auf meine Weise auszulegen vermag, dann aber der Vergleich mit anderen Gebilden, die in denselben Formen wie die Nucleolen auftreten, und deren Ent-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

stehung auf die, von mir zu schildernde, Art und Weise, wohl kaum einer Anfechtung ausgesetzt sein dürfte.

In den Kernen gewisser Foraminiferen — ob aller Foraminiferen ist mir noch zweifelhaft — finden sich zu gewissen Zeiten kleine Körperchen eingelagert, welche stärker lichtbrechend sind, als das Protoplasma und eine scharf umschriebene, mehr oder weniger rundliche Oberflächenform zeigen. Die Körperchen sind überall hin, auch gegen die anderen Bestandtheile des Kernes, Kernsaft und Chromatin, abgegrenzt und müssen somit als Nucleolen in dem Sinne Flemming's[1] bezeichnet werden. Ich werde aber in diesem Aufsatze lieber den Ausdruck »Binnenkörper« für sie gebrauchen. Einmal nämlich war für die Nucleolen der Radiolarienkerne schon früher die Bezeichnung Binnenkörper im Gebrauche, dann aber möchte ich durch diesen Ausdruck die Nucleolen der Gewebezellen von meinen Betrachtungen ausschließen. Mir scheint es nämlich noch keineswegs sicher, ob die Nucleolen der Gewebezellen und die Nucleolen der Keimzellen bezw. vieler Protozoen (vielleicht ausgenommen die Ciliaten und Suctorien) analoge Gebilde sind; obgleich auch das Gegentheil wegen des ähnlichen Verhaltens der beiderlei Nucleolenarten während der Mitose sehr zweifelhaft bleiben muss. Ich enthalte mich also jeder Entscheidung in dieser Frage, schließe aber vorläufig durch die Bezeichnung Binnenkörper die Nucleolen der Gewebezellen bei den im Nachstehenden mitgetheilten Erwägungen aus.

Die Zahl der Binnenkörper ist einem außerordentlichen Wechsel bei ein und derselben Protozoenspecies unterworfen, so mag ihre Anzahl bei der Sandforaminifere Saccammina sphaerica M. Sars, zwischen 1—300 schwanken. Ähnlich wechselnd wie ihre Zahl ist ihre Größe, ihr Lichtbrechungsvermögen und ihre Gestalt. Die kleinsten in Saccammina aufgefundenen Binnenkörper hatten einen Durchmesser von 0,00149 mm, die größten einen solchen von 0,00745 mm, dazwischen kamen dann alle Größenstufen vor (Fig. 1 u. 2).

Die kleinsten Binnenkörper stellen meist einfache Kugeln dar, die durch und durch homogen erscheinen und sonst keine Struktur erkennen lassen; größere pflegen ebenfalls kugelförmig zu sein, lassen aber in ihrem Inneren eine Zusammensetzung aus kleineren Kugeln, oft von sehr ungleicher Größe erkennen. Weiterhin finden sich Binnenkörper, die ebenfalls aus kleineren Kügelchen zusammengebaut sind, dabei aber durch die jeweilige Zusammenordnung derselben sehr verschiedenartige traubige Gestalt angenommen haben (vgl. Fig. 1). Am

[1] W. Flemming, Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung. Leipzig 1882. p. 138.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

auffallendsten sind jedoch in der Regel die größten unter ihnen gebaut; sie zeigen meist eine, durch stärkeres Lichtbrechungsvermögen ausgezeichnete Innenmasse, in welche kleinere, noch stärker brechende und oft von der Kugelgestalt abweichende unregelmäßige Körperchen eingelagert sind, und eine dunklere weniger lichtbrechende Außenmasse, die in gleichmäßiger Dicke wie eine feste Membran um die Innenmasse herum gelagert ist. Die Außenmasse nimmt bei Eosintinktionen eine braunrothe Färbung an; die Innenmasse erscheint unter denselben Bedingungen heller; die in die Innenmasse eingelagerten Körperchen bleiben meist gänzlich ungefärbt oder tragen doch bloß nur einen kaum merklichen Schein von Eosinfärbung.

Auf einem Schnitte durch den Saccamminaweichkörper traf ich schließlich einmal einen Binnenkörper von 0,00745 mm Durchmesser, welcher in seiner ziemlich dünnen Außenschicht eine deutliche, scharf umschriebene Öffnung zeigte (Fig. 2 *dOe*). Diese Öffnung traf ich bei anderen Binnenkörpern, obgleich ich eine sehr große Zahl daraufhin genau untersuchte, nicht wieder; meiner Ansicht nach hat die Öffnung einem Zufalle ihre Existenz zu verdanken, einem Zufall aber, der wie ich zu zeigen versuchen werde, leicht seine Erklärung findet, wenn man sich der von mir im Nachstehenden mitgetheilten Theorie über die Entstehung der Nucleolen anschließt.

Ich glaube nämlich aus dem verschiedenartigen Aufbau dieser Binnenkörper schließen zu dürfen, dass sie durch Zusammenfließen anfänglich leicht flüssiger, dann zähflüssiger und schließlich erstarrender Massen entstanden sind.

Ich nehme an, dass die Binnenkörpersubstanz an allen oder auch nur an bestimmten Stellen (das Letztere da, wo eine fixirte Nucleolenzahl Regel ist) des Kernplasmas zuerst in Gestalt kleinster, erstarrender Tröpfchen abgeschieden wird, die auf verschiedenen Stadien ihrer Erstarrung an einander treffen (vgl. Fig. 3 u. 4). Die Annahme einer Entstehung der Binnenkörper auf diese Weise darf desshalb für berechtigt gelten, weil Aimé Schneider im Kern der Gregarine Actinocephalus — die Gregarinen besitzen ähnlich gestaltete Nucleolen wie die Foraminiferen — häufig zahlreiche feine Granulationen wolkenartig erscheinen sah, die sich zu einem centralen Haufen verdichten konnten.

»Dans les Actinocephalus, on voit souvent comme un nuage de fines granulations dans le nucléus, qui peuvent se prendre en corps et constituer un amas central. Dans les Hoplorhynchus, Stylorhynchus et Bothriopsis, ces phénomènes peuvent être parfaitement constatés. Dans tous ces genres, jamais deux individus ne sont semblables à eux-mêmes au point de vue du nombre, de la grandeur,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

de la configuration, de l'opacité ou de la transparence de leurs nucléoles[1].«

Trafen kleine fast erstarrte Tröpfchen zusammen, so verklebten sie nur an ihrer Oberfläche mit einander oder platteten sich gegenseitig nur unbedeutend ab, zusammen zu einem festen traubigen Konglomerat erstarrend (Fig. 1).

Traf nun dieses Konglomerat mit einem größeren, noch dünnflüssigen Tropfen zusammen, so floss dieser um das Konglomerat herum und bildete eine Außenschicht. War diese Außenschicht breit genug, so konnte sie wie eine Membran erscheinen; war der herumgeflossene Tropfen nur sehr klein, so musste die Außenschicht für das Auge verloren gehen und rundete dann nur, die Rolle einer Kittmasse übernehmend, das vorher bestandene, zähflüssige Konglomerat zu einer seinem Erstarrungszustand entsprechenden mehr oder weniger vollständigen Kugel ab (Fig. 1, 5*b* u. 29). Es konnte nun auch vorkommen, dass bereits erstarrte, kleinere unregelmäßige Konglomerate zu mehreren in das Bereich eines noch dünnflüssigen größeren Tropfens geriethen. Diese kleineren Konglomerate wurden dann ebenfalls von dem Tropfen ganz umflossen und erscheinen dann als die stark lichtbrechenden Einlagerungen in den größeren Nucleolen, wie ich sie oben beschrieben habe (Fig. 2 *E*). Das starke Lichtbrechungsvermögen dieser Einlagerungen steht mit ihrem höheren Alter vollkommen im Einklang, die umflossenen Massen waren eben schon bei dem Umfließungsvorgange erstarrt, ihre Dichtigkeit war daher größer und ist auch bis zur Konservirung größer geblieben als diejenige der neu hinzugekommenen Masse, welche sich um sie herumgelegt hat. Aus demselben Altersunterschied lässt sich die hellere Färbung der Innenmasse bei zweischichtigen Binnenkörpern ohne Einlagerungen erklären; die Innenmasse ist älter, ihrem vollendeten Erstarrungszustande näher, daher auch dichter als die Außenlage; ihr erhöhtes Lichtbrechungsvermögen arbeitet dem Zutagetreten der aufgenommenen Färbung entgegen.

Die größeren dünnflüssigen Tropfen, deren Annahme zur Entstehung zweischichtiger Binnenkörper nothwendig ist, würden sich einfach durch vollständiges Zusammenfließen kleiner, ebenfalls noch dünnflüssiger Tropfen erklären lassen.

Die Öffnung, welche ich, wie oben erwähnt, einmal die Außenschicht eines doppelschichtigen Binnenkörpers durchsetzend fand (Fig. 2 *d Oe*), würde derart entstanden zu denken sein, dass ein nicht

[1] Aimé Schneider, Contributions à l'histoire des Grégarines des invertébrés de Paris et de Roscoff. in: Archives de Zoologie expérimentale et générale. Bd. IV. 1875. p. 513.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

mehr ganz dünnflüssiger größerer Tropfen mit einem bereits erstarrten zusammengetroffen und während der Umfließung selbst so weit erstarrt ist, dass er diese nicht mehr vollenden konnte, oder aber dass der umfließende Tropfen nicht groß genug war, den bereits erstarrten ganz einzuhüllen.

Es könnte meiner Auffassung gegenüber der Einwand erhoben werden, dass bei einer solchen Entstehungsweise der Binnenkörper einem fortgesetzten Anfließen von neuer Substanz keine Grenze gesetzt sei und die Frage wäre zu beantworten:

Warum treten die verschiedenen Tropfen nicht zu einem einzigen großen Binnenkörper zusammen?

Wenn mehrere Binnenkörpertröpfchen in einem Gebiete des Kernraumes sich zu Konglomeraten vereinigt haben, so sind die Bildungsherde dieses Gebietes, von welchem die Tröpfchen herstammen, für einige Zeit erschöpft, d. h. es wird eine gewisse Zeit dauern, bis sich an denselben Orten wieder neue Tröpfchen bilden, die groß genug sind, um sich bei verminderter Entfernung und angewachsener Masse — die erstere ist die unmittelbare Folge der letzteren — gegenseitig anzuziehen und sich zu vereinigen. Da die Anziehungskräfte der einzelnen Tröpfchen zu einander mit ihrer Entfernung in der zweiten Potenz abnehmen und schließlich gleich 0 werden müssen, so werden derartige Erschöpfungszonen einen Wall um die Binnenkörperkonglomerate herum bilden, der die Konglomerate vollständig isolirt, d. h. jede weitere Anziehung von neuen Tröpfchen hindert. Die neuen Tröpfchen selbst, welche sich in der Zwischenzeit außerhalb der Erschöpfungszone bilden, werden aber zu einem anderen Konglomerat zusammentreten und ebenfalls eine Erschöpfungszone um sich herum bilden, dann nämlich wenn sich alle in einem Anziehungsbereich gelegenen vereinigt haben. So sind beide Konglomerate bis zu ihrer Erstarrung isolirt und sind dann der Verschmelzung nicht mehr fähig, selbst wenn sie später zur unmittelbaren Berührung mit einander kommen sollten.

Wie kommt es, dass die Binnenkörper nicht gleichmäßig in dem Kerne vertheilt sind?

Es rührt dies meiner Meinung nach daher, dass die einzelnen Tröpfchen jedenfalls nicht an allen Stellen des Kernraumes zu genau derselben Zeit entstehen.

Zu einer gleichmäßigen Vertheilung der Binnenkörper wäre nach der vorgetragenen Theorie unbedingt erforderlich, dass die Entstehungsherde der Tröpfchen absolut gleichmäßig in dem Kernraum vertheilt lägen und dass alle insgesammt genau zur selben Zeit entständen und desshalb auch in demselben Erstarrungszustand sich

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

vereinigten. Die geringste Abweichung von diesen Bedingungen müsste augenscheinlich jede gleichmäßige Anordnung sofort zerstören. Dass aber die Binnenkörper nicht alle gleichzeitig entstehen, dafür bürgt ihr verschiedenes Lichtbrechungsvermögen, welches von verschiedener Dichtigkeit zeugt und — nach der hier vertretenen Anschauung — auf ihren verschiedenen Erstarrungsgrad[1] bezw. auf ihr verschiedenes Alter schließen lässt. Ist nun einmal das Alter der Binnenkörper verschieden, d. h. werden z. B. noch neue Tröpfchen gebildet, während andere schon zu Konglomeraten zusammengetreten sind, so ist auch jede weitere gleichmäßige Verbreitung der Entstehungsherde unmöglich; die bereits gebildeten, verschieden großen Konglomerate stehen einer solchen im Wege. So erklärt das Aussehen der Binnenkörper zugleich die Ursache ihrer unregelmäßigen Lagerung.

Im Allgemeinen müssen die Binnenkörper um so unregelmäßiger gebaut und um so regelloser im Kernraum vertheilt sein, je größer der Kern ist, in welchem sie eingebettet liegen; weil mit der Größe des Kernes auch die Anzahl der Variationen wächst, welche in Gruppirung der Entstehungsherde, in der Aufeinanderfolge der Entstehungszeiten und in der Komposition der einzelnen Konglomerate möglich ist. So finde ich bei kleineren Kernen der Saccammina immer nur wenig Binnenkörper, von meist rein kugeliger Gestaltung. Auch in jungen Eizellen, deren Nucleolen ich ebenfalls eine ähnliche Entstehungsweise zuschreiben muss, und die ich eben desshalb als Binnenkörper bezeichnen werde, findet sich in der Regel anfänglich nur ein einziger Binnenkörper. Später treten dann mehrere, ursprünglich meist kleinere, Binnenkörper, die sich erst nachträglich durch neuen Zufluss vergrößern, in dem Kernraum auf. Die letztere Thatsache und der Umstand, dass die neugebildeten, kleineren Binnenkörper dann und wann sich an größere anlegen und mit ihnen ganz oder theilweise verschmelzen, hat zu der weitverbreiteten Annahme geführt, dass der ursprünglich in der Einzahl vorhandene Nucleolus die spätere Vielzahl der Nucleolen durch Selbsttheilung oder auch durch Abschnürung hervorbringe. Verschmelzungserscheinungen wurden irrthümlich für Theilungsvorgänge gehalten.

Zur weiteren Stütze der hier vertretenen Verschmelzungstheorie möchte ich merkwürdige, den Binnenkörpern sehr ähnlich gebildete Aggregate erwähnen, welche zwischen den Fäkalballen der Saccammina in großer Zahl vorzukommen pflegen. Sie sind meistens traubig zusammengelagert, stark lichtbrechend, und zeigen meist eine so deutliche Zusammensetzung aus einer dunkleren Außenmasse und einer

[1] Wie sollte man sonst die Verschiedenheit im Lichtbrechungsvermögen der Binnenkörper erklären.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

helleren stärker lichtbrechenden Innenmasse, dass ich lange im Zweifel war, ob die Außenmasse nicht eine Zellmembran bedeute, und ob die fraglichen Gebilde nicht etwa als schmarotzende Algen aufzufassen seien.

Diese Zweifel wurden vollständig dahin entschieden, dass es sich hier nur um mit einander verschmolzene Substanzen handeln konnte, als ich einmal einen vollständig regelmäßig ausgebildeten Ring fand, der aus derselben Substanz wie die zellähnlichen Bildungen bestand (Fig. 6 †). Eine Algenzelle konnte nie Ringgestalt annehmen, dagegen muss diese Gestalt sehr leicht zu Stande kommen, wenn winkelig an einander gelagerte aus einzelnen Tröpfchen bestehende zähflüssige Massen mit ihren freien Schenkeln zusammengerathen. Die Ringgestalt resultirt dann unmittelbar aus einer möglichsten Reduktion der Oberflächenspannung (vgl. Fig. 7 und deren Erklärung p. 363).

Wir sehen also, dass Substanzen, welche ganz dieselben Formgestaltungen aufweisen wie die betrachteten Binnenkörper, ohne jeden Zweifel aus Verschmelzungen hervorgegangen sein müssen; wir werden dieselbe Entstehung daher auch für die Binnenkörper selbst annehmen dürfen.

Entstehen aber die Binnenkörper wirklich auf die vermuthete Art und Weise, so müssen wir weiter den Schluss ziehen, dass die Binnenkörper keine morphologisch strukturirten Gebilde sein können. Ihre jeweilige Zusammensetzung ist vielmehr in hohem Grade dem Zufall oder, besser gesagt, den jedes Mal herrschenden Lagerungs- und Massenverhältnissen ihrer Komponenten preisgegeben.

Meiner Ansicht nach stellen sie Reservestoffe dar, die eben so wie die Dotterplättchen des Eies bei dessen Wachsthum, bei der weiteren Ausbildung des Kernes verbraucht werden.

Die Natur dieser Reservestoffe scheint aber sehr verschieden sein zu können; bei Saccammina nehmen die Binnenkörper in demselben Maße ab, als das Chromatin zunimmt; es dürfte hier also die schon von anderen Seiten ausgesprochene Ansicht, dass die Nucleolensubstanz in irgend welcher Beziehung zum Chromatin steht, als zutreffend angezogen werden. Doch kann allem Anscheine nach, wie gesagt, auch der Stoff zu anderen Kerntheilen gelegentlich in derselben Form aufgespeichert werden. Da es sich bei Entstehung der Binnenkörper um ganz allgemein gültige, physikalische Gesetze handelt, wie ich behaupten muss, so liegt nicht der geringste Grund vor, dass sich nicht gelegentlich sehr verschiedene Substanzen nach Binnenkörperart im Kern ablagern können.

Die Gesetze, welche die Entstehung der Binnenkörper veranlassen,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

könnten vielleicht folgendermaßen formulirt werden (vorausgesetzt, dass man den Kernsaft für eine mehr oder weniger flüssige Substanz hält und ihm nicht eine feste Konsistenz zuschreibt. Letzteres ist wohl so gut wie ausgeschlossen und meines Wissens noch nie behauptet worden).

1) Flüssige Substanzen von denselben oder sehr ähnlichen specifischen Eigenschaften müssen sich mit einander vereinigen, d.h. mit einander verschmelzen, wenn sie in anders gearteten, flüssigen Medien zusammentreffen

2) Es ist wahrscheinlich, dass Substanzen von denselben oder sehr ähnlichen specifischen Eigenschaften in anders gearteten flüssigen Medien zusammentreffen. Ihr specifisches Gewicht wird ihnen eine ganz bestimmte Lage in dem anders flüssigen Medium anweisen[1]. Diese bestimmte Lage, die alle Substanzen von derselben oder von sehr ähnlicher Konstitution einzunehmen suchen, wird flüssigen Massen in ausgiebigster Weise Gelegenheit zu Verschmelzungen geben. Festgewordene werden sich nur zusammenscharen.

Es ist hierbei die Einschränkung zu machen, dass den flüssigen Massen, die sich vereinigen sollen, keine Hindernisse in den Weg treten dürfen. Nun ist in der That in den Kernen der Saccammina, in den Kernen der Radiolarien und in denen der Gregarinen, welche alle große Übereinstimmung in ihrem Verhalten zeigen, zur Zeit, wo die Binnenkörper in großer Zahl auftreten, weder ein Chromatin- noch ein Liningerüst vorhanden. Die flockigen Massen, welche sich ohne irgend welche Stucktur zu zeigen, in dem Kernsafte finden, sind wohl als bei der Konservirung entstandene Gerinnungsprodukte (jedenfalls irgend einer im Kern enthaltenen Eiweißverbindung) aufzufassen. Ein die Vereinigung der gleichartigen Massen hemmendes Hindernis scheint

[1] Ich glaube nicht, dass der Kernsaft an allen Stellen dieselbe Dichte, resp. ein und dasselbe specifische Gewicht besitzt. Es werden in dem Kern, wenn auch nur um weniges, differente Druckverhältnisse herrschen, die sich mit seiner jeweiligen Thätigkeit in geringen Grenzen ändern werden; dabei werden die einzelnen Gebiete des Kernsaftes in verschiedener Weise von diesen Änderungen berührt werden; um ein Beispiel zu geben, die centralen Partien jedenfalls anders als die peripheren. Mit den Druckverhältnissen bez. den Dichtigkeiten muss sich aber auch das specifische Gewicht an den betreffenden Stellen ändern. Wäre das specifische Gewicht des Kernsaftes in all seinen Partien dasselbe, so müssten sich die Nucleolen da, wo sie in unseren Fällen durch kein Gerüst aufgehalten werden, entweder alle an der obersten Stelle des Kernsaftes, oder an seiner untersten von der Schwerkraft geleitet ansammeln, je nachdem ihr specifisches Gewicht geringer oder größer als dasjenige des Kernsaftes wäre. Das specifische Gewicht aller, den Kern zusammensetzenden, Bestandtheile wird im Großen und Ganzen wenig von einander abweichen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

also zur Zeit der wahrscheinlichen Entstehung der Binnenkörper nicht vorhanden.

Außer dem specifischen Gewicht und der Masse, welche als Vereinigungsfaktoren wirken, scheint aber der Kernsaft selbst Bewegungen vorzunehmen, welche der Vereinigung gleichartiger Substanzen weiteren Vorschub leisten müssen. Ich schließe dies aus den öfter vorkommenden Windungen und Umbiegungen, der zu längeren Strängen verschmolzenen Nucleolen (Fig. 28 *e*). Es ist eben in den herangezogenen Fällen keinerlei Gerüstwerk vorhanden, welches die Gestalt der erwähnten Stränge zu erklären vermöchte.

Dass die Annahme von Bewegungen im Kerne keine unerlaubte ist, beweist die Thatsache, dass selbst in solchen Kernen, welche durch die Ausbildung eines Gerüstwerkes bestimmtere, höher differenzirte Zustände vorstellen, eine Änderung in dem Verlauf dieses Gerüstwerkes und eine wechselnde Einbuchtung der Kernmembran intra vitam beobachtet ist[1], solche Änderungen müssen auch Verschiebungen des Kernsaftes mit sich bringen.

Eine Erklärung der hier vermutheten Bewegungen des Kerninhaltes kann zum Theil auf dem Ausgleich der im Kernlumen angenommenen verschiedenen Druckverhältnisse gegründet werden.

Auch in solchen Kernen, wo der Vereinigung der Binnenkörper durch die Anwesenheit eines Gerüstes Hemmnisse in die Bahn gelegt sind, wie bei vielen Keimzellen, werden die Einzelmassen den oben angeführten Gesetzen nachzukommen suchen. Es können desshalb auch in solchen Kernen ähnliche Binnenkörper auftreten, da durchaus nicht alle Einzelmassen an dem Gerüstwerk hängen bleiben müssen. Veränderungen in der Anordnung des Gerüstes müssen auch hier weiteren Vereinigungen von gleichartigen Massen Vorschub leisten.

Ich möchte nunmehr auf zwei weitere Fragen eingehen, welche sich hier, nach Besprechung der physikalischen Verhältnisse, anfügen lassen.

1) Müssen aus der Verschmelzung von kleineren Substanzmassen immer dieselben oder doch ähnlich gestaltete Gebilde hervorgehen, wie die seither beschriebenen?

2) Können nur chemisch gleichartige Stoffe miteinander im Kernraum verschmelzen?

[1] W. Flemming, Beiträge zur Kenntnis der Zelle. Theil I. p. 314—317. Archiv für mikr. Anatomie. Bd. XVI. — Prudden, Beobachtungen am lebenden Knorpel. Virchow's Archiv Bd. XV, 2. Heft. 1879. — W. Schleicher, Nouvelles communications sur la cellule cartilagineuse vivante. in: Bulletin de l'acad. royale de Belg. 1879. 2. Sér. Bd. XLVII. No. 6.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Beide Fragen müssen mit: »Nein« beantwortet werden. Das auf die erste Frage abgegebene Nein gründet sich auf folgende Überlegungen.

Es müssen nicht bloß solche Substanzen zur Vereinigung kommen, welche wie der seither besprochene Stoff der Binnenkörper nach unserer Annahme erst dünnflüssig, dann zähflüssig sind und schließlich erstarren; sondern auch solche, welche dünnflüssig sind und dünnflüssig bleiben; ferner solche, welche von Anfang an zähflüssig sind und in diesem Zustande verbleiben oder starr werden, und in letzter Reihe sogar möglicherweise Körper, die von Anfang an fest und starr sind, wenn es solche überhaupt im Kerne giebt. Die Gründe, welche zu ihrer Vereinigung führen werden, sind dieselben, die vorher genannt wurden. Eben so muss auch hier wieder die Voraussetzung erfüllt sein, dass sich dem Vereinigungsvorgang kein Hindernis in Gestalt irgend welchen Gerüstes oder sonst wie entgegensetzt.

Der Kernraum muss überallhin frei wegbar sein; man braucht desshalb aber keineswegs anzunehmen, dass der Kernsaft ein unorganisirtes, chemisches Gemisch sei, eben so wenig wie das Bildungsplasma in den telolecithalen Eiern dadurch zu einer unorganisirten Substanz wird, dass es aus allen Eipartien durch die schwereren Dottermassen nach dem oberen Eipole hin zusammengedrängt wird. Meiner Ansicht nach ist in den Kernzuständen, um die es sich hier handelt, gerade der Kernsaft der einzige sichtbare, organisirte Bestandtheil; das Chromatin, das wohl unbestrittenes Recht auf Organisation hat, tritt ja erst später auf oder wird wenigstens erst später nachweisbar, wenn die Binnenkörper an Zahl und Masse abnehmen.

Wenn sich nun dauernd dünnflüssige Substanzen — sie können dünnflüssiger als der Kernsaft selbst sein — oder auch dauernd zähflüssige mit einander vereinigen, so werden sie zu größeren Tropfen zusammenfließen und von der Kugelgestalt nicht abweichen, so lange sie nicht einem festeren Stoffe begegnen, dem sie sich nach späteren Erörterungen anlegen müssten. Man würde in diesem Falle jedoch, namentlich bei dünnflüssigen Substanzen, nicht von Binnenkörpern sondern von Vacuolen reden. Das Vorkommen von Vacuolen im Kern scheint keine sehr häufige Erscheinung zu sein. P. A. Loos[1] macht die Angabe, dass die Eiweißtröpfchen, welche in den Eileiterdrüsen der Amphibien gebildet werden, nicht bloß im Zellprotoplasma sondern auch im Zellkern vorkommen.

Bürger[2] theilt über die größeren Ganglienzellen der Nemertinen

[1] A. Loos, Über die Eiweißdrüsen im Eileiter der Amphibien und Vögel. Dissert. Leipzig 1881. p. 12, auch diese Zeitschr. Bd. XXXV.

[2] Otto Bürger, Untersuchungen über die Anatomie und Histologie der Nemertinen nebst Beiträgen zur Systematik. in: Diese Zeitschr. Bd. L. p. 113.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

einen ebenfalls hierher gehörigen Befund mit, den ich hier wörtlich anführen will, weil er für uns noch einmal später von Werth sein wird.

»Bei den meisten Formen kommt neben dem dunkel gefärbten einzigen Nucleolus noch ein größeres Bläschen von mattem Glanz und nur sehr schwach gefärbt zur Geltung (Fig. 8 u. 9 hier). Dasselbe liegt fast immer dicht neben dem Nucleolus und umfasst selbst denselben. Zuweilen sah ich auch viele kleine Bläschen um den Nucleolus gelagert oder an der Membran des Keimes kranzförmig angeordnet, in einem besonders großen lag alsdann der eigentliche Nucleolus« (Fig. 8, 9 *a*, *b*, *c*).

Ich möchte die Angaben Bürger's in dem Sinne für meine Theorie verwerthen, dass ich die zuletzt geschilderte, kranzförmige Anordnung von vielen kleinen Bläschen an der Kernmembran für das Ausgangsstadium der anderen Befunde halte, wo nur ein Bläschen dem Nucleolus anliegt. Letzteres wäre demnach aus dem Zusammenfluss der vielen kleinen Bläschen entstanden zu denken. Es scheint mir kein großes Wagnis, die Vermuthung auszusprechen, dass die kleinen Bläschen die Lagerung, in der Nähe der Kernmembran, ihrer Entstehung verdanken, sie dürften auf endosmotischem Wege durch die Kernmembran aus dem Zellraum her eingedrungen sein.

Ich könnte hier weiter ein Vorkommnis von mehreren Vacuolen in einem Kerne von Saccammina anführen, doch unterlasse ich es, weil der betreffende Kern möglicherweise erst durch die Konservirung seine Vacuolen erhalten hat. Die Befunde Bürger's scheinen mir durch die regelmäßige Lagerung der kleinen Bläschen im Kern Fig. 8 gegen eine Auffassung als Produkte von Konservirungsfehlern geschützt zu sein.

Wieder anders wie die ständig flüssigen Substanzen werden sich Massen verhalten, die schon bei ihrer ersten Bildung zähflüssig sind, eines dünnflüssigen Zustandes demnach ganz entbehren, und schnell erstarren. Diese werden sich gegenseitig nicht umfließen, sondern in günstigen Fällen nur mit einander verkleben und ihre beiderseitigen Kontouren zu einem gemeinsamen, den vorherigen Rechnung tragenden Kontour abrunden.

Die neue Gestaltung der verschmolzenen Substanzen muss auf dem Wege nach derjenigen Form liegen, welche die geringste Oberflächenspannung zeigt, also auf dem Wege nach der Kugelform. Wenn dieser Weg oft nur in seinen Anfängen durchlaufen wird, so ist die schnelle Erstarrung der verschmolzenen Massen hieran Schuld.

Für solche Binnenkörper, die aus zähflüssigen, schnell erstarrenden Massen zusammengeflossen sind, möchte ich die Binnenkörper ansprechen, die Richard Hertwig[1] in den Kernen von, in Alkohol gehärte-

[1] R. Hertwig, Zur Histologie der Radiolarien. Leipzig 1876.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ten, Thalassicolla nucleata vorgefunden hat. Die in merkwürdiger Weise bald L-förmig, bald gipfelartig, bald in Biskuitform auftretenden stark lichtbrechenden Binnenkörper (Fig. 10, 11 u. 20) haben eine so außerordentliche Ähnlichkeit mit den Kieselstäbchen[1], welche die Gehäuse einiger Süßwasserdifflugien, vor Allem die der Lecqueureusia (Difflugia) spiralis zusammensetzen, dass ich nicht bezweifle, ihre Ähnlichkeit beruhe auf der Ähnlichkeit der physikalischen Faktoren, welche bei ihrer jederseitigen Bildung mitgespielt haben, so sehr verschieden auch ihre chemische Zusammensetzung sein muss. Ich habe zum Vergleich mit den Binnenkörpern der Thalassicolla nucleata eine Auswahl der Stäbchen in Fig. 13 abgebildet. Jeder der Binnenkörper könnte seiner Form nach ohne Weiteres in ein Gehäuse von Lecqueureusia spiralis eingeordnet werden, ohne dass er selbst von einem Kenner als Fremdsubstanz in dem Gefüge wieder erkannt werden könnte (vgl. Fig. 13—16 mit Fig. 10, 11 u. 20). Nun habe ich in dem Weichkörper der Lecqueureusia mehrmals Stäbchen angetroffen, welche zweifellos aus Verschmelzung von kleineren Kieselportionen entstanden sein mussten, das sah man an Einschnürungen, welche sich in sehr verschiedener Tiefe und Ausbildung um die Stäbchen herumlegten. Von einer einfachen Berührung bis zur gänzlichen Verschmelzung der einzelnen Kieselportionen waren alle Übergänge aufzufinden (vgl. Fig. 13, 14 u. 15). Niemand wird diese Vorkommnisse in umgekehrter Folge als Theilungserscheinungen erklären wollen. Kieselsäure wird sich kaum aus sich selbst heraus zu theilen im Stande sein. Da die Kieselsäure vom Weichkörper abgeschieden wird, so ist überdies von vorn herein sehr wahrscheinlich, dass sie ursprünglich als ein flüssiges Silikat auftritt, dessen Aggregatzustand die Verschmelzungen ermöglicht. Überdies wurden auch hier vollständig ausgebildete Ringe aufgefunden, welche sich, wie ich oben gezeigt habe, sehr einfach als durch Verschmelzung mehrerer Stücke entstandene Vereinigungen erklären lassen.

Würden die Binnenkörper und Kieselstäbchen nicht sehr schnell erstarren, so müssten sie nothwendigerweise, wie ich bereits bemerkt habe, durch die Spannungsgesetze Kugelform annehmen, resp. die kugeligen Komplikationen zeigen, die ich für die Nucleolen der Saccammina angegeben habe. Anklänge hieran finden sich im Kerne der Fig. 12.

Auch dafür, dass sich von Anfang an feste Substanzen, zu einem mehr oder weniger festen Gefüge auf rein mechanischem Wege zu-

[1] Die Stäbchen widerstehen allen Säuren (Fluorwasserstoffsäure war jedoch in meine Versuche nicht eingeschlossen), allen Alkalien, und eben so der Rothgluthhitze.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sammenordnen können, kann ich einen Beleg anführen. Ich fand nämlich einige Male die Eisenkiesablagerungen, welche sich zuweilen im verwesenden Weichkörper der Foraminiferen bilden, in Gestalt von Nebeln innerhalb eines größeren durchscheinenden Tropfens auftreten, den ich für ein Derivat der verwesenden Sarcode halte (Taf. XVIII, Fig. 17). In den Gehäusen, die von dem zersetzten Weichkörper keine Reste mehr enthalten und nur mehr oder weniger von Eisenkies erfüllt sind, finden sich derartige fein vertheilte Eisenkiestheile nicht mehr, sondern der Eisenkies hat in ihnen die Gestalt mehr oder weniger vollendeter Kugeln angenommen, wenn er nicht zu einer Krystalldruse zusammengetreten ist. Diese Kugeln sind nicht fest, sie lassen sich unter dem Deckglas wieder in einzelne Theilchen zerdrücken, die an Größe ganz den kleinen, in dem Nebel zusammengescharten Eisenkiespartikelchen entsprechen. Mir scheint es unzweifelhaft, dass die größeren Kugeln aus einer rein mechanischen Aneinanderordnung der ursprünglich als nebelartiger Niederschlag auftretenden Eisenkiespartikelchen entstanden sind. Ich habe diesen Fall hier angeführt um zu zeigen, dass selbst solche Substanzen, die von Anfang an in fester Form auftreten, sich in flüssigen Medien unter normalen Verhältnissen zu einem Gefüge zusammenordnen können. Ob ähnliche Fälle innerhalb des Kernraumes bekannt werden mögen, ist nicht abzusehen, scheint mir aber nicht undenkbar.

Was die zweite Frage, ob auch chemisch verschiedene Stoffe zusammentreten können, anlangt, so muss sie ohne Weiteres bejaht werden. Die ganzen Vereinigungsvorgänge sind nach der seitherigen Auffassung rein mechanische Erscheinungen, bei denen die chemische Zusammensetzung[1] der sich vereinigenden Stoffe keinerlei Rolle spielt. Sie beruhen darauf, dass flüssige Substanzen zusammentreten, wenn sie mit einander in Berührung kommen und je nach ihren jeweiligen Aggregatzuständen die oben beschriebenen Formen annehmen müssen.

Die gestaltende Kraft der Vereinigungen ist in dem Bestreben der Flüssigkeiten zu suchen, diejenige Form anzunehmen, bei welcher ihre Oberfläche die geringste Spannung auszuhalten hat. Für Flüssigkeiten ist dies die Kugelform. Wenn diese Form nicht in allen Fällen erreicht wird, so beruht dies darauf, dass oft die vereinigten Massen auf ihrem Wege zur Kugelform erstarren. Kommen zähflüssige und dünnflüssige Substanzen mit einander in Berührung, so muss sich nothwendigerweise immer die dünnflüssige um die zähflüssige herumlegen, nie umgekehrt;

[1] Die chemische Zusammensetzung kann nur in so fern bei diesen Vorgängen mitwirken, als sie bestimmte physikalische Eigenschaften, specifisches Gewicht, Aggregatzustand etc. etc. zur Folge hat.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

dies wird selbst dann der Fall sein, wenn die dünnflüssige Masse die zähflüssige bedeutend an Menge überwiegt. Es gilt dies in gleicher Weise für die Vereinigung von verschiedenen Aggregatzuständen ein und desselben Körpers, wie es für den Zusammentritt chemisch verschiedener Stoffe gilt.

So hat sich das in den Kernen von Ganglienzellen der Nemertinen auftretende Bläschen allenthalben dem augenscheinlich dichteren Nucleolus angelagert (Fig. 8 und 9). Das Bläschen ist an der Berührungsstelle abgeplattet oder gar eingebuchtet. Der Grad derartiger Einbuchtungen oder Anschmiegungen, wie ich sie nennen möchte, wird ganz von der Kohäsionskraft der an einander getretenen Substanzen selbst, also auch von ihrem Aggregatzustande, und von der zwischen beiden Substanzen zur Wirkung kommenden Adhäsionskraft abhängen[1]. Dabei wird auch die dichtere Masse, sofern sie nicht fest ist, ihre Form im Sinne der angeschmiegten Masse mehr oder weniger ändern. Die Grade der Formänderung, welche zwei flüssige Massen bei ihrer Aneinanderlagerung erfahren, wird im Allgemeinen dem Grade ihres Flüssigkeitszustandes direkt, ihren Massen aber indirekt proportional sein. Als Kernkörperchen, welche zweifellos aus zwei verschiedenen Substanzen bestehen, führe ich die bekannten Beispiele der Eierstockskerne lamellibranchiater Mollusken an. In Fig. 18 ist die dunklere Partie als die dünnflüssigere aufzufassen, in Fig. 19 ist es die hellere. Es lässt sich nicht immer so klar wie bei den letzt herangezogenen Binnenkörpern entscheiden, ob die Masse, die sich in unterscheidbarer Weise an eine oder um eine andere herumgelagert hat, eine von der umlagerten verschiedene Substanz oder bloß einen anderen dünnflüssigeren Aggregatzustand der umlagerten Partie darstellt. So mögen die Binnenkörper von Thalassicolla nucleata (Fig. 12) nicht aus verschiedenen Substanzen, sondern aus verschiedenen Aggregatzuständen derselben Substanz ihren Ursprung genommen haben, es scheint mir dies dadurch wahrscheinlich, dass R. Hertwig andere Binnenkörper

[1] Dass Substanzen, welche so wenig Adhäsionskraft besitzen, wie z. B. das Quecksilber, innerhalb des Kernes vorkommen sollten, ist durchaus unwahrscheinlich. So viel ich weiß, steht das Quecksilber in dieser Eigenschaft unter allen bekannten Stoffen ziemlich isolirt da. Quecksilber würde sich trotz seiner Dünnflüssigkeit nie um festere Substanzen herumlegen, sondern sich stets von ihnen zu entfernen suchen, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man in einen größeren Quecksilbertropfen mit irgend einem spitzen Instrument, etwa einer Glasnadel hineinsticht. Der Tropfen fließt dann von der Glasnadel weg, bis sich ihre Spitze außerhalb des Tropfens befindet. Gäbe es solche Substanzen im Kerne, so würden für diese unsere Erörterungen nicht gelten, sie würden sich nur unter einander vereinigen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

derselben Form abbildet, die allem Anschein nach nur aus einem Stoff bestehen. R. Hertwig glaubt, dass die oben citirten Formen der Nucleolen, welche so große Ähnlichkeit mit den Lecqueureusia-Stäbchen besitzen, möglicherweise erst durch die Wirkung des Alkohols zu Stande gekommen seien. Ich halte diese Auslegung für sehr berechtigt, wenn auch, eben so wie R. Hertwig, nicht für unbedingt nothwendig. In jugendlicheren lebenden Kernen fand R. Hertwig einen verzweigten Binnenkörper von scheinbar flüssiger Konsistenz, in welchen kleinere, stärker lichtbrechende (also wohl zähflüssigere) Kügelchen eingelagert waren (Fig. 21). Nun ist es wohl denkbar, dass bei dem Zusatze des zum Zwecke der Konservirung verwendeten Alkohols, die zähflüssigen Tröpfchen sich plötzlicher als sonst vereinigt haben (etwa dadurch, dass sie durch Wasserverlust dichter wurden) und eben so schneller erstarrten als unter ihren normalen Lebensverhältnissen, unter denen sie vor ihrer Erstarrung Zeit genug haben, sich zu vollkommenen Kugeln umzuwandeln (vgl. Fig. 12). Die ursprüngliche Grundmasse, welche aus kleineren, noch nicht lange entstandenen Tröpfchen zusammengeflossen sein wird, musste sich als Außenmasse um die zäh vereinigten Tröpfchen herumlegen, weil sie, ihrer Jugend entsprechend, dünnflüssiger war als jene[1]. So kann der Alkohol hier ein Stadium festgehalten haben, das im Leben so rasch verläuft, dass es kaum als solches aufgefasst werden kann. Zähflüssige Massen (der Alkohol hat sonst leichtflüssige Substanzen in zähflüssige umgewandelt) zeigen Verschmelzungsstadien, die bei dünnflüssigen momentan verlaufen.

Man kann sich die seither geschilderten Verschmelzungskörper auf sehr leichte Weise künstlich herstellen. Ich verwendete zu diesem Zwecke eine leichtflüssige Wachskomposition (eine vorräthige Injektionsmasse, deren Zusammensetzung ich leider nicht ermitteln konnte); doch erhält man auch mit gewöhnlichem Wachs zum Theil recht gute Resultate. Ein kleines Stückchen dieser Wachskomposition wurde in einem Reagensgläschen mit Wasser bis zu heftigem Aufkochen erhitzt — durch das Kochen wird die Wachsmasse in kleinen Portionen innerhalb des Wassers vertheilt — dann wurde das kochende Wasser mit dem flüssigen Wachs in ein kleines Glasgefäß geschüttet, das un-

[1] Die verzweigte Form des jugendlichen Binnenkörpers (Fig. 21) dürfte darauf zurückzuführen sein, dass er erst kürzlich aus Verschmelzung mehrerer Einzelmassen entstanden sei; oder man müsste annehmen, es seien Widerstände im Kernplasma vorhanden gewesen, die seiner Abrundung zur Kugelgestalt entgegengearbeitet hätten. In letzterem Falle hätte er sich jedenfalls in mehrere Stücke zertheilt, denn das Bestreben nach Verminderung der Oberflächenspannung hätte die einzelnen Aststücke zur kugeligen Kontraktion treiben müssen. In Fig. 11 u. 12 sind in der That mehrere Binnenkörper im Kern vertheilt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

gefähr eben so viel kaltes Wasser enthielt und zur völligen Ausbreitung der Wachsmasse groß genug war. Hierdurch erkaltet auch das kochende Wasser allmählich und bringt das Wachs zum Erstarren. Ist der Versuch gut gelungen — er gelingt sehr leicht — so wird man keine der hier erwähnten Verschmelzungskörper vermissen, weder die zweischichtigen Formen, noch die traubigen, weder irgend eine Variation der Stäbchen, noch die Formen mit unvollständiger Umschließung der Innenmasse, d. h. mit einer Öffnung in der Außenschicht; selbst die Ringform kommt hin und wieder zur klaren Ausbildung. Die Stäbchenformen finden sich in der Regel da, wo das Wachs zu einer äußerst feinen Haut zusammengetreten ist, dieser Haut aufgelagert. Die Wachsmasse ist zu leichtflüssig, um häufiger im freischwebenden Zustand zu Stäbchenformen zu verschmelzen. Da aber, wo die kleinen Wachsperlchen der feinen Haut angeklebt sind, wird ihre Vereinigung verlangsamt, die Wachshaut sucht sie festzuhalten; so kommen Erscheinungen zu Stande, wie sie sonst, in freibeweglichem Zustande, nur zähflüssige Substanzen hervorzubringen vermögen, so kommen, kurz gesagt, die Stäbchenformen zur Ausbildung.

Bei diesen Experimenten kommt es häufiger vor, dass Luftblasen in die kleinen Wachskugeln eingeschlossen werden. Das widerspricht unserer früher aufgestellten Behauptung, dass sich dichtere Medien nicht um dünnere herumlegen können, sondern nur die dünneren um die dichteren. Die scheinbare Ausnahme wird dadurch hervorgerufen, dass bei dem Kochen viel gewaltsamere Vorgänge Platz greifen, als bei einem einfachen Zusammentreten zweier Substanzen jemals auftreten können. Die kleinen Luftbläschen werden in die flüssige Wachsmasse hineingeschleudert; sind sie einmal in ihnen, so können sie nicht wieder heraus. Die Oberflächenspannung des Wachstropfens widersetzt sich ihrem Austritte. Wäre der Vorgang des Zusammentritts von Luft und Wachs ohne Gewaltmittel vor sich gegangen, so hätte sich immer nur die Luft um das Wachs herumlegen können, nie umgekehrt.

Kommt es auf Erzeugung der Stäbchenformen nicht an, so erreicht man die verschiedenen kugeligen Formen der Binnenkörper noch leichter, wenn man statt des Wassers eine 1—2%ige Gelatinelösung als Kochmittel des Wachses benutzt. Hierbei scheidet sich die ganze Wachsmasse in kleinste Kugeln verschiedener Komposition.

Will man sich die Entstehung der Stäbchenbildungen veranschaulichen, so lasse man einige Tropfen Kollodium an freier Luft auf einem Objektträger erstarren. Dann wähle man sich einen Tropfen aus, der bei seinem Festwerden Luftbläschen in sich eingeschlossen hat. Übergießt man nunmehr die noch nicht ganz hart gewordene Kol-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

lodiummasse mit Wasser und beobachtet den Raum der Luftblase bei schwacher oder mittlerer Vergrößerung[1] unter dem Mikroskop, so wird man bald kleinste Wassertröpfchen in den Luftblasenraum eintreten sehen. Das Wasser diffundirt durch die Wand des Kollodiumtropfens und sammelt sich in dem Raum an, welchen die Luftblase geschaffen hat. Dabei kleben die Wassertröpfchen der Wand des Hohlraumes an und kommen desshalb wieder langsamer zur Vereinigung (gerade wie vorher die Wachströpfchen auf der Wachshaut) als freischwebende Tröpfchen des dünnflüssigen Wassers es thun würden. Der Vorgang ist sehr leicht in Scene zu setzen, die Verschmelzungsbilder können den Stäbchen der Lecqueureusia und den Binnenkörpern der Thalassicolla völlig gleich sein.

Ich habe die vorstehenden Experimente erst angestellt, als ich die Entstehung der Binnenkörper in der vorgetragenen Form im Manuskript dem Wortlaute nach schon festgelegt hatte. Sie sollten den Prüfstein für meine Auffassung abgeben und haben mich, wie vorauszusehen war, nicht im Stich gelassen. So verschieden auch die Bedingungen im Einzelnen sein mögen, welche bei Entstehung der Binnenkörper und bei der Bildung der Wachskügelchen mitspielen, eins scheint mir aus den Versuchen klar hervorzugehen, dass nämlich jede geschilderte Form der Binnenkörper sich durch die Annahme erklären lässt, dass langsam oder rascher erstarrende Massen zur Vereinigung gekommen sind, wie denn die entstandenen Wachsmassen die Binnenkörper nachgebildet haben.

Wie soll man sich das erste Auftreten und die allmähliche Erstarrung der Nucleolen vorstellen?

Hierüber kann Bestimmtes nicht gesagt werden, da wir über die chemische Zusammensetzung der Binnenkörper noch zu sehr im Unsicheren sind.

Man könnte sich den Vorgang als eine Abscheidung aus einer Mutterlauge vorstellen, müsste dann aber den Binnenkörpern krystalloide Eigenschaften zuschreiben und den Kernsaft für eine gesättigte Lösung der Binnenkörpersubstanz halten. Der Kernsaft könnte neben dieser Lösung noch sehr viel andere Stoffe enthalten. Es lässt sich aber die Binnenkörpersubstanz überhaupt nur sehr vorübergehend auf gewissen Stadien der Mitose von Keimzellen im Kernsafte nachweisen. Hiermit würde eine Auffassung der Abscheidungsvorgänge im erörterten Sinne auf allzu schwachen Füßen stehen, um für eine Theorie verwerthet werden zu können, zumal sie auch in keiner Weise die allmähliche Erstarrung der ausgeschiedenen Stoffe zu erklären im Stande wäre.

[1] Auch die Wachskügelchen müssen mit diesen Vergrößerungen betrachtet werden.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Wahrscheinlicher ist es, dass die Binnenkörpersubstanz im Kernplasma erst dann erzeugt wird, wenn sie in kleinen Tröpfchen auftritt, ihre Erstarrung müsste dann auf die Thätigkeit einer besonderen Substanz zurückgeführt werden. Man kann sich die Vorgänge durch die Anwesenheit zweier Substanzen im Kernsafte, erstens einer Substanz, welche die Binnenkörper löst, und zweitens einer solchen, welche sie erstarren macht, recht gut erklären. Beide Substanzen scheinen ein inniges Gemenge zu bilden, und zwar ein Gemenge das nach einem gesetzmäßig bestimmten Mischungsverhältnis der beiden Substanzen strebt, so dass immer die vorwiegende Substanz so zu sagen auf der Suche nach der anderen ist. Das Mischungsverhältnis nenne ich Mischungsoptimum. Bei jeder Trennung der Substanzen werden sie daher wieder zur Vereinigung zu gelangen suchen. So mag es kommen, dass die lösende Substanz, welche den eben, irgendwie erzeugten Binnenkörperstoff immer sofort aufnimmt, nachträglich von dem starrmachenden Stoffe aus der Binnenkörpersubstanz wieder ausgezogen wird[1]. Die angenommenen Verhältnisse sind weit einfacher, als sie auf den ersten Blick hin scheinen; dieselben Vorgänge finden sich z. B. bei jedem Austrocknungsvorgange an freier Luft. Das Wasser vertritt in solchen Fällen das lösende Medium, die Luft das starrmachende; das Mischungsoptimum von Luft und Wasser liegt vor dem Sättigungspunkte beider Medien. So müssen die Binnenkörper auf dem Wege einer allmählichen Erstarrung zur Ausscheidung kommen, gemäß der schrittweisen Abnahme der lösenden Substanz, welche von der starrmachenden Substanz aus ihnen ausgezogen wird.

Die allmähliche Erstarrung der Binnenkörper auf eine Temperaturverringerung zurückzuführen, wie sie die Ursache für die Erstarrung der Wachsmasse ist, scheint mir nicht zulässig. Doch können bei dem Erstarrungsprocess auch ganz andere Vorgänge vorliegen, deren Erklärung der Chemie oder der Molekularphysik zuzuweisen wäre und die aus einander zu setzen ich mich nicht berufen fühle. Ich möchte aber daran erinnern, dass ja auch die Protoplasmaabscheidung bei Bildung des Primordialschlauches der Pflanzen ein allmähliches Festerwerden erkennen lässt, wie sehr die spätere Rigidität der Zellmembran auch erst sekundär, durch nachträgliche Einlagerungen, hervorgerufen worden sein mag.

Es wäre nunmehr zu erörtern, ob alle Gebilde, welche man bislang als Nucleolen bezeichnet hat, auf dieselbe Weise durch Verschmelzung aus kleineren Massen entstanden zu denken

[1] Dabei muss auch eine stufenweise Zunahme der beiden einander entgegenwirkenden Zellsaftsubstanzen angenommen werden.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sind. Das ist schwer zu entscheiden. Zwar scheint mir die fixirte Anzahl der Nucleolen in den meisten Gewebezellen der Metazoen, die als Gegenbeweis angeführt werden könnte, nicht absolut gegen eine ähnliche Entstehung zu sprechen, da man sehr wohl annehmen könnte, dass die Bildungsherde der kleinen Nucleolenpartikelchen in einem oder doch nur in wenigen Gebieten des Kernraumes lokalisirt wären und so nahe bei einander lägen, dass jedes neugebildete Tröpfchen sofort an die bereits vorhandene Hauptmasse anschießen würde. Man müsste dann aber annehmen, dass der Nucleolus in den betreffenden Zellen immer im flüssigen Zustand verharre, weil sonst die neu hinzugeflossenen Partien sich in irgend einer Weise kenntlich machen müssten und sicher von ein oder der anderen Seite schon beobachtet worden wären. Nun scheint aber der Nucleolus in den Gewebezellen der Metazoen in den meisten Fällen ein festes Gebilde zu sein. Immerhin kann die Frage nicht endgültig verneint werden, da eine andersartige Entstehung der Nucleolen, wie oben schon gesagt wurde, bei dem allgemein gleichen Verhalten, welches sie mit den hier besprochenen Binnenkörpern während der Karyokinese gemein haben, nicht leicht verständlich wäre.

Es steht weiterhin kaum zu bezweifeln, dass selbst dann, wenn ein Unterschied zwischen Nucleolen und Binnenkörper existirt, die Binnenkörper auch hier und da in den Kernen von Gewebezellen auftreten. Es darf dies keineswegs verwundern, da nach meiner Auffassung der Begriff »Binnenkörper« ein eben so allgemeiner ist wie z. B. der Begriff »Vacuole«. Mit letzterem Ausdrucke wird nicht das Geringste über die chemische Eigenart des in der Vacuole enthaltenen Stoffes ausgesagt; er zeigt nur an, dass in einem dichteren Medium ein dünneres in Tropfenform eingelagert ist. Eben so soll der Begriff »Binnenkörper« nach meiner Anschauung nur das zum Ausdruck bringen, dass festere Körper in ein dünnflüssigeres Medium, speciell in die Kernflüssigkeit, eingelagert sind. Vacuolen und Binnenkörper dürften das mit einander gemeinsam haben, dass sie beide aus Zusammentreten von kleineren Substanzportionen entstanden zu denken sind — von den pulsirenden Vacuolen vieler Protozoen ist dies Zusammentreten ja zur Genüge bekannt — sie dürften sich aber beide darin von einander unterscheiden, dass beide bei ihrer Entstehung flüssig, die Vacuolen auch späterhin flüssig bleiben, während die Binnenkörper zu einer festen oder gallertigen oder wenigstens nicht frei beweglichen Masse erstarren. Es liegt somit kein Grund vor, warum die Gewebezellen nicht eben so gut wie die Eizellen gelegentlich Binnenkörper in ihren Kernen zur Ablagerung bringen sollten. Wenn also ein Unterschied zwischen echten Nucleolen und Binnenkörpern gemacht werden

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

muss, so darf hierbei nicht vergessen werden, dass sie beide möglicherweise neben einander vorkommen können, dass aber echte Nucleolen weder bei allen Protozoen noch bei den Keimbläschen bis jetzt nachgewiesen sind, sondern dass beide Zellarten meist bloß Binnenkörper enthalten; wie denn auch Oskar Hertwig[1] in seinem neuen Buche über die Zelle die Keimflecke der Eier als Nucleïnkörper von den Gewebezell-Nucleolen unterschieden hat.

Es liegen schon mehrere Beobachtungen bez. Vermuthungen vor, die für Ei- und Gewebezellen eine Entstehung der sogenannten Nucleolen, unserer Binnenkörper, durch Konfluenz wahrscheinlich machen. Zuerst hat Pflüger wohl die Entstehung des Keimfleckes (Nucleolus der späteren Autoren) aus einem sich verdichtenden Niederschlag im Keimbläschen der Säugethiere beobachtet[2]. Da es sich aber bei dieser älteren Beobachtung um Absterbungserscheinungen handeln kann, so ist auf diese Angabe nicht allzuviel Werth zu legen. Später hat v. La Valette St. George[3] für die Isopoden angegeben, dass man mit großer Klarheit die Entstehung des Keimflecks vom Körnerhaufen bis zu massiven Klumpen verfolgen könne. Die Beobachtung ist möglicherweise an frischem Material gemacht worden, da an der betreffenden Stelle von Konservirung nirgends die Rede ist.

Auerbach[4] vermuthet die erste Entstehung der Nucleolen in den Furchungszellen des Froscheies aus centralen, mehr oder weniger ausgedehnten, wolkigen Trübungen. »Gewöhnlich ist diese Trübung im Centrum am deutlichsten und verliert sich nach der Peripherie hin ins Unbestimmte, ist jedoch zuweilen bis über die Mitte des Kernradius hin zu verfolgen. Je kleiner sie ist, desto mehr markirt sich im Centrum eine auffallend dunkle Stelle, ein unbestimmt begrenzter und von einem kleinen wolkigen Hofe umgebener Nucleolus. Danach ist wohl das Material des Nucleolus nicht ein an Ort und Stelle, d. h. im Centrum durch Umbildung der Kernsubstanz gewonnenes. Vielmehr sprechen die beschriebenen Erscheinungen dafür, dass von allen Seiten her sehr feine Körnchen nach dem Centrum hin streben, um hier zum Nucleolus zusammenzutreten« (loc. cit. p. 83).

Derselbe Autor giebt eine Verschmelzug der Nucleolen in den Kernen der Fettkörperzellen von Fliegenlarven an. Er leitet aber anfänglich die Nucleolen durch Theilung von einander ab; er wurde hierzu

[1] Oskar Hertwig, Die Zelle und die Gewebe. Jena 1892. 1. Buch. p. 42.

[2] Pflüger, Über die Eierstöcke der Säugethiere und des Menschen. Leipzig 1863. p. 52 u. 109.

[3] La Valette St. George, Über den Keimfleck und die Deutung der Eitheile. Archiv für mikrosk. Anatomie. Bd. II. p. 59. 1866.

[4] L. Auerbach, Organologische Studien. 1. Heft. Breslau 1874.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

durch Bilder bewogen, welche ich in umgekehrter Reihenfolge als Verschmelzungserscheinungen deuten würde.

Auch in neuerer Zeit sind Angaben über Verschmelzung von Binnenkörpern nicht ausgeblieben. Ich nenne hier Pfitzner[1], welcher mit vollem Rechte darauf hinweist, dass die Bilder, welche seither als Theilungserscheinungen der Nucleolen aufgefasst worden sind, eben so gut Verschmelzungsvorgängen ihren Ursprung verdanken können, und welcher triftige Gründe für die Verschmelzung ins Feld führt. Es handelt sich um die Kerne des Ektoderms von Hydra grisea: »In einem gewissen Stadium, wo die Nucleolenbildung beginnt, ist eine ganze Anzahl vorhanden; je mehr sich der Tochterkern dem Ruhestadium nähert, desto mehr vermindert sich die Zahl unter gleichzeitiger bedeutender Größenzunahme der übrig gebliebenen, bis für das ausgesprochenste Ruhestadium das Vorhandensein eines einzigen großen central gelegenen Nucleolus geradezu typisch wird.«

Strassburger[2] giebt Nucleolenverschmelzung im Wandbeleg des Embryosackes von Galanthus nivalis an.

Korschelt[3] sieht sich durch seine Befunde bei Epeira diademata veranlasst, anzunehmen, »dass sich kleinere im Kern befindliche Körper schließlich zu größeren und endlich wohl zu einem umfangreichen Kernkörper vereinigen«.

Eben so hat Brauer[4] für die Binnenkörper im reiferen Keimbläschen der Hydra grisea eine Entstehung aus Zusammenfluss von kleineren Theilchen vermuthet. Wer die Abbildungen der verschieden großen Keimbläschen, welche bei derselben Vergrößerung dargestellt und hier in Figg. 22 *a*—*d* wiedergegeben sind, mit einander vergleicht, wird dieser Vermuthung volle Berechtigung einräumen müssen.

Schließlich ist noch Häcker[5] zu nennen, welcher die Vermuthung ausspricht, dass der Nucleolus im Urei von Canthocamptus aus Zusammenballung einer blassgefärbten Masse entstanden sei. Von allen diesen Angaben ist aber die bereits oben citirte (cf. p. 330) von

[1] W. Pfitzner, Beiträge zur Lehre vom Bau des Zellkerns und seinen Theilungserscheinungen. Archiv für mikr. Anat. Bd. XXII. p. 623. 1883.

[2] E. Strassburger, Die Kontroversen der indirekten Kerntheilung. Archiv für mikr. Anat. Bd. XXIII. p. 265. 1884.

[3] E. Korschelt, Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Zellkerns. in: Zool. Jahrbücher. Zeitschrift für Anatomie und Ontogenie der Thiere (Spengel). Bd. IV. 1889. (p. 57, 59 u. 110.)

[4] August Brauer, Über die Entwicklung von Hydra. Diese Zeitschr. Bd. LII. p. 181. 1891.

[5] V. Häcker, Die Eibildung bei Cyclops und Canthocamptus. Zool. Jahrb. (Spengel). Bd. V. 1892. p. 215.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Schneider für uns desshalb am wichtigsten, weil Schneider die Verschmelzung von wolkenartigen Anhäufungen im Kern der Gregarine Actinocephalus am lebenden Thier direkt beobachtet hat. Dass also Binnenkörper auf die von mir vertretene Art und Weise entstehen können, ist durchaus sicher; es fragt sich nur, ob viele oder alle Binnenkörper auf dieselbe Weise ihren Ursprung nehmen.

Von botanischer Seite liegt ebenfalls eine Beobachtung der Verschmelzung zweier Nucleolen vor. E. Zacharias[1] beobachtete in lebenden Charazellen Verschmelzungen zweier Stücke zu einem Nucleolus. Ein solcher aus zwei Stücken zusammengetretener Kernkörper zeigte nach vierzehn Stunden eine eigenthümliche Erscheinung; er wechselte nämlich seine Gestalt, bildete unregelmäßige Fortsätze, nahm dann eine langgezogene Form an mit reich verzweigten Fortsätzen und zerfiel schließlich in einzelne unregelmäßige Theile.

Diese Mittheilungen über Bewegungen von Nucleolen sind nicht die einzigen, die in der heutigen Litteratur vorliegen.

Des Weiteren sind nämlich Bewegungen der Binnenkörper angegeben, bezüglich aus der verschiedenen Gestaltung derselben erschlossen worden von: v. La Valette St. George[2] für Geschlechtszellen der Libellenlarven, von A. Brandt[3, 4] für die Eizellen von Insekten, Spinnen, Myriopoden, Distomeen und Nematoden, von Eimer[5] für die Eier des Wels und des Karpfen, von O. Hertwig[6] für die Eier des Frosches und für die Eierstockseier von Pterotrachea, von Kultschitzky[7] für die Eier von Ascaris marginata.

Ich bin überzeugt, dass sich bei sorgsamem Suchen noch eine beträchtlich größere Zahl solcher Angaben finden würden; ich stehe aber von einer Vervollständigung des Litteraturregisters ab, weil ich glaube, dass die aufgeführten Mittheilungen vollkommen ausreichen werden,

[1] E. Zacharias, Über den Nucleolus. Botanische Zeitung. 43. Jahrg. 1885. p. 291.

[2] v. La Valette St. George, Über den Keimfleck und die Deutung der Eitheile. Archiv für mikr. Anat. Bd. II. 1866.

[3] A. Brandt, Über aktive Formveränderungen des Kernkörperchens. Archiv für mikr. Anat. Bd. X. 1874. p. 508.

[4] Derselbe, Über das Ei und seine Bildungsstätte. Ein vergl.-morphol. Versuch mit Zugrundelegung des Insekteneies. Leipzig 1878.

[5] Th. Eimer, Über amöboide Bewegungen des Kernkörperchens. Archiv für mikr. Anat. Bd. XI. 1875.

[6] O. Hertwig, Beiträge zur Kenntnis der Bildung u. Theilung des thierischen Eies. in: Morphol. Jahrb. Bd. I. 1876.

[7] N. Kultschitzky, Über die Eireifung und die Befruchtungsvorgänge bei Ascaris marginata. Archiv für mikr. Anat. Bd. XXXII. p. 674.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

um außer Frage zu stellen, dass die Binnenkörper vieler Eier mannigfache Formveränderungen zeigen.

Stehen aber solche Bewegungen mit der Verschmelzungstheorie nicht in direktem Widerspruch? Wenn die Binnenkörper Bewegungen auszuführen im Stande sind, so müssen sie, so sollte man glauben, bestimmt gebaute Organe sein mit kontraktilen oder anderen Elementen, welche Bewegungen hervorbringen können; als eine bloße Aufeinanderhäufung einer in sich leblosen Substanz scheinen sie danach nicht aufgefasst werden zu dürfen. Unter den Mittheilungen von Binnenkörperbewegungen finden wir auch den Namen v. La Valette St. George's wieder. Es ist derselbe, der mit als Erster die Entstehung der Binnenkörper aus der Vereinigung kleinerer Theilchen behauptet hat. Es muss daraus schon geschlossen werden, dass sich die beobachteten Bewegungsvorgänge der Binnenkörper mit ihrer Entstehung aus kleineren Theilchen in Zusammenhang bringen lassen müssen; und in der That scheint mir das gar nicht so schwer zu sein. Wenn wir annehmen, dass ein Binnenkörper zur Beobachtung kommt, der, selber zähflüssig, kurz zuvor eine zähflüssige Anlagerung aufgenommen hat, so wird zuerst eine Form entstehen, die einer der oben geschilderten Formen von Thalassicolla nucleata (Fig. 10, 11) sehr ähnlich sein wird, diese Form wird sich dann aber nach unseren früheren Erörterungen zu einer Kugel abrunden[1] (vorausgesetzt, dass sie auf diesem Wege nicht erstarrt, in welchem Falle sie eine mehr ellipsoide Gestaltung festhalten würde). Es wäre somit eine Gestaltveränderung des Binnenkörpers gegeben, die sehr wohl einen Theil der beobachteten Bewegungserscheinungen erklären würde; sie könnte dem Einziehen der lappigen Pseudopodien einer Amöbe verglichen werden. Da nun der Zusammentritt von Binnenkörpertheilchen aller Voraussicht nach sehr schnell vor sich gehen, ihre Verschmelzung aber, ihrem zähflüssigen Zustande gemäß, sehr viel langsamer verlaufen wird, so wäre es auch zu erklären, warum der Verschmelzungsvorgang zur Beobachtung gekommen ist, nicht aber der Zusammentritt der Binnentropfen. Das Ausschieben von Lappen und Fortsätzen, wie es Eimer[2] bei Binnenkörpern der Eier von Wels und Karpfen beobachtet hat, ließe sich auf diese Weise allerdings nicht erklären. Aber auch diese Angabe dürfte meine Theorie nicht zerschlagen. Ich glaube diese Erscheinung auf zweierlei Weise erklären zu können. Die Bewegungen setzen von

[1] Auf diese Weise scheint mir ganz zweifellos die von v. La Valette St. George intra vitam beobachtete Nucleolenbewegung im Keimbläschen einer Libellenlarve zu erklären zu sein. Vgl. Über den Keimfleck etc. l. c. Taf. IV, Fig. 2 *a*, *b* u. *c*.

[2] Archiv für mikr. Anat. Bd. XI. p. 325.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

vorn herein voraus, dass der Binnenkörper in dem betrachteten Falle keine starre Masse war, sondern sich in flüssigem oder zähflüssigem Zustande befand. Die Bewegungen des Binnenkörpers können also recht wohl passive gewesen sein, die von Verschiebungen im Kernsafte herrührten. Es bleibt aber außer dieser Erklärung noch eine andere übrig; es kann sich nämlich bei diesen Erscheinungen um Auflösungsvorgänge handeln.

Betrachten wir diese Auflösungsvorgänge von vorn herein von einem allgemeinen Standpunkte aus.

Wenn die Binnenkörper, wie ich mit vielen anderen Forschern im Einklang überzeugt bin, keine Organe des Zellkernes, sondern bloß einen vom Kern auf irgend eine Weise erzeugten, in sich selbst leblosen Stoff darstellen, der sich in mehr oder weniger vollständiger Weise zu einzelnen Portionen zusammengruppirt, so fragt es sich weiter, ob diese Anhäufungen etwa Nebenprodukte des im Kerne vor sich gehenden Stoffwechsels vorstellen, als solche zwecklos sind und nicht weiter verwerthet werden, oder ob ihnen im Kernleben eine weitere Aufgabe gestellt wird. Die erste Möglichkeit bedarf kaum der Diskussion; einmal ist es sehr unwahrscheinlich, dass ein, ohne Frage so überaus wichtiges Organ, wie der Zellkern, mit störendem Ballast beschwert werde — die Natur hätte wohl einen Weg gefunden, derartige Substanzen ohne Störungen für die Kernfunktionen nach außen zu schaffen —, dann aber steht die Substanz der Binnenkörper vielfach in einer so auffälligen Wechselbeziehung zu der Menge des im Kern auftretenden Chromatins (mit der Zunahme des letzteren schwinden die Binnenkörper mehr und mehr), dass man sehr oft auf eine Wechselbeziehung zwischen Chromatin und Binnenkörper schließen darf. Diese Wechselbeziehungen brauchen keine direkte zu sein, derart, dass etwa aus den Binnenkörpern sich ohne Zwischenstufen Chromatin bilde, sondern sie können durch mehrere, wenn nicht vielleicht durch viele Zwischenvorgänge mit einander in Verbindung[1] stehen. Wie dem aber auch sei, immer ergiebt sich hieraus für die Binnenkörper eine wichtige, wenn auch jedenfalls passive Rolle für die wechselnden Lebensaufgaben des Zellkerns.

Es ist nun sehr wahrscheinlich, dass ein starrer strukturloser

[1] W. Stanley Marshall macht in seiner jüngst erschienenen Arbeit: Beiträge zur Kenntnis der Gregarinen (in: Archiv für Naturgesch. von Wiegmann. 59. Jahrg. p. 25—44) die Angabe, dass die Nucleolen direkt in eine Anzahl Stücke chromatischer Substanz zerfallen. Diese Auslegung der von Marshall abgebildeten Befunde (l. c. Taf. II, Fig. 9) scheint mir etwas bedenklich, da nach unserer heutigen Auffassung des Chromatins als Vererbungssubstanz Chromatin nur von Chromatin stammen kann. Ich erkläre mir den citirten Fall als eine Auflösungserscheinung des Nucleolus, wie ich sie später beschreiben werde.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Körper erst in Lösung übergeführt werden muss, wenn er in die physiologischen Thätigkeiten des Kerns eingreifen soll. Wir wissen nun in der That, wie allgemein bekannt ist, dass die Binnenkörper auf gewissen Stadien der Karyokinese gänzlich fehlen, während sie vor diesen Stadien eben so regelmäßig vorhanden sind. Ihr Verschwinden muss ihrer Auflösung zugeschrieben werden; zwar konnte letztgenannter Vorgang noch nicht in allen Details beobachtet werden, doch weisen die Veränderungen, welche man zu den betreffenden Zeiten vor dem Verschwinden an den Binnenkörpern beobachtet hat, mit großer Bestimmtheit auf ein solches Schicksal der Binnenkörper hin.

Die Auflösung der Binnenkörper muss nach unserer Annahme von zwei, im Kernsaft enthaltenen, sich gegen die Binnenkörper konträr verhaltenden Substanzen, auf eine Überschreitung des angestrebten Mischungsoptimums von Seiten der lösenden Substanz zurückgeführt werden. Diese Überschreitung kann sich in zweierlei Weise äußern; einmal kann sie sich einfach dadurch kund geben, dass jetzt die starr machende Substanz nur leichter die lösende ablässt als früher, ehe das Optimum überschritten worden war. Die lösende Substanz kann hierbei immer noch sehr regelmäßig in der starr machenden Substanz vertheilt sein. Ein ander Mal wird sich aber die lösende Substanz an einzelnen Stellen des Kernsaftes besonders ansammeln, es wird eine Übersättigungserscheinung eintreten, wie sie etwa überschüssiger Wasserdampf darbietet, der sich in der Luft zu Regentropfen ansammelt. Die erste Erscheinung wird als Vorstufe der letzteren angesehen werden müssen. Wenn sie bei der Auflösung vieler Binnenkörper nicht in die zweite übergeht, so wird dies daher rühren, dass jeder abgebbare Überschuss an lösender Substanz sofort durch die Binnenkörper in Anspruch genommen wird. Die zweite Erscheinung einer ungleichen Vertheilung und stellenweise Ansammlung von lösender Substanz im Kernraume wird überall da eintreten, wo das Mischungsoptimum überschritten ist und die Produktion der lösenden Substanz schneller erfolgt, als diese durch die Binnenkörper mit der Auflösungsarbeit beschäftigt werden kann. Es ist nun durchaus nicht nöthig, dass die derart verschieden vertheilte Substanz sich etwa in Gestalt von Vacuolen oder sonst wie kund gebe, da beide Substanzen, die lösende und die starr machende, ja dasselbe oder annähernd dasselbe Lichtbrechungsvermögen besitzen können; sie können sogar bloß besondere Modifikationen ein und derselben chemischen Verbindung darstellen.

Beide Erscheinungen, welche mit dem Überhandnehmen der lösenden Substanz verbunden sein können, finden sich nun auch bei den Auflösungsvorgängen der Binnenkörper; ich möchte den ersteren als den

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ruhigen Auflösungsvorgang der Binnenkörper, den zweiten als ihren bewegten Auflösungsvorgang bezeichnen.

Betrachten wir zuerst die ruhige Auflösung, wie sie uns an den Binnenkörpern der Saccammina sphaerica entgegentritt.

Da die Saccammina-Binnenkörper ihre ältesten und dichtesten Partien im Binnenkörpercentrum, ihre jüngeren und weniger dichten Bestandtheile aber in peripherer Lagerung besitzen, so muss sich der Auflösungsprocess gerade in umgekehrter Richtung vollziehen als der Verschmelzungsprocess. Nehmen wir also einen zweischichtigen Binnenkörper an, dessen Innenmasse aus einem Aggregat von ungleich großen Kugeln besteht, so muss sich zuerst die Außenschicht des Binnenkörpers auflösen, alsdann wird die zwischen die einzelnen ungleich großen Kugeln eingedrungene, die Stelle einer Kittsubstanz versehende Masse zur Lösung kommen. Mit ihrem Schwunde werden die kleinen Kügelchen wieder aus einander fallen, gerade wie sie bei Entstehung des zweischichtigen Binnenkörpers anfänglich zusammengetreten waren; schließlich wird eine Auflösung auch dieser kleineren Kügelchen alle Reste des früheren Binnenkörpers für das Auge verschwinden machen.

Bei loseren Vereinigungen von ungleich großen, zu ungleicher Zeit erstarrten Binnenkörpermassen, werden die jüngeren Substanzen allmählich von den älteren abfallen; es wird so das in der Litteratur oft geschilderte Bild entstehen können, als ob ein großer Nucleolus sich durch Theilung in kleinere zerklüfte.

Binnenkörper, welche durch Zusammenfließen von noch dünnflüssigen Tröpfchen entstanden sind, werden einen derartigen Zerschnürungsvorgang bei ihrer Auflösung nicht vortäuschen. Sie werden einfach immer mehr und mehr an Umfang abnehmen, ohne dass man in den meisten Fällen sehen wird, was mit ihnen vorgeht. Das starke Lichtbrechungsvermögen, das die Binnenkörper im festen Zustande zu kennzeichnen pflegt, kann in schwächerem Grade auch noch in der eben erst gelösten Substanz vorhanden sein; so wird sich in vielen Fällen der oft stark glänzende Hof erklären lassen, der sich öfters um die Binnenkörper herumgelagert findet.

Die ruhige Auflösung wird nun nicht immer so ruhig verlaufen, wie ich dies aus meinen Befunden für die Saccammina-Binnenkörper annehmen musste. Es wird nämlich der Fall eintreten können, dass die Binnenkörper selbst eine gewisse Anziehungskraft auf die lösende Substanz ausüben, die mehr derselben von den überschüssigen Vorräthen des Kernraumes einholt als augenblicklich bei dem Lösungsvorgange — namentlich an der Peripherie des Binnenkörpers, wo sich auch die starrmachende Substanz geltend macht —

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

beschäftigt werden können. Die auflösende Substanz muss sich unter solchen Umständen ganz besonders stark innerhalb der Binnenkörper anhäufen und hier müssen denn auch die Auflösungsvorgänge ganz besonders energisch verlaufen; denn die starrmachende Substanz kann in das Innere des Binnenkörpers nicht vordringen, sie verbaut sich selbst den Weg, während die lösende Substanz jeden Widerstand, den ihr die Festigkeit der Nucleolen entgegensetzt, durch Auflösung zu beseitigen vermag.

Diese Auffassung ist keine gekünstelte; meiner Ansicht nach müssen sich alle in einer gewissen Flüssigkeit leicht löslichen Stoffe auf dieselbe Weise verhalten, wenn dieser Flüssigkeit eine andere flüssige Substanz beigemengt ist, in welcher der betreffende Stoff unlöslich ist, oder mit welcher er eine unlösliche Verbindung eingeht.

Es ist klar, dass die in die Binnenkörper eingedrungene lösende Substanz sich hier nothwendig in Form von Vacuolen zu erkennen geben muss, da die Binnenkörper natürlich fester sind als die eingedrungene Kernflüssigkeit, und desshalb, gerade so gut wie vor dem Eintritte der Auflösung, ein anderes Lichtbrechungsvermögen haben werden als der lösende Theil der Kernflüssigkeit. Unter den geschilderten Verhältnissen wird in das Innere des Binnenkörpers immer mehr lösende Substanz eindringen, und die Lösung wird nun nicht mehr wie früher von der Peripherie aus vor sich gehen, sondern wird in weit höherem Grade im Inneren des Binnenkörpers stattfinden. Es ließen sich auf diese Weise, wie mir scheint einwurfsfrei, viele der Vacuolenbildungen erklären, welche sich öfters in den Binnenkörpern finden; durch Umfließung könnten letztere niemals in das Innere gerathen sein (vgl. p. 340). Durch die fortgesetzte Auflösung des Binnenkörpers von innen her muss die erstarrte Außenlage der Lösungssphäre einem bedeutenden Druck nach außen hin unterworfen werden; sie wird sich wie eine Blase immer mehr und mehr ausdehnen, wenn die lösende Substanz nicht erschöpft wird, schließlich zerreißen und die gelöste Substanz durch den Druck, unter welchem ihre Wandung steht, nach außen hervorpressen. Der Grad der Vacuolenbildung wird natürlich je nach dem Mischverhältnis der beiden einander entgegenwirkenden Substanzen ein sehr verschiedener sein können. Die einzelnen Vacuolen werden innerhalb der Binnenkörper eben so gut nach Vereinigung streben müssen, wie wir dies früher von den Vacuolen des Kernes gesehen haben. Die Fig. 23 *a—f* geben uns ein klares Bild über diese Vorgänge; in Fig. 23 *e* scheint die Nucleolenwand an der Stelle *R*, die von Korschelt[1] in der Figur deutlich gezeichnet ist, gerissen zu sein,

[1] E. Korschelt, Beitr. z. Morph. u. Phys. d. Zellk. l. c. Fig. 58. Taf. IV, Fig. 88-93.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sich dann aber wieder an einander gelegt zu haben, nachdem jedenfalls die gelöste Substanz nach außen gepresst worden war[1]. Den Auspressungsvorgang veranschaulicht die Fig. 24 sehr deutlich, und ist von ihrem Autor Häcker[2] auch in diesem Sinne gedeutet worden.

Bei den Vertheilungsverhältnissen der lösenden Substanz im Kernraume, welche ich vorgreifend für den bewegten Auflösungsvorgang der Nucleolen in Anspruch genommen habe, muss es sehr leicht eintreten, dass die lösende Substanz an einer Stelle den Binnenkörper früher berührt als an anderen, an dieser Stelle wird nun die lösende Substanz sofort ihre Thätigkeit beginnen und zwar viel energischer als bei dem ruhigen Auflösungsvorgang, weil sie hier von Anfang an ohne die störende, starrmachende Substanz zur Wirkung kommt. Man wird eine Auflösungserscheinung erhalten, die sich in nichts von einer Pseudopodienbildung unterscheidet; die gelöste Substanz wird sich nämlich von der Stelle ihrer Lösung aus in den Kernraum, dem Wege der lösenden Substanz folgend, vorstrecken; diese Vorstreckung wird so lange dauern, bis die die Lösung vermittelnden Stoffe und die der Lösung feindliche Substanz im Gleichgewicht sind, dann ist an dieser Stelle für eine gewisse Zeit jede Ursache für weitere Formveränderungen in distaler Richtung geschwunden; der vorgestreckte Theil wird in stark gequollenem, nicht mehr festem, sondern zähflüssigem Zustande vorläufig von an ihm selbst stattfindenden Lösungsvorgängen nicht mehr nach vorn bewegt. Nun fällt er aber anderen Kräften anheim, die wir schon früher bei Entstehung der Binnenkörper kennen gelernt haben. Der flüssige gelöste Theil muss sich nämlich unseren früheren Erörterungen zufolge um die festeren Massen herumlegen, d. h. das Pseudopodium wird wieder eingezogen werden müssen. Wenn einmal in den angezogenen Fällen physikalischen Kräften so viel Spielraum eingeräumt werden muss, so muss man sie auch so lange gelten lassen, als ein Hindernis, das ihre Wirkung aufhalten könnte, nicht aufgefunden werden kann; ein solches ist aber nach unseren heutigen Kenntnissen nirgends vorhanden. Der Binnenkörper muss also seine vorher vorgeschickte, in Lösung begriffene Masse wieder an sich heranziehen. Derartige Vorgänge werden an verschiedenen Stellen des Binnenkörpers zu ganz verschiedenen Zeiten eintreten können, es wird so eine Formveränderung des Binnenkörpers zu Stande kommen, wie sie uns durch die Mittheilungen Eimer's für die Nucleolen der Keimbläschen von Wels

[1] Diese Auslegung ist von mir.

[2] V. Häcker, Die Eibildung bei Cyclops u. Canthocamptus. l. c. Taf. XIX Fig. 7. p. 221. Vgl. hier auch in Betreff des Zusammentrittes der Vacuolen. p. 220. Taf. XIX, Fig. 3—5.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

und Karpfen bekannt geworden sind. Wenn sich bei diesen Formveränderungen die Pseudopodien von der ursprünglichen Kugel ihrem helleren Aussehen nach unterscheiden ließen, so entspricht das ganz dem dünnflüssigen Zustande der Lösungspseudopodien. Die zarte Scheidewand, welche oft die Pseudopodien von dem Binnenkörper in den Eimer'schen Beobachtungen zu trennen schien, dürfte wohl auf zurückgeflossene frühere Lösungspseudopodien zurückzuführen sein.

Auch über die zuletzt vermutheten Vorgänge suchte ich mir durch physikalische Experimente Rechenschaft zu geben. Ich benutzte eine Gelatinelösung, die ich für andere Zwecke seit mehr als einem halben Jahre vorräthig hatte[1], und warf in diese Gelatinelösung kleine Stückchen von übermangansaurem Kali, wobei ich solche auswählte, die ungefähr eben so lang waren als breit, damit eine Bevorzugung der Auflösung in irgend einer Richtung möglichst vermieden wurde. Ich dachte, dass in der Gelatinelösung das Wasser die Rolle der lösenden Substanz, die Gelatine aber die der Lösung feindliche Substanz übernehmen würde. Der Versuch gelang denn auch mit dieser Lösung ganz vorzüglich, ich erhielt Auflösungserscheinungen und Formveränderungen, wie ich sie in Fig. 25 abgebildet habe. Zurückgehen der Pseudopodien nahm ich nicht wahr; sie konnten aber auch nicht erwartet werden, weil die Gelatine mit dem übermangansauren Kali eine Substanz bildete, die zu weiteren Bewegungen zu fest war, daher erklärt sich auch, dass die Lösungspseudopodien sich so sehr verzweigten, die Verzweigungspunkte entsprechen Stellen, wo die Erstarrungshülle von dem Drucke der im Centrum sich lösenden Substanz durchbrochen wurde. Die Form der Lösungspseudopodien war bei Anwendung dieser Gelatine immer dieselbe ästige.

Leider gelang es mir nicht mit frisch hergestellten Gelatinen dieselben Lösungserscheinungen zuwege zu bringen. Meist löste sich das übermangansaure Kali in einer mehr oder weniger vollkommenen Kugel, deren Radius um so schneller anwuchs, je dünner die Lösung war. Nur bei einer warm angewandten Lösung, die auf eine Gelatineplatte von gewöhnlicher Durchschnittsgröße 50 ccm Wasser enthielt und im Paraffinofen hergestellt worden war, erreichte ich ähnliche, pseudopodiale Auflösungserscheinungen, die fünfzehn Minuten lang dieselben charakteristischen baumartigen Formen zum Ausdruck brachten, nach dieser Zeit aber mit der Erstarrung der Gelatine von einer sich langsam ausbreitenden Lösungskugel überdeckt wurden.

[1] Der Gelatinelösung war seiner Zeit zum Schutze gegen Bakterien etwas Karbolsäure zugesetzt worden und hatte mehrere Wochen in einem offenen Glase gestanden (zur Eindickung).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ließ ich die zur Verwendung gekommene Gelatine vollständig erstarren, so fand sich innerhalb der Auflösungswolke, welche Form sie auch angenommen haben mochte, immer eine bedeutende Menge dünnflüssiger Substanz angehäuft, während die umgebenden Massen, wie gesagt, erstarrt waren. Ein Beweis für die oben aufgestellte Behauptung, dass das lösende Wasser hier nach dem, in Lösung befindlichen übermangansauren, Kali in größerer Menge vorgedrängt ist als die der Lösung feindliche Gelatine (vgl. p. 354). Eine eben so charakteristische aber anders gestaltete Auflösungserscheinung erhielt ich bei Anwendung einer anderen kalten Gelatinelösung (eine Stange Gelatine auf 66,5 ccm Wasser), in die ich übermangansaures Kalium warf (Fig. 26 *a*). Letzteres löste sich auch in zu halben oder zu zwei Drittel Theilen mit Wasser verdünntem Glycerin in ganz ähnlicher radiärstreifiger aber weniger ausgeschnittenen Form (vgl. Fig. 26 *b*). Ich erwähne dies darum, weil diese Versuche beweisen, dass ein und dieselbe Substanz sich bei ihrer Auflösung sehr verschieden verhält, je nach der Anzahl der die Auflösung störenden Faktoren, dass aber ganz verschiedene Substanzen, wie Gelatine und Glycerin, unter Umständen ganz ähnliche Auflösungsbilder liefern können. Es wird dies ohne Zweifel auf der Ähnlichkeit der jeweils herrschenden physikalischen Bedingungen, unter welchen die Auflösung statt hat, beruhen. Man darf also sagen, dass die physikalischen Bedingungen bei der Konfiguration sich lösender und wohl auch im Erstarren begriffener Substanzen eine größere Rolle spielen als die chemischen Eigenschaften derselben.

Vorstehende Erörterungen werden in Hand mit den experimentellen Versuchen zur Genüge beweisen, dass die Binnenkörper trotz der Bewegungen, welche in seltenen Fällen an ihnen auftreten, keineswegs als organisirte, mit Bewegungsorganen begabte Gebilde aufgefasst werden müssen. Im Gegentheil lassen sich alle seither besprochenen über die Binnenkörper bekannt gewordenen Mittheilungen auf das schönste mit einer allmählichen Entstehung durch Zusammentritt von verschieden gearteten Substanzen in Zusammenhang bringen. Giebt es nun nicht auch andere Umstände, die, vollgültiger als die Bewegungserscheinung, eine organisirte Struktur der Binnenkörper erfordern?

Man könnte mir hier jene Art des Binnenkörpers vorhalten, die Aimé Schneider[1] als »nucléole primitif ou ancêtre« für die Gregarine Klossia octopiana beschrieben hat. Ich habe das Exemplar, worauf Schneider seine Anschauungen gründet in Fig. 27 *d* kopirt. Schneider meint, dass der Binnenkörper *A* aus dem Binnenkörper *B* ausgetreten

[1] Nouvelles observations sur la sporulation du Klossia octopiana. in: Arch. de zoologie expér. et génér. sér. 2. Bd. I. p. 77—104.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sei, und dass der Binnenkörper *B* das Bildungsorgan vorstelle von einer ganzen Reihe von anders gebauten, nämlich homogenen Binnenkörpern, die keinerlei Schichtung erkennen lassen (vgl. Fig. 27 *b*). Merkwürdigerweise sollen diese homogenen Binnenkörper, die er als »sous forme d'excrétion« aus dem Inneren des Bildungsnucleolus hervorknospend auffasst, später selbst wieder zu Bildungsnucleolen werden können[1]. Schneider stützt diese Annahme auf die hier kopirten Fig. 27 *a*, *b* und *d*. Schneider scheint vollständig übersehen zu haben, dass Fig. 27 *c* seiner ganzen Entstehungstheorie jeden Halt nimmt. Es findet sich hier überhaupt kein Bildungsnucleolus, sondern nur kleinere homogene Binnenkörper; es müsste also angenommen werden, dass die kleinen Binnenkörper auch auf eine andere Weise entstehen könnten, oder dass sich der Bildungsnucleolus auch in einen gewöhnlichen Binnenkörper umwandeln könnte, eben so wie die gewöhnlichen Binnenkörper zum Bildungsnucleolus werden könnten. Mit einer solchen, nach allen Richtungen hin knetbaren Auffassung würde wohl Schneider selbst nicht einverstanden gewesen sein. Warum den unnöthigen Komfort der Bildungsnucleolen, wenn die Binnenkörper auch einfacher entstehen können; warum diese unerklärliche Metamorphose der Binnenkörper?

Mir scheint die Form des Binnenkörpers (Fig. 27 *d*) mit den hier vertretenen Anschauungen leicht zu erklären zu sein, und zwar auf mehrere Weisen, von denen ich nur eine anführen möchte, welche mir am wahrscheinlichsten scheint. 1) Der Binnenkörper *A* ist wirklich aus dem Binnenkörper *B* hervorgetreten und zwar in Folge von Auflösungsvorgängen, welche an dem Binnenkörper *B* in Wirkung treten. Der Binnenkörper *B* besteht aus zwei verschiedenen Massen, die sich gegenseitig umlagert haben (vgl. p. 340), von diesen beiden Massen ist die innere in dem bei der Lösung thätigen Medium leichter löslich als die äußere *c*. Die Folge davon ist, dass die Innenmasse aus der Corticalmasse *c* hervorquillt (ähnlich dem oben angegebenen Falle). Der Nucleolus *A* ist eine solche hervorgequollene Masse. Die Masse *i* ist offenbar viel älter als die umgelagerte Masse *c*. Sie muss bereits schon vollständig erstarrt gewesen sein, als sie von der zäheren Masse *c* umlagert wurde; sonst hätte die Umlagerung umgekehrt sein müssen. Dass die Innenmasse wirklich älter ist beweist Fig. 27 *c*, wo noch kein Binnenkörper eine dunklere Außenschicht aufweist. Die Innenmasse *i* besteht aus zwei Ballen; sie ist wohl ursprünglich aus mehreren zähflüssigen Tropfen zusammengeflossen; *l* ist der Lösungshof der Innenmasse. Die radiäre Streifung, welche die Corticalmasse *c* in Fig. 27 *d* aufweist und welche leicht für einen weiteren Beweis einer höheren Organisation dieser

[1] l. c. p. 84—86.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Corticalschicht angesehen werden könnte, ist keine ständige Erscheinung (vgl. Fig. 27*a*); ich führe sie auf den Druck zurück, unter welchem die Corticalmasse bei Aufquellung der Innenmasse nothwendig stehen muss.

Lässt man Wasser bei großer Kälte in einem cylindrischen Hafen gefrieren, so kann man eine ganz ähnliche Erscheinung beobachten; die ganze Eismasse ist von radiär gerichteten hell glänzenden Strahlen (Luft oder Sprünge) durchsetzt. Ich hatte bei der großen Kälte dieses Winters zweimal Gelegenheit diese Gefrierungserscheinung zu sehen. Einmal in einem Fischglase des hiesigen Instituts, das andere Mal bei einem Eisblock, der den vollständigen Ausguss eines Regenfasses darstellte, das unter dem Drucke der Eisbildung geplatzt und von dem Eisblocke abgefallen war. Namentlich der letztere Fall scheint mir sehr instruktiv, so dass ich näher auf ihn eingehen möchte. Das Bild der radiär nach dem Inneren des Eisblockes gerichteten Strahlen war ganz das einer Attraktionssphäre, wie man sie in vielen Zellen findet. Dieser Vergleich erstreckt sich nur auf die Form und soll hier nicht auf die Entstehungsweise beider Erscheinungen ausgedehnt werden. Die physikalischen Bedingungen, unter welchen die Erscheinung zu Stande kam, scheinen mir folgende gewesen zu sein. Die äußeren Schichten an der Fasswandung, an der Öffnung und am Boden des Fasses müssen nothwendig zuerst gefroren sein, sie haben sich dabei ausgedehnt, und zwar nach innen, da die Fasswandung sich einer Dehnung nach außen widersetzte. Bei dieser ersten Gefrierung der Außenschicht wird sich das Wasser der Dehnung des Eises folgend im Fasse gehoben haben. Später aber, als die gefrorene Eisschicht in der starken Kälte zu einer sehr festen Masse erstarrt war, war ein Ausweichen des gefrierenden Wassers nach oben nicht mehr möglich. Dadurch muss die Innenmasse unter immer mehr anwachsenden Druck versetzt worden sein, je mehr die erstarrende Wirkung der Kälte nach dem Fassinneren vordrang. Da nun in der Gleichgewichtslage Druck und Gegendruck gleich sind, und das Eis nicht aus einander gesprungen ist, so muss derselbe Druck sich auch auf die äußeren Lagen fortgepflanzt haben. Eis gefriert niemals in radiären Figuren, wenn man ihm Platz zur Ausdehnung verschafft, wenn man z. B. die gefrorene Decke von Zeit zu Zeit durchstößt oder, wenn es nicht so kalt ist, dass es selbst die nicht so feste Decke durchbrechen kann. Daraus schließe ich, dass es eben nur die Druckbelastung ist, welche die geschilderten Erscheinungen hervorrief. Ob nun die Strahlen von Luft oder von Sprüngen herrühren, das thut nichts zur Sache; jedenfalls muss sich die Eismasse nach ganz bestimmten Gesetzen aus zahlreichen radiär orientirten Eisschichten von sehr verschiedener Dichte zusammenbauen; sonst könnten sich weder Luft noch Sprünge, welche an den Stellen geringster Dichtigkeit zusammengedrängt werden müssen, in so auffallend regelmäßiger Richtung anordnen. Dieselbe radiäre Streifung lässt sich übrigens mit mehr oder weniger großer Sicherheit bei den oben erwähnten Wachskugeln beobachten, wenn man sie in einem aufhellenden Medium betrachtet. Das Wachs zeigt nun die umgekehrte Erscheinung, es zieht sich bei seiner Erstarrung zusammen; da es aber von außen her erstarrt, so müssen die inneren Partien auch hier unter einem erhöhten Drucke zur Auskrystallisirung kommen, unter einem Drucke, der allerdings nur so lange anhält, als noch die Innenmassen nicht ebenfalls erstarrt sind. Desshalb mögen sich beim Wachse die Strahlen oft nachträglich wieder verwischen. So zeigen also auch andere Substanzen eine, an die Corticalschicht der Gregarinennucleolen erinnernde, radiäre Streifung, wenn sie unter Druck fest geworden sind.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Der Auffassung Schneider's hat sich in jüngster Zeit William Stanley Marshall angeschlossen, welcher durch ähnliche Bilder (vgl. Fig. 28 *c*—*e*) bei Clepsidrina blattarum zur Annahme von Formationsnucleoli gelangte. Hier möchte ich dasselbe einwerfen, was ich bei den Schneider'schen Mittheilungen zu bedenken gab. Es treten auch hier Binnenkörper auf zu einer Zeit, wo noch gar kein »Formationsnucleolus« existirt (vgl. Fig. 28 *a* u. *b*). Wenn uns W. Marshall mittheilt, dass sich die Nucleolen, nachdem sie aus dem Formationsnucleolus ausgetreten seien, an einem anderen Orte zu sammeln schienen, während der Formationsnucleus also mehr oder weniger isolirt bleibt, so sehe ich hierin die Folge der Verschmelzung von mehreren Binnenkörpern zu dem sogenannten Formationsnucleolus. Es müssen ja die, an der betreffenden Gegend gelegenen, Binnenkörper mit in den Formationsnucleolus durch die umfließenden Massen eingeschmolzen worden sein, so dass die nächste Umgebung des Verschmelzungsproduktes für längere Zeit keine Binnenkörper mehr aufweisen kann. An Stellen wo die Binnenkörper nicht mit einander verschmolzen sind, erscheinen sie natürlich zahlreicher, aber, einzeln genommen, an Masse kleiner als der sogenannte Formationsnucleolus.

Als einen weiteren Beweis dafür, dass die Auffassung der zusammengesetzten Binnenkörper als eine besondere Art von Formationsnucleoli nicht richtig ist, führe ich Verhältnisse an, wie ich sie bei Truncatulina lobatula auffand. Wenn man den in Fig. 30 abgebildeten zusammengesetzten Binnenkörper für einen Formationsnucleolus im Sinne Aimé Schneider's anspricht, so wird man auch den Binnenkörper Fig. 29 für einen solchen halten müssen. Dieser Binnenkörper besitzt aber gar keine Corticalmasse, er entbehrt also gerade des Hauptcharakteristicums der Formationsnucleoli; um eine ausgestoßene Binnenkörperportion kann es sich hier aber auch nicht handeln, da sich im ganzen Kern kein Binnenkörper mit Corticalschicht oder Knospungshöhle findet. Aus all diesen Schwierigkeiten und Widersprüchen befreit die Annahme einer Entstehung der Nucleolen durch Verschmelzung aus kleineren Stücken.

Mit der Nichtigkeitserklärung der Annahme von besonderen Formationsnucleolen fällt, wie mir scheint, der letzte Einwand, der gegen die von mir verfochtene Entstehungstheorie der Binnenkörper erhoben werden könnte. Es ist gewiss kein Zufall, dass sich die hier behandelten, über die Binnenkörper bekannten Erscheinungen, allen Erwägungen fügen, welche ich mir zusammenzustellen erlaubt habe und welche gewiss noch durch manche andere ergänzt werden könnten.

Ich habe in dem Vorstehenden keine durchaus neue Theorie ge-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

liefert, denn der Verschmelzungsvorgang ist schon von mehreren Forschern erschlossen oder vermuthet worden — neu dürfte nur die Annahme einer allmählichen oder auch rascheren Erstarrung der ursprünglich flüssigen Binnenkörpersubstanz sein. Ich wollte zu zeigen versuchen, dass keine Thatsache uns bis jetzt zwingt, die Nucleolen in dem besprochenen Umfange, d. h. die Binnenkörper für organisirte Gebilde zu halten, sondern dass im Gegentheil die wechselnde Gestalt dieser Gebilde weit mehr auf eine Accumulation von Substanzen schließen lässt, die wohl aus einem organischen Stoffe bestehen werden, jedenfalls aber gar keine organische Struktur oder, technisch gesprochen, keinen morphologischen Aufbau besitzen, d. h. keine Organe sind. Sie verhalten sich eben ganz wie andere, nicht organisirte Massen. Man wird wohl nicht bestreiten wollen, dass ein Organ einen um so regelmäßigeren Bau zeigen muss, je weniger der Elemente sind, die es zusammensetzen. Ich kann mir ganz gut denken, dass ein zusammengesetztes Organ in dem Bau seiner einzelnen Elemente, den Zellen, ohne Gefahr für das Organ einmal abweichen kann. Ich kann mir aber nicht denken, dass ein Organ des Zellkernes einmal doppelschichtig, dann traubig, kuglig, biskuitförmig sein kann oder in welchen Formen sonst die Binnenkörper noch auftreten können. Vielleicht könnte ein Bedenken in so fern erhoben werden, als in einem so überaus wichtigen Organ, wie es der Zellkern unstreitig ist, sich nicht strukturirte Substanzen vorfinden sollen. Ich erinnere aber hier nur daran, welche Stoffe nicht alle schon im Zellkerne nachgewiesen sind[1]. Vor Allem beweist das gelegentliche Vorkommen von Krystallen, dass durchaus nicht alle Bestandtheile, welche sich innerhalb der Kernmembran finden, ein organisirtes Gefüge haben müssen. Man wird sich mehr und mehr mit

[1] Eine Zusammenstellung dieser fremdartigen Stoffe findet sich in Kölliker, Handbuch der Gewebelehre des Menschen. Leipzig 1889. Ich entnehme der citirten Stelle nachfolgende Angaben. Carnoy fand in den Kernen verschiedenartiger Zellen: Krystalle, Amylum, Glykogen, Fetttröpfchen, Chlorophyll, Pigmentkörner, eiweißähnliche Gebilde und Fermentkörper; Kölliker selbst Krystalle und fadenförmige Gebilde. Leydig Körperchen unbekannter Art. Strassburger und Weiss Amylumkörner. Diesen Angaben möchte ich noch folgende hinzufügen: Loos findet Eiweißtröpfchen in den Kernen von Zellen der Eileiterdrüsen bei Amphibien (in seiner oben p. 337 citirten Schrift). Joh. Frenzel, Über Bau und Thätigkeit des Verdauungskanals der Larve des Tenebrio molitor mit Berücksichtigung anderer Arthropoden. Inaug.-Diss. Göttingen 1882. Frenzel findet und untersucht Krystalloide in den Zellkernen des Mitteldarmepithels von Tenebrio molitor. Außerdem möge an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, dass bei manchen Radiolarien (Sphaerideen) sogar ziemlich umfangreiche Skeletttheile von dem Kerne allmählich umwachsen und in den Kernraum eingeschlossen werden. cf. Bütschli, Protozoa. p. 423.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

der Auffassung vertraut machen müssen, dass der Zellkern nicht immer ein gleichwerthiges, für alle Zellen in gleicher Weise aufgebautes Organ darstellt, sondern einen Theil der Zelle repräsentirt, der zwar immer die wichtigsten Theile der Zelle, so die Vererbungssubstanzen, enthalten wird, daneben aber auch andere Stoffe in sich aufnehmen kann, die in anderen Fällen vielleicht außerhalb des Zellkernes zu suchen sind. Die Einheit, welche der Zellkern als Ganzes vorzustellen scheint, wird nur dadurch vorgetäuscht, dass sich um die wichtigsten Theile der Zelle, um diejenigen Theile, welchen die Erhaltung der Art zuzuschreiben ist, eine Schutzhaut herumgelegt hat, die Kernmembran. Man wird nun annehmen dürfen, dass unnöthige Stoffe aus dem Kerne möglichst, wenn nicht immer, ferngehalten wurden, und wird Stoffen, die sich in dem Kerne finden, wohl immer eine nahe Beziehung zu den geschützten edleren Zelltheilen zuschreiben dürfen. Mir scheinen die Binnenkörper Reservestoffe darzustellen, die für eine Zeit aufgespeichert werden, wo die Theilung eine große Zunahme des Vererbungsapparates bez. des Idioplasmas im Sinne Weismann's erfordert, wo aber diese Stoffe nicht rasch genug durch die Zellmembran hindurch Nahrung finden können. Ich glaube, dass die normalen Funktionen einer Zelle durch den Theilungsakt, wenn auch nur in geringem Grade eine Einbuße erleiden, und dass desshalb Einrichtungen vorhanden sind, welche eine möglichst große Beschleunigung des Theilungsvorganges ermöglichen; zu diesen Einrichtungen wird denn auch die Aufspeicherung des Reservematerials zu zählen sein. Es ließe sich hier noch eine weitere Frage anknüpfen, nämlich die, ob das Reservematerial immer in genau derselben Menge aufgenommen wird, und ob seine ganze Masse während der Kerntheilung aufgebraucht wird. Beides scheint mir nicht der Fall zu sein, dagegen spricht einmal die schwankende Menge der Binnenkörper, welche sich in Kernen desselben Stadiums auffinden lässt, und dann der Umstand, dass nach Ablauf der Karyokinese meist wieder sehr bald Binnenkörper zur Ausscheidung kommen. Die letztere Thatsache darf vielleicht als ein Argument dafür aufgefasst werden, dass in der Regel mehr Binnenkörpermasse aufgespeichert wird, als die wesentlichen Bestandtheile des Kernes während der Theilung gebrauchen; und dass die nicht verbrauchte Masse dann wieder aus dem Zellsafte zu neuen Binnenkörpern zusammentritt. Wo aber nach einigen Beobachtungen unter denselben Umständen die sofortige Bildung von Binnenkörpern ausbleiben kann, da mag die ganze Binnenkörpersubstanz verbraucht worden sein.

Göttingen, zoologisch-zootomisches Institut, 5. März 1893.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XVIII.

Fig. 1. Kern von Saccammina sphaerica mit sehr verschieden gestalteten Binnenkörpern bei 300maliger Vergr. doppelt vergrößert.

Fig. 2 *a—d*. Einzelne Binnenkörper zusammengesetzten Baues. *A*, Außenschicht; *I*, Innenschicht; *E*, Einlagerungen. Ebendaher. Der Binnenkörper *d* enthält eine Öffnung (*Oe*) in seiner Außenschicht. Die Einlagerung des Binnenkörpers *b* ist aus zwei Tröpfchen zusammengesetzt, welche sehr bald nach ihrer Berührung erstarrt sind, die Masse *I* hat sich erst später um diese erstarrten Tröpfchen herum gelagert. Vergr. 750.

Fig. 3 u. 4. Difflugia acuminata (vom Titimoor). Vergr. 610. Fig. 3. Im Nucleus (*ncl*) finden sich kleinste Substanztheilchen, welche sich in Fig. 4 zu größeren Binnenkörpern vereinigt zu haben scheinen. *An*, angesammelte Bausteinchen, welche später zum Aufbau eines Tochtergehäuses verwendet werden; *K*, Kittmasse, mit welcher diese Steinchen festgehalten werden.

Fig. 5. Kerne einkerniger Acanthometriden, nach Osmiumkarminbehandlung. *a*, einer Acanthometra cuspidata; *b*, einer größeren Xiphacantha serrata; *c*, einer jungen Amphilonche belonoides nach R. Hertwig, Organism. der Radiol., Taf. II, Fig. 2. *A*, Außenschicht; *I*, Innenschicht; *E*, Einlagerungen; I_1, würde, falls noch weitere Nucleolensubstanz auftreten würde, zu einer Innenschicht werden.

Fig. 6. Eigenartige Gebilde, wie sie zwischen den Fäkalballen der Saccammina vorkommen und ebenfalls durch Verschmelzung kleinerer Stücke entstanden zu denken sind. ✝, eine ringförmige Form. Vergr. 1000.

Fig. 7. Theoretische Darstellung der Entstehung eines Ringes durch Zusammenfließen von zähflüssigen Massen. Die Figuren *a* und *b* sind nach wirklich aufgefundenen Kompositionen nur in so weit abgeändert worden, als es zur Erklärung der Ringbildung nöthig war. *a*, zwei aus einzelnen Tröpfchen gebildete Ketten nähern sich mit ihren Enden *x*; *b*, die Enden *x* sind zu dem Stück x_1 verschmolzen, diese Verschmelzung, die sich in der Richtung des Pfeiles (mit dem knopfförmigen Ende) fortzusetzen strebt, bringt auch die Enden *y* der beiden Ketten zur Verschmelzung; *c* und *d*, die Verschmelzung ist durchgeführt. Die Spannungsgesetze wandeln das Verschmelzungsprodukt zu einem Ring um.

Fig. 8. Kern einer größeren Ganglienzelle von Cerebratulus marginatus mit einem Bläschenkranze. Nach O. Bürger (cit. Text p. 337).

Fig. 9 *a, b, c*. Größere Ganglienzellen aus dem Gehirn von Langia formosa. Winkel, Oc. 2, Obj. 8. Nach O. Bürger, l. c. (Text p. 337).

Fig. 10. Querschnitt durch ein Binnenbläschen (Kern) mit Binnenkörpern von Thalassicolla nucleata nach R. Hertwig, Zur Histologie der Radiolarien. Leipzig 1876. Taf. IV, Fig. 2. Vergr. Zeiss D, Oc. 2.

Fig. 11. Binnenbläschen von Thalassicolla nucleata. Nach R. Hertwig, l. c. Taf. V, Fig. 1. Die Binnenkörper bestehen aus Innenmassen, um die sich Außenschichten herumgelagert haben.

Fig. 12. Binnenbläschen von Thalassicolla nucleata. Die Binnenkörper zeigen hier zweischichtigen Bau, die Außenschichten derselben haben zum Theil mehrere Innenmassen umflossen. Nach R. Hertwig, l. c. Taf. V, Fig. 2. Zeiss D, Oc. 2.

Fig. 13. Stäbchen verschiedener Form aus der Gehäusewand von Lecqueureusia spiralis. Vergr. 610.

Fig. 14. Stäbchen aus dem Weichkörper derselben. Die einzelnen Partien sind zum Theil noch nicht mit einander verschmolzen. Vergr. 610.

Fig. 15. Ein Stück einer Gehäusewand von Lecqueureusia spiralis, in die ausnahmsweise wenig Stäbchen eingelagert sind. Vergr. 610.

Fig. 16. Stück einer Gehäusewand von Lecqueureusia spiralis. Vergrößerung 610.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Fig. 17. Eisenkiesablagerungen aus einer abgestorbenen Rotalia Becarii. *a*, innerhalb eines verwesenden Sarkodetropfens befindet sich ein nebelartiger Niederschlag von Eisenkies; *b*, eine Eisenkieskugel aus einem ausgestorbenen Gehäuse. Vergr. 500.

Fig. 18*A*. Kernkörper aus dem Ovarienei von Tichogonia polymorpha. Hartnack IX, 3 und noch vergrößert dargestellt.

Fig. 18*B*. Kernkörper von reifen Augusteierstockseiern von Anodonta. Hartnack IX, 2. Beide nach W. Flemming, Über die ersten Reifungserscheinungen am Ei der Teichmuschel. in: Archiv f. mikr. Anat. Bd. X. Taf. XVI, Fig. 3 u. 4. Meine Auffassung: Der dünnflüssige Theil *d* hat sich um den zähflüssigen *z* herumgelegt (Fig. 18*A*). Fig. 18*B*. Auflösungserscheinung des Nucleolus im reifen Ei. Die dünnflüssigere Nucleolenmasse *d* ist in Lösung begriffen, zerfällt in kleinere Kügelchen, während der zähflüssige Theil erst einige kleine Vacuolen enthält.

Fig. 19. Kern eines Eierstockseies von Unio, frisch aus der Zelle getreten in Ovarialflüssigkeit. Geringe Theile der Kerngerüste sichtbar. Nach W. Flemming, Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung. Leipzig 1882. p. 147. Hier scheint mir die hellere Substanz die zähflüssige zu sein, außerdem scheint sich im Kernraum noch weitere zähflüssige Masse zu bilden z_1. *d*, dünnflüssige, *z*, zähflüssige Binnenkörpersubstanz.

Fig. 20. Binnenbläschen von Thalassicolla nucleata. Nach R. Hertwig, l. c. Taf. IV, Fig. 3. Die Binnenkörper hängen zum Theil zusammen und werden von einer gemeinsamen Schicht umhüllt. Zeiss D, Oc. 2.

Fig. 21. Binnenbläschen mit verästeltem Binnenkörper von einer jungen Thalassicolla im frischen Zustand. Zeiss F, Oc. 1. Nach R. Hertwig, l. c. Taf. III, Fig. 11.

Fig. 22 *a*, *b*, *c* u. *d*. Verschiedene Altersstufen eines Keimbläschens von Hydra grisea. Nach Brauer, l. c. Taf. IX, Fig. 1—4 (cit. p. 348).

Fig. 23. Binnenkörper aus dem Keimbläschen von Dolomedes fimbriatus in verschiedenen Eistadien. Vergr. 355fach. Nach E. Korschelt, Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Zellkerns (cit. Text p. 348). Taf. IV, Fig. 88—92. Im Original sind die Keimbläschen, welche hier der Raumersparnis halber weggelassen wurden, mitgezeichnet. In Fig. *e* bei *R* ein Riss, der durch das Austreten von gelöster Binnenkörpersubstanz entstanden sein dürfte.

Fig. 24. Eimutterzelle von Canthocamptus. Nach V. Häcker, l. c. Taf. XIX, Fig. 7. *Bk*, Binnenkörper, aus welchem ein Flüssigkeitsballen ausgetreten ist (*T*); T_1 halte ich für einen ähnlichen Tropfen, der schon vorher ausgetreten sein mag. Vergr. Zeiss apochr. Syst., Apert. 1,30, Brennw. 3,0, Oc. 12.

Fig. 25. Figur, wie sie bei der Auflösung eines Stückchen übermangansauren Kaliums in einer älteren Gelatinelösung von unbekannter Koncentration entstand. Nat. Größe. *K* ist der zur Auflösung verwendete Krystall.

Fig. 26*a*. Auflösungsfigur eines Krystalls (*K*) von übermangansaurem Kali in einem anderen Gelatinegemisch (eine Stange Gelatine auf 66,5 ccm Wasser). Nat. Größe.

Fig. 26*b*. Ähnliche Auflösungsfigur eines Krystalls (*K*) von übermangansaurem Kali in einem Gemisch von $^1/_2$ Vol. Glycerin mit $^1/_2$ Vol. Wasser. Nat. Größe.

Fig. 27 *a*, *b*, *c*. Kerne mit Kernkörperchen von Klossia octopiana. Nach Aimé Schneider, l. c. Pl. VIII, Fig. 1, 5, 6.

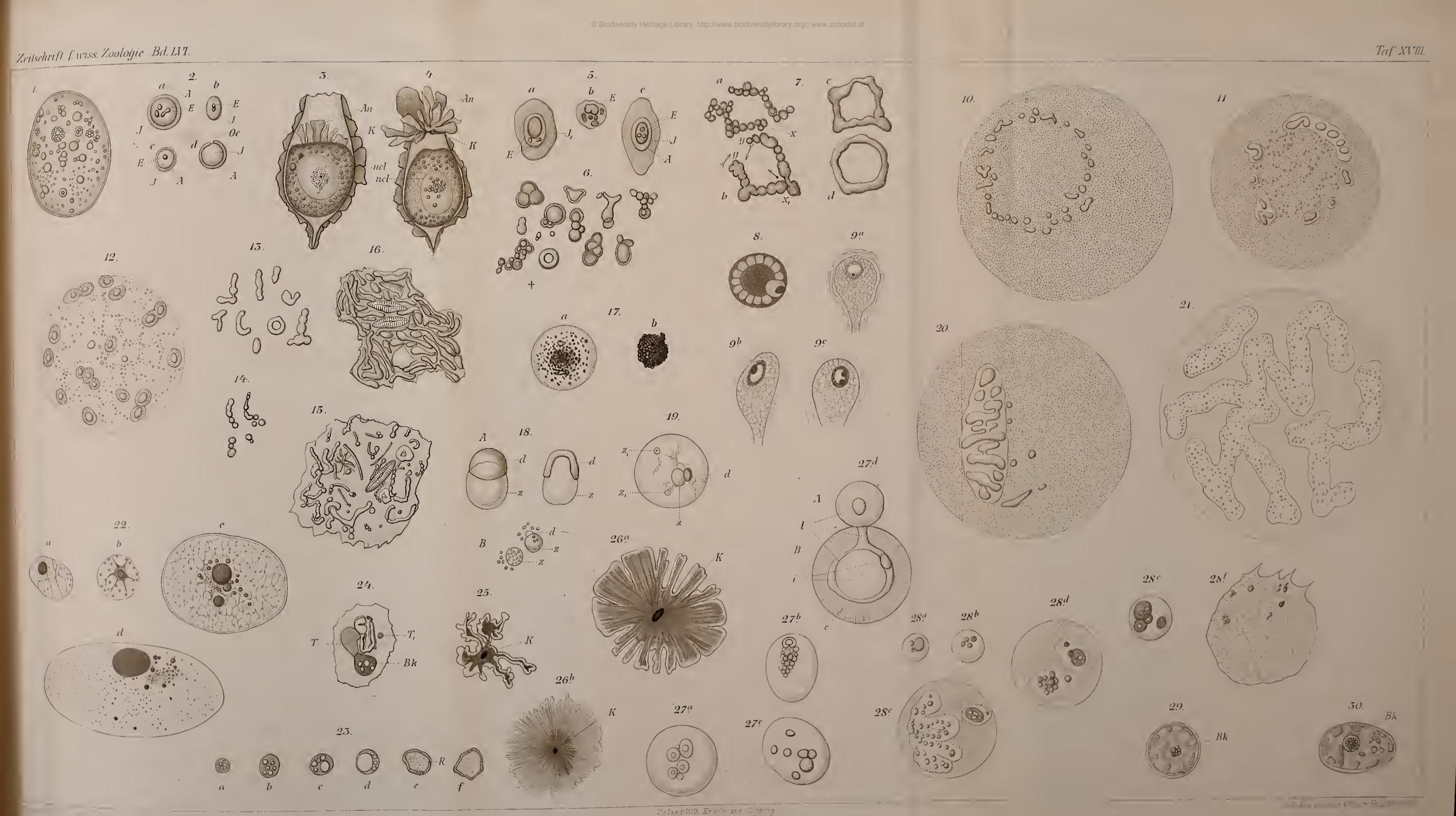
Fig. 27 *d*. Einzelne Binnenkörper aus demselben Kern.

Fig. 28. Kerne von Clepsidrina blattarum, mit Binnenkörperchen. Nach W. Stanley Marshall, l. c. Taf. II, Fig. 2, 3, 5, 6, 7, 8. Vergr. *a* u. *b* Zeiss $^1/_{12}$—3; *c* Zeiss $^1/_{12}$—3; *d* u. *e* Zeiss D, 3. *f* wohl Auflösung der Binnenkörper.

Fig. 29. Kern von Truncatulina lobatula. Der Binnenkörper *Bk* besteht aus einem kugeligen Haufen kleiner Kügelchen. Vergr. 450.

Fig. 30. Ein anderer Kern von Truncatulina lobatula. Der Binnenkörper *Bk* besteht aus zwei Schichten, von denen die innere aus kleineren Kügelchen besteht. Vergr. 450.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: 56

Autor(en)/Author(s): Rhumbler Ludwig

Artikel/Article: Über Entstehung und Bedeutung der in den Kernen vieler Protozoen und in Keimbläschen von Metazoen vorkommenden Binnenkörper lucleolen). Eine Theorie zur Erklärung der verschiedenartigen Gestalt dieser Gebilde. 328-364