

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Zweiter Jahrgang.

25. September 1914.

Heft 39.

Das Protoplasma als physikalisches System von Ludwig Rhumbler¹⁾.

Von Geheimrat Prof. Dr. V. Hensen, Kiel.

In den Zellen, also den Bausteinen aller belebten Körper, ist das *Protoplasma*, zu deutsch der Urbildungsstoff, als *einer der Träger ihres Lebens* aufzufassen. Darin liegt ein Gegensatz zum Zellsaft, zu Fetttropfen, zu Stärkekörnern und zu anderem Zellinhalt, dem man nur chemische Besonderheiten, aber nicht die Fähigkeit sich selbst zu gestalten und zu erhalten zuschreiben kann. Allerdings teilt das Protoplasma die Trägerschaft des Lebens mit dem Zellkern und bei vielen Zellen noch mit dem Chlorophyll. Es wird aber bezweifelt, ob die Zellen von Oscillarien und von Bakterien einen Kern haben, in welchem Fall dort *ausschließlich das Protoplasma*, vielleicht daneben noch einige stark färbbare Körner und Stäbchen Lebensträger sein werden.

Die histologische Literatur ist erfüllt mit Studien über das Protoplasma, gerade weil es Lebensträger ist. *Rhumbler*, der sich mit 24 Arbeiten an diesen Studien beteiligt hat, gibt uns eine Übersicht über die *bisherigen Ergebnisse*, soweit sie das *physikalische Verhalten* betreffen. Aus dem Rahmen seiner Darstellung scheiden die chemischen Bestandteile und Vorgänge im Protoplasma fast völlig aus. Daß diese Trennung sich durchführen läßt, ist erwünscht, denn der Chemismus des Protoplasmas ist verwickelt und wenig geklärt.

Zunächst ist die, wie sich zeigen wird, für die formative Tätigkeit der Zellen recht wichtige Frage zu lösen, *welcher Aggregatzustand dem Protoplasma zukommt*. Für die Beantwortung dieser Frage finden sich folgende Schwierigkeiten: 1. daß die Physiker flüssig und fest nicht übereinstimmend abgrenzen; 2. daß bei Kolloidlösungen, zu denen das Protoplasma zu rechnen sei, alle Übergänge zwischen flüssig und fest gefunden werden; 3. daß sich das lebende Protoplasma nicht immer ohne weiteres von sonstigem Inhalt und von Produkten der Zellen unterscheiden läßt; 4. daß das Protoplasma als eine Mischung aus verschiedenen Substanzen angesehen werden muß, Substanzen, die ineinander nicht löslich sind, sich also mit Grenzflächen voneinander absetzen. Es können also unter besonderen Bedingungen im Inneren der Mischung Grenzflächenspannungen erzeugt werden, die einer einheitlichen Substanz vollkommen fehlen.

¹⁾ Ergebnisse der Physiologie von *Asher* und *Spiro*. XIV. Jahrgang, S. 474—617.

Für die Diagnose „Flüssigkeit“ verlangt *Rhumbler*, daß die Substanz ohne innere, meßbare Elastizität, ohne merkbare Kompressibilität und daß sie den Kapillaritätsgesetzen unterworfen sei.

Der ersten Bedingung entsprechend ergibt sich, daß bei dem Zentrifugieren von Amphibien-eiern, deren Dotterplättchen, ohne die nächsten Entwicklungsstadien zu stören, durch die Plasmamasse *hindurch wandern* können.

In vielen Pflanzenzellen, so z. B. in solchen der Charaarten, sieht man eine unter dem Mikroskop rasch erscheinende Strömung des den Zellsaft umhüllenden Protoplasmas. In diesem finden sich allerlei Einschlüsse. Diese Plasmaströmungen wurden von einigen Seiten als Zusammenhänge gedeutet und jedenfalls will *Rhumbler* entscheiden, ob das Plasma die Eigenschaften einer Flüssigkeit zeigt. Dazu wurde eine Charazelle (Fig. 1) über einen Glasfaden *Gl* gebrückt

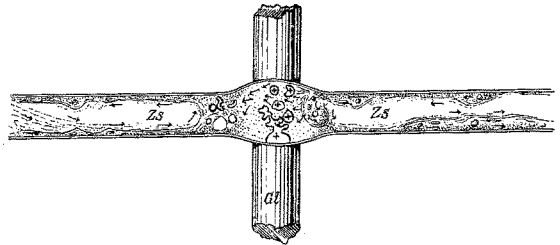


Fig. 1. Stück einer auf einen kreuzenden Glasfaden (*Gl*) durch den Deckglasdruck aufgepreßten Charazelle. Nach *Rhumbler*. An der verbreiterten Quetschstelle hat das zähflüssige Protoplasma Halt gemacht (vgl. die eingezeichneten Kreuze), während das dünnflüssige Plasma (vgl. die Pfeile) noch über die Quetschbrücke hinüberrieselt. Der Zellsaft (*Zs*) hat sich von der Klemmstelle vollständig zurückgezogen. Vergr. $33\frac{1}{3} : 1$.

und dann durch ein aufgelegtes Deckglas allmählich auf dem Faden plattgedrückt. Es blieben dann die größeren und später auch die kleineren Einschlüsse in dem so geschaffenen Engpaß liegen, aber das Protoplasma strömte *mit unverminderter Geschwindigkeit* an den fixierten Massen vorbei. Daraus zieht *Rhumbler* den Schluß, daß die Plasmateile nicht gegenseitig elastisch verknüpft sein können, sondern, entsprechend der von ihm angenommenen Definition, einer *Flüssigkeit* angehören müßten.

Daß das Protoplasma nicht kompressibel sei, wird dadurch nachgewiesen, daß die Charafäden mit einem Deckglas belastet werden, auf das durch einen Stab ein Druck meßbarer und wechselnder Größe ausgeübt wird. Dabei erleidet die *Geschwindigkeit* der Strömung, solange der Druck nicht die Höhe von 4,6 Atmosphären, der zerstört

rend wirkte, überstieg, *durchaus keine Veränderung*. Ein komprimierbarer, fester Körper hätte nach Rhumblers Ansicht bei solchem Druck seine Bewegungen verändern müssen, daher gibt auch dieser Versuch einen Beweis für die Flüssigkeit des Protoplasmas dieser Zellen.

Wenn von dem protoplasmatischen Weichkörper einer vielkammerigen Foraminifere die Schale höchst vorsichtig abgenommen wird, behält der Weichkörper nicht mehr seine oft sehr besondere Gestalt, sondern rundet sich kugelig ab, also wie es eine Flüssigkeit tun muß.

Da der Komplex, den wir Protoplasma nennen, in den verschiedenen Zellen recht verschieden ist, wurden noch die für die Flüssigkeiten gefundenen *Kapillargesetze* bezüglich ihrer Gültigkeit für einige Plasmaarten geprüft.

Nach dem ersten Kapillargesetz findet sich auf jeder Oberfläche einer Flüssigkeit eine kontraktive Spannung, die eine Grenzschicht bewirkt. Sie wird als Oberflächenspannung, auch wohl als Kohäsionsdruck oder als Grenzflächenspannung bezeichnet. Der Kohäsionsdruck bewirkt, *daß die Flüssigkeitsoberfläche stets so klein ist*, wie sie es unter den obwaltenden Umständen, also unter Gegenwirkung der Schwere und anderer Kräfte

sein kann. Wenn an einem nur von der Grenzschicht überzogenen Tropfen, z. B. an einem mit etwas Karmin verriebenen Ricinusöltropfen in Alkohol ein Flüssigkeitsstrahl vorbei geht, so zeigen die Karminkörner im Öl eine konforme Bewegung an (Fig. 2 A). Lebende, nur mit Grenzschicht umkleidete Amöben oder junge Zellen früher Entwicklungsstadien aus Amphibieneiern, die fast ganz aus Protoplasma bestehen, *zeigen nicht solches Verhalten, erst wenn sie abgestorben sind, tritt die Rotation der Körnchen ein*.

Die Fig. 2 B soll dies Verhalten darstellen. Die mit *lw* und *ls* bezeichneten Zellen charakterisieren sich als *noch lebend*, indem sie Fortsätze aussenden, die allerdings wegen der zu schwachen Vergrößerung nicht überall gesehen werden. *In ihnen kreist der Inhalt nicht*. In den mit *ts* und *tw* bezeichneten Zellen kreist der Inhalt, aber sie erweisen sich als *bereits abgestorben*.

Werden solche Zellen aus den Eiern in ein mit geeigneter Flüssigkeit gefülltes Uhrglas entleert, so haften sie mit ihrer „zähflüssigen“ Oberflächenschicht am Boden des Schälchens fest. Wird dann die Schale bewegt, *so schaukeln die mittlerweile abgestorbenen Zellen hin und her*, wie etwa eine angeklebte, mit Flüssigkeit erfüllte, dünnwandige Blase. *Dagegen stehen die lebenden Zellen dabei so fest*, wie es etwa aufgeklebte, weiche Tonkügelchen tun würden. Es zeigt sich also auch bei dieser Prüfung der *sehr beachtenswerte Unterschied im Verhalten des lebenden gegenüber dem abgestorbenen Protoplasma*.

Zufolge des zweiten Kapillargesetzes wird die Oberfläche dort, wo infolge von Berührung der Flüssigkeit mit einem anderen Körper diese Adhäsionskraft einen anderen Wert angenommen hat, eine Veränderung erfahren. Daraus hat die Physik abgeleitet, daß erstens eine *homogene Flüssigkeit eine Oberfläche bestimmter Art stets mit einem bestimmten, den gegebenen beiden Substanzen angehörigen Randwinkel überfließt*. Zweitens, daß sich bei Berührung zweier Flüssigkeiten diejenige dieser Flüssigkeiten in der Oberflächenschicht der anderen ausbreitet, die die geringere Oberflächenspannung zu dem angrenzenden (dritten) Medium hat. Es breitet sich also Terpentinöl auf reiner Wasseroberfläche aus, weil es gegen Luft einen geringeren Normaldruck hat, als Wasser gegen Luft. Rhumbler findet, daß die überfließenden Pseudopodien der nackten Amöbe: *Pelomyxa penardi* Rhumb., konstant den in der Fig. 3 durch die geraden Linien bezeichneten Randwinkel von etwa 70° bildet, daß deren Plasma also flüssig ist.

Das gleiche zeigt sich bei den vielkammerigen Foraminiferen, bei denen sich der Aufbau des Gehäuses nach dem Winkel richtet, mit dem sich das wachsende und daher ausfließende Protoplasma über die Wandung hinaus ergießt. In der Fig. 4, einer Pulvinulina nach Rhumbler, ist, wie man sieht, der Winkel bei den +++ immer etwa 60°, dagegen ist er bei den Punkten gegen 90°.

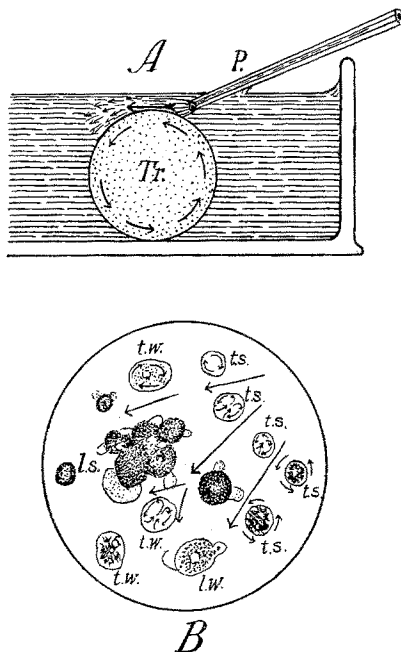


Fig. 2. Nach Rhumbler. A. Durch einen aus der Pipette (P.) ausgepreßten Flüssigkeitsstrom wird die Flüssigkeit in dem, in andere Flüssigkeit eingebetteten Tropfen (Tr.) in konformer Rotation versetzt. B. Isolierte Blastomeren der Eier von Triton taeniatus. Gegen die im umgebenden Medium erzeugten Strömungen verhalten sich die Zellen verschieden, je nachdem sie noch leben oder abgestorben sind. Die lebenden schwarzen mit *ls* oder weißen mit *lw* bezeichneten Zellen senden z. Tl. Fortsätze aus, aber zeigen keine Mithbewegung. Die abgestorbenen *ts*- und *tw*-Zellen zeigen die konforme Rotation, wie sie durch die kleinen Pfeile angedeutet wird. Vergr. 50:1.

Rhumbler nimmt hier eine Heteromorphie des Protoplasmas an und zeichnet entsprechend den distalen Teil des Leibes mit Kreuzen, den axialen mit Strichen gefüllt. Ref. möchte fragen, ob nicht auch eine Verschiedenheit der axialen und distalen Wand Einfluß auf den Randwinkel hat?

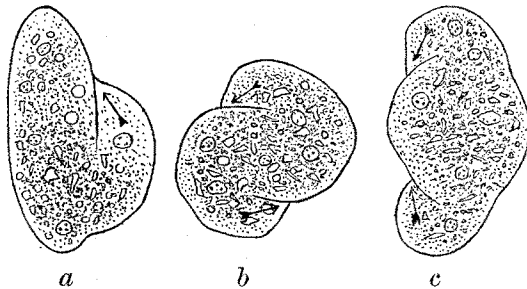


Fig. 3. Randwinkel bei der eruptiven Pseudopodienbildung von Pelomyxa, durch die Pfeile gekennzeichnet. Vergr. 200:1. Nach Rhumbler.

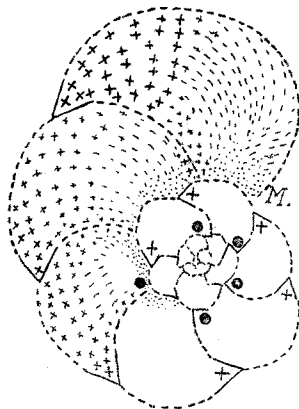


Fig. 4. Schema einer Pulvinulina nach Rhumbler. Eine Heteromorphie der Sarkode, die zu den Winkelreihen von einerseits 60° und andererseits 90° führt, ist durch die verschiedene Musterung angedeutet. Vergr. 63:1.

Daß sich das lebende Protoplasma stark an der Oberfläche des Wassers ausbreitet, also Flüssigkeit ist, wird dadurch nachgewiesen, daß gewisse hüllenlose Amöben, Pelomyxa und Amöba limicola, zerplatzen und sich an der Wasseroberfläche ausbreiten, sobald sie mit dieser in Berührung gebracht werden. Aus Amphibieneiern auf die Wasseroberfläche entleerte Zellen früher Entwicklungsstadien zerplatzen und bilden einen Schleier auf der Oberfläche, während sie sich, sofort untergetaucht, noch teilen, also einige Zeit noch leben können.

Das 3. Kapillargesetz sagt aus, daß sich das Niveau einer Flüssigkeit in einem Kapillarrohr je nach den Adhäsionen an der Wandung und ihrer Kohäsion verändert. In dieser Richtung ergaben Versuche mit einer Art Lohblüte zwar ein positives Resultat, aber in dem Rohr zerfiel die aufgesogene Masse rasch in ein Maschenwerk und reine Flüssigkeit. Es konnten daher ein-

gehendere Untersuchungen in dieser Richtung nicht angestellt werden.

Die so stark hervortretenden Verschiedenheiten in dem physikalischen Verhalten der untersuchten Protoplasamassen werden nach Rhumbler dadurch erklärlich, daß das Protoplasma ein „heteromorphes Spumoid“ sei. Es sei „aus zwei Flüssigkeitskategorien, Hyaloplasma und Enchylema (Bütschli) schaumartig zu einem Spumoid zusammengemengt, dessen Eigenbestandteile in jeder Kategorie, also ebensowohl in dem zähflüssigeren, die Schaumwände formierenden Hyaloplasma, als auch in dem den Schaumkammercheninhalt darstellenden Enchylema chemisch-physikalisch verschieden sein können. Man muß diesen Feststellungen zufolge das Protoplasma mechanisch-physikalisch als ein „heteromorphes Spumoid“ bezeichnen“ (S. 616).

Eine Ergänzung hierzu gibt die folgende Bemerkung, S. 524: „Der Bau des Protoplasmas aus mikroskopisch noch erkennbaren Schaumkammerchen ist keine dem Protoplasma an sich inhärente Elementarstruktur, sondern nur der gewöhnliche Zustand des Protoplasmas.“ Es könne übrigens sehr wohl Spumoidbau vorhanden sein, ohne daß er, sei es wegen zu großer Kleinheit der Kammerchen oder wegen zu großer Durchsichtigkeit ihrer Wände, gesehen werden kann.

In Anlehnung an die Schäume wird der Name „Spumoid“ von Rhumbler für folgende Art von Bildung gegeben. Wenn eine Gummilösung mit Öl geschüttelt wird, so wirbelt sie, angeblasen, so lange nach Art jeder anderen Flüssigkeit, wie noch die Öltröpfchen einzeln schwimmen. Werden ihrer aber so viele, daß sie sich gegenseitig pressen, sich abplatteln und die Form etwa von Pentagonal-dodekaedern gewinnen, so wirbelt die Masse nicht mehr beim Anblasen, sondern verhält sich wie ein Schaum. Es tritt eine Schaumspannung ein, weil die sich aneinander legenden Kammerchenwände bestrebt sind, kleinste Flächen zu gewinnen. Die Emulsion ist zum Spumoid geworden. Das kann auch auf dem umgekehrten Wege geschehen, z. B. bilden sich in einem von Pankreassaft umflossenen Öltröpfchen zuerst grobe Polyeder und erst zuletzt, unter Vermehrung der aus Seifenlösung gebildeten Grenzschichten, einzeln schwimmende Fettkügelchen. Wie eigentlich der Spumoidbau entsteht, ist noch nicht klargelegt worden.

Wenn Referent recht versteht, sagt Rhumbler aus, daß zwar das Plasmaspumoid, wie gezeigt, nicht alle für eine Flüssigkeit verlangten Reaktionen gibt, aber als Spumoid dennoch aus Flüssigkeit aufgebaut sei. Darin hat er recht, aber um die Wichtigkeit solchen Baues für die Funktionen der Zellen nachzuweisen, hätte er, wie Referent nachweisen möchte, weiter gehen sollen.

Seifenschaum oder ein Spumoid aus 40 Volumen Quecksilber und 60 Volumen Ricinusöl ist schneidbar, zerreißbar und formbar, ganz wie

festen Substanz, unterscheidet sich aber von dieser dadurch, daß ein sie berührender Körper benetzt wird. Bei Seifenschaum kann diese Nässe nur von dem Hyaloplasma herkommen, das zwischen den Kammerwänden kapillar gebunden liegt. Die Schaumwände dürften wohl eine Legierung von Hyaloplasma und Enchylemagas, wohl auch besonders ionisiert sein, aber da sie nach Plateau und G. Quinke¹⁾ nahe 0,0001 mm dick sind, die etwa aneinander liegenden Wände der Kämmerchen 0,0002 mm, also mikroskopisch schwer sichtbare Dicke haben, ist es klar, daß die Schaumwände, wie wir sie sehen, wesentlich kapillar an den Wänden gehaltenes Hyaloplasma sind. Daß in der festen grauen Salbe die 60 Volumen Ricinusöl nicht als Wandsubstanz für die Quecksilbertropfen verbraucht werden können, ist unzweifelhaft. Es möge daher die Wandsubstanz als ein besonderes Drittes, etwa als Diaphragmin, vom Hyaloplasma getrennt werden. Die zwischen liegende Hyaloplasmanasse wird sich, so eng auch die Spalten zwischen den Kämmerchen sein mögen, darin doch hin und her schieben können.

Die von mir nachgezeichnete photographische Reproduktion Rhumblers (Fig. 5) spricht für die Verteilung des Hyaloplasmas in der Aderung.

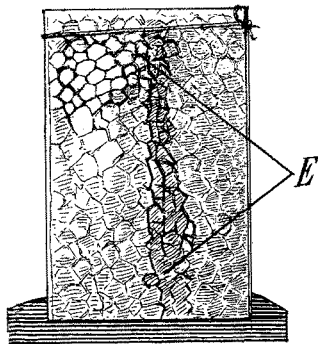


Fig. 5. In Seifenschaum sinkt das schwarze Eisenfeilicht *E* innerhalb der Kammergrenzen abwärts, ohne daß die Lagerung der Schaumkammern in irgendwelcher Weise gestört oder geändert wird.

Da benetztes Eisenfeilicht, den Wandungsgrenzen folgend, abwärts sinkt, zeigt sich, daß diese Grenzen einen Widerstand zu leisten vermögen, während das zwischen ihnen liegende Enchylema leicht verschiebbar ist und ausweicht. Um die kleineren Kammern ist das Hyaloplasma in dickerer Schicht gelagert als um die größeren, doch ist die Wiedergabe nicht ganz naturgetreu. Übrigens liegt ja auch zwischen den beiden Wänden einer kleinen, gewöhnlichen Blase aus Seifenwasser viel Flüssigkeit, die in das Diaphragmin aufgenommen wird, wenn eine solche Blase stärker aufgeblasen wird.

Über die Beweglichkeit dieses Hyaloplasmas berichtet folgender Versuch von Rhumbler

¹⁾ G. Quinke, Über die Entfernungen, in welchen d. Molekularkräfte d. Kapillarität noch wirksam sind. Annalen d. Physik u. Chemie Bd. 137 (1869).

(S. 611). Er fand, daß in mit einem Deckglas bedecktem Seifenschaum „kleine Körperchen mit verblüffender Geschwindigkeit in dem Wandsystem . . . die Zickzackbahn des Schaumgefüges durchlaufend, nach dem Deckglas hin eilen“. Es ist übrigens durch Beobachtungen von Bütschli, Crato, M. Heidenhain u. a. bekannt, daß sich Körnchen innerhalb der Kämmerchenwände des Protoplasmas gleitend bewegen können, was auf Strömungen im Hyaloplasma hinweist.

Rhumbler betont stark, daß die Fähigkeit, das Protoplasma durch Spumoidbau zu festigen, für die Zellfunktionen großen Vorteil gewähre. Ref. möchte dies bezüglich der formativen Tätigkeit der Zelle etwas näher nachweisen. Das Spumoid ergibt je nach Kleinheit der Kämmerchen und Dünne des umlagernden Hyaloplasmas mehr oder weniger feste und formbare Massen. Solche festen Massen sind von einem Netzwerk beweglichen Hyaloplasmas durchsetzt. Manches spricht dafür, daß in dem Netz Strömungen stattfinden.

Bei Teilungen in der Diatomeengruppe „Rhizosoleniae“ zeigt sich deutlich die Notwendigkeit des Protoplasmaspumoids. Die verschiedenen Arten der Rhizosolenien bilden nämlich charakteristische Spitzen aus. Um diese zu entwickeln, sind, wie Fig. 6 zeigt, besonders geformte Spumoiden erforderlich.

Die neuen Spitzen werden von dem Protoplasma der zugehörigen Tochterzellen ausgebildet, also von innen hinaus. Sie können nur so entstehen, daß geformtes Protoplasma, also Spumoid desselben, über die Teilungsebene hinausgeschoben wird. Falls der helle Raum, den man in dem Grundteil der Spitze sieht, anfänglich mit Zellsaft erfüllt war, kann die Spitzenanlage durch hohen Druck im Zellsaft an der Spitze der sich schräg teilenden Zelle zur Vortreibung solcher Spitze führen. Die Kämmerchen werden dann durch zirkulierendes Hyaloplasma mit Kieselsäure imprägniert. Es wird allerdings noch ermittelt werden müssen, wodurch die Formunterschiede des Spitzenspumoids in den verschiedenen Spezies erklärbar sind. Überhaupt liegt es nahe, die Skulpturen mancher Diatomeenschalen auf Verkieselung sehr kleiner Kämmerchen, die von dicken Maschen des Hyalonema umgeben waren, zu beziehen.

Das Verschwinden des Spumoidbaues bei dem Absterben der Zellen, also der Zerfall des Diaphragmins, deutet darauf hin, daß zu dessen Erhaltung ein Strömen des Hyaloplasmas erforderlich ist, dessen Störung also Todesursache wird. Bei Schäumen scheint mir das Platzen der Wände einzutreten, sobald das Hyaloplasma soweit ausgeflossen ist, daß die Diaphragminwände zur Berührung kommen.

Über den Import in die Zellen werden eigentümliche Versuche und Beobachtungen mitgeteilt, die flüssige Beschaffenheit eines nackten Protoplasmas zur Voraussetzung haben. Als Import-

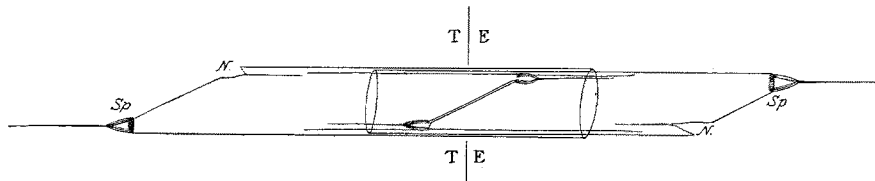


Fig. 6. Schema der Teilung der sehr einfach gebauten Rhizosolenia semispina. *Sp.* Spitzen der Mutterzelle, die in Teilung begriffen ist. Im Inneren legen sich die Spitzen der Tochterzellen an. *N.* Narbe, in der bei der früheren Teilung sich die Spitze der Schwesterzelle angelegt hat. *T E.* Teilungsebene, in der sich die Zellspitzen der Tochterzellen entwickeln.

gesetz wird die Notwendigkeit bezeichnet, daß ein Fremdkörper, der mit einer Flüssigkeitsgrenze in Berührung kommt, von der Flüssigkeit umflossen oder *importiert* wird, wenn er zu der berührten Flüssigkeit eine größere Adhäsion hat als zu seiner bisherigen Umgebung und wenn seine Adhäsion zu der berührten Flüssigkeit größer ist als die Kohäsion zwischen den Molekülen dieser Flüssigkeit. Demonstriert wird das Verhalten an einer 5 cm langen Glaskapillare von 0,4 mm lichter Weite, die senkrecht stehend mit Wasser angefüllt wird und die dann einen 2 cm langen Glasfaden von 0,12 bis 0,15 mm Dicke ganz aufsaugt. Das Wasser zieht sich kapillar an dem Glasfaden hin, dabei wird aber seine Oberfläche gegen die Luft *vergrößert*, obgleich sie das Bestreben hat, die *kleinste* Fläche zu gewinnen. Der Wettstreit ergibt eine Hebung des Glasstabes, die dazu führt, daß er *ganz in das Wasser hineingezogen* wird, wenn er genügend leicht ist.

Die Wirkung der Grenzflächenspannung tritt in dem Fig. 7 wiedergegebenen Versuch Rhumblers deutlich hervor.

In der Pipettenspitze *a* und *b* ist Chloroform über Wasser geschichtet. Ein Schellackfaden wird zunächst vom Wasser, dem Schellack schwach adhärirt, aufgenommen und langsam gehoben. Bei Berührung des Chloroforms tritt der Faden rasch in diese Schicht und steigt sogar

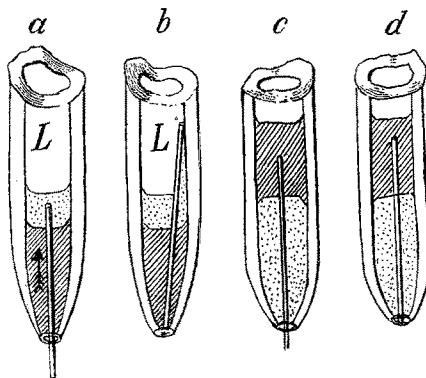


Fig. 7. In der Pipettenspitze findet sich Wasser, schraffiert, Chloroform, punktiert, und Luft, *L.* Ein nicht biegsames Schellackfädchen wird sowohl, wenn Wasser unten und Chloroform darüber geschichtet ist, wie auch bei umgekehrter Schichtung importiert, so daß sich aus den Zuständen *a* und *c* die Zustände *b* und *d* entwickeln.

noch darüber hinaus. In *c* und *d*, wo Chloroform unten liegt, geht der Faden durch die Grenzfläche Chloroform-Wasser gleichfalls hindurch in das Wasser hinein. Rhumbler entnimmt daraus, daß die wegen stärkerer Krümmung mehr Moleküle enthaltende untere Grenzfläche größere Adhäsionswirkungen aufzubringen vermöge, als die flachere Grenzfläche zwischen Wasser und Chloroform.

Dieser Vorgang scheint bei der Nahrungsaufnahme mancher einzelligen Tiere zu wirken, soweit es sich um langgestreckte Nahrungspartikel handelt. Dafür gibt Rhumbler mit nachfolgender Fig. 8 einen Nachweis.

Die Einverleibung des Oscillarienfadens in den Körper der Amöbe Arcella *A.* wird wohl nicht durch andere Kräfte bewirkt worden sein als diejenigen, die bei den Chloroformtropfen *B.*

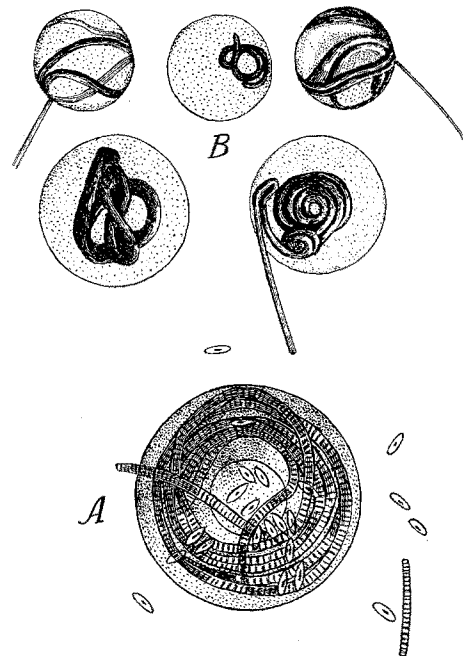


Fig. 8. *A.* Eine Arcella vulgaris, die einen Oscillarienfaden aufgenommen hat, nach einer Photographie von Prof. Neeresheimer. *B.* Chloroformtropfen, die dünne Schellackfäden aufgenommen haben oder in deren Aufnahme begriffen sind. Die Fäden rollen sich in ihrem Inneren so auf, wie der Oscillarienfaden in der Arcella. Die Chloroformtropfen lagen in ausgekochtem Wasser. Vergr. 16 : 1.

die Aufnahme und Aufwicklung der Schellack-tropfen bewirkten. *Rhumbler* glaubt diese Art von Nahrungsaufnahme auch für feste Körper ohne besondere Längsstreckung annehmen zu können. Es wird indessen kein Grund ersichtlich gemacht, weshalb solche Körper von der Wand, der sie anhängen, fortgehen sollten, es sei denn, daß andere Kräfte, z. B. Protoplasmaströmungen, sie fortrissen.

Dagegen kommt die Adhäsion für manche *Schalenbildungen* zur Geltung, namentlich, wenn das Material aus Fremdkörpern besteht, die von außen her aufgesammelt werden. Es werden aber auch in einigen Fällen im Innern geformte Kalkmassen mit Hilfe der Adhäsion an die Oberfläche zur Schalenbildung verwendet. Daß es sich dabei um ein rein physikalisches Geschehen handeln kann, weist der folgende Versuch von *Rhumbler* nach.

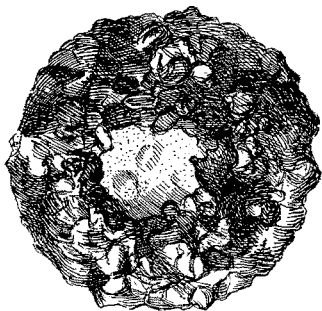


Fig. 9. Künstliches, von einem Ricinusöltropfen in 70 % Alkohol aufgebautes Quarzkörnchengehäuse. Die nach oben gelegene Mündung wurde in diesem Falle durch das Einstechen einer Nadel erzielt, um zu zeigen, daß das Ölinnere keine Steinchen mehr trägt und daß auch die Unterfläche mit einer Steinmauer überdeckt ist. Vergr. 100 : 1.

Wie man sieht, und wie *Rhumbler* selbst betont, gehen die adhärrierenden Teilchen *nicht* ins Innere des Tropfens hinein! Es ist bei dieser Art der Schalenbildung eine Besonderheit, daß die Bausteine in der Schale sehr genau aneinander gefügt werden. Man hat dies Verhalten als eine intelligent auswählende Tätigkeit der betreffenden Protisten deuten wollen. Dem entgegen sagt *Rhumbler*: Einer Flüssigkeitsfläche adhäsionszierende Fremdkörper streben nach Kohärenz (S. 589). Hier soll das Wort *cohaeresco* im Gegensatz zu *cohaereo* auf die *selbsttätige* Bewegung der Fremdkörper während des Aneinanderschließens derselben aufmerksam machen. Daß den Fremdkörpern eine Selbsttätigkeit zugeschrieben wird, ist dem Referenten befremdend.

Für den Einfluß der Grenzschicht auf die Stoffein- und -ausfuhr der Zellen kommt wohl eine von *Macallum* nachgewiesene Eigentümlichkeit in der Verteilung des *Kaliums* im Protoplasma zur Geltung. Kaliumverbindungen lassen sich durch in eine Lösung bestimmter Konzentration von Natriumnitrit und Essigsäure gebrachtes Hexanitrit von Kobalt und Natrium nachweisen.

In den Zellen fällt das Kalium als gelbe Masse, die mit Ammoniumsulfat schwarz wird, nieder. Es zeigt sich eine besonders starke Kaliumanhäufung an solchen Stellen des Protoplasmas, wo Fortsätze getrieben werden, also *wo die Hüllen besonders gelockert und aufgetrieben sind*.

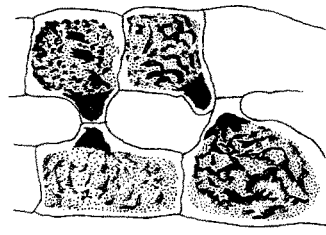


Fig. 10. Zwei Fäden von *Spirogyra*. Oberflächenkondensierung an den Sitzen der zur Erzeugung von Zygosporen entwickelten Auswüchse.

Nach einem als Gibbs-Thomsonsches Prinzip bezeichneten Satz ist ein *Gelöstes*, das die Oberflächenspannung *vermindert*, innerhalb einer Flüssigkeit in ihrer Oberflächenschicht *konzentrierter als sonstwo* in der Flüssigkeit, während ein *Gelöstes*, das die Oberflächenspannung *erhöht*, an der Oberflächenschicht der Flüssigkeit *am wenigsten konzentriert ist*. Kaliumionen erniedrigen die Spannung in der Grenzschicht. Da sich zeigt, daß diese Ionen nach Bedarf in Protoplasteilen angehäuft werden können, ist es, wie *Rhumbler* ausführt, wohl möglich, daß Kaliumanhäufungen in aufnehmenden oder absondernden Zellen so an deren entsprechenden Oberflächen liegen, daß sie, je nachdem, *den Eintritt oder den Austritt von Molekülen besonders begünstigen*.

Rhumbler geht auf die Organogenese und auf die plastische Reaktionsfähigkeit der Gewebe genau ein. Da diese Kapitel mehr für das Zellengefüge als für das hier abzuhandelnde Protoplasma Bedeutung haben, genügt es, auf diese Abschnitte hinzuweisen.

Ideale und reale photochemische Prozesse¹⁾.

Von Prof. Dr. Fritz Weigert, Leipzig.

Hochansehnliche Versammlung!

Es ist mir zu meiner großen Freude vergönnt, heute hier an derselben Stelle vor Ihnen über photochemische Dinge sprechen zu dürfen, wo vor fast 10 Jahren mein hochverehrter Lehrer *Luther* in seiner bekannten Rede über die „*Aufgaben der Photochemie*“ vielleicht als Erster einen allgemeinen rückwärts- und vorwärtsschauenden Querschnitt durch den damaligen Stand unserer Wissenschaft legte. Vieles, was damals für die

¹⁾ Rede gehalten beim Antritt des Lehramts für Photochemie und wissenschaftliche Photographie an der Universität Leipzig, am 25. Juli 1914.