

BOTANISCHES MUSEUM
der k.k. Universität.

J. No 13214

B

2167/5

Kerner

Ueber offene
Communicationen zwischen den Zellen

des

Endosperms einiger Samen.

Von

Dr. Eduard Tangl,

Prof. in Czernowitz.



Hierzu Tafel IV, V, VI.

Separat-Abdruck aus Pringsheim's Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik
Band XII.

Berlin.

Druck von G. Bernstein.

1880.

Ueber offene
Communicationen zwischen den Zellen

des

Endosperms einiger Samen.

Von

Dr. Eduard Tangl,

Prof. in Czernowitz.



Hierzu Tafel IV, V, VI.

Berlin.

Druck von G. Bernstein.

1880.

Im Verlaufe von Untersuchungen über das Verhalten der Cellulosemembranen gegen organische, in dieser durch mineralische Zusatzmittel fixirbaren Farbstoffe¹⁾, machte ich einige vornehmlich den feineren Bau der Zellhäute des Endosperms von *Strychnos nux vomica* betreffende, nicht uninteressante Beobachtungen, welche ich im Folgenden darlegen will, um zu einlässlicheren Untersuchungen über diesen Gegenstand anzuregen.

1) Ich operirte hauptsächlich mit einer conc. Auflösung von Carmin in gewöhnlichem Alaun. Diese ausgezeichnete Tinktionsflüssigkeit für Cellulosemembranen erhält man folgendermassen: es wird Alaun in Wasser bis zur Sättigung aufgelöst; man versetzt nun die Lösung mit einer beliebigen Menge Carmin kocht ca. 10 Minuten und filtrirt nach dem Erkalten. Diese Farbstofflösung färbt die meisten Cellulosemembranen in ca. 5–10 Minuten intensiv roth. Verkorkte, cutisirte und verholzte Membranen bleiben ungefärbt. Die Tinktion hält sich sehr gut in Glycerin und es gestattet daher die Anwendung derselben die Herstellung sehr instruktiver Präparate, zumal solcher über den Bau der Gefässbündel. Die Protoplasmakörper und Zellkerne nehmen den Farbstoff aus der Tinktionsflüssigkeit sehr copiös auf. Es ist daher, um reine Präparate zu erhalten, sehr zu empfehlen, die Pflanzentheile, denen die zu tingirenden Schnitte entnommen werden sollen, vorher in absol. Alkohol zu härten, wodurch nicht nur die Imbibition der Farbstofflösung beschleunigt, sondern auch noch der weitere Vortheil erreicht wird, dass die tinktionsfähigen Inhaltkörper im Zelllumen unverändert zurückbleiben

Eine wässerige Solution von Alauncarmin (1–5 pCt. gewöhnlicher oder Ammoniakalaun mit $\frac{1}{2}$ –1 pCt. Carmin) hat bereits Grenacher als Kernfärbemittel empfohlen. Vgl. Archiv für mikrosk. Anatomie 1879 S. 465 und Zeitschrift für Mikroskopie, 2. Jahrg. Berlin 1879, S. 55.

Das Endosperm von *Strychnos nux vomica* wird nach aussen von einer Schicht verlängerter Zellen begrenzt, deren Seitenwände auf die Oberfläche des Gewebes senkrecht gerichtet sind. Nach längerer Quellung in Wasser bemerkt man in diesen Zellen eine schwach lichtbrechende Schale¹⁾, welche das Lumen derselben als dünner Saum umgiebt. Die zwischen diesen Zellen vorhandene stark lichtbrechende Zwischensubstanz geht ohne Unterbrechung in die äussere Verdickungsmasse derselben über (Taf. IV Fig. 1). — Das Hinabrücken der parallel mit der Oberfläche des Endosperms geführten Schnitte führt allmählig in die grosszellige Region dieses Gewebes. Hier treten die besonderen Schichtcomplexe jeder Zelle, ebenfalls innerhalb einer, je zwei benachbarten Zellen gemeinsamen, optisch undifferenzirten, dichten Zwischensubstanz auf. Auf Schnitten, die parallel der Oberfläche des Endosperms, dicht unter der äussersten Zellschicht geführt sind, zeigen die Zellen den in Taf. IV. Fig. 2 abgebildeten Bau. Es tritt bereits hier, nach innen von der mittleren geschichteten Schale der Zellhaut, eine stark lichtbrechende Begrenzung des Lumens auf. Die nun folgenden Zelllagen schliessen sich in Bezug auf den Bau der Membranen, ganz an diejenigen an, welche sich unter der epidermisähnlichen äussersten Zellschicht befinden. Da ihre Membranen eine relativ nur geringe Quellungsfähigkeit besitzen, so wird der bereits beschriebene Bau auch durch sehr lang fortgesetzte Wasserwirkung nicht weiter verändert. Dies ist aber bei den weiter nach innen gelegenen Zellen, aus denen die grössere Masse des Endosperms besteht, nicht der Fall, da die Quellungsfähigkeit der Membranen im direkten Verhältniss mit der Entfernung von der Oberfläche des Endosperms zunimmt und in der innersten Region desselben das Maximum erreicht.

In diluirtem Alkohol untersucht, zeigen die bei direkter Wasserbehandlung sehr stark aufquellenden Membranen, der von der Oberfläche entfernteren Zellen des Endosperms, den in Fig. 6, 8 dargestellten Bau. — Man erkennt auf den ersten Blick, dass hier der

1) Ich gebrauche diesen von Sachs vorgeschlagenen Ausdruck, hier und im Folgenden, zur Bezeichnung distinkter, mit einander zusammenhängender Complexe von abwechselnd dichten und weichen Zellhautschichten. Vergl. Lehrbuch der Botanik 4. Aufl. p. 34.

bereits beschriebene Typus des Baues festgehalten wird, nur tritt hier die innere dichte Begrenzung des Lumens, als ein etwas breiterer heller Ring auf, der, so lange die Zellhaut nur wenig Imbitionswasser enthält, gegen die mittlere Schale hin, nicht scharf abgesetzt ist.

Befördert man das Aufquellen durch weitere Wasserzufuhr, so zeigen die Zellen den Fig. 4, 5 auf Taf. IV. entsprechende Bilder, die sich daraus ergeben, dass die aufquellende innere Schale in abwechselnd dichte und weiche Schichten zerfällt.

Unterwirft man sehr dünne Schnitte aus der inneren, quellungsfähigeren Zone des Endosperms der unmittelbaren Einwirkung des Wassers, so wird das Lumen der durch den Schnitt geöffneten Zellen, durch die aufquellende innere Schale der Zellhaut nach und nach in sehr auffälligem Grade verengert. Hierbei werden die Schichten der inneren Schale, weil dieselben in tangentialer Richtung stärker als in radialer aufquellen, eingefaltet und oft sehr stark verbogen. (Taf. IV Fig. 3.)

Die Veränderungen, welche die Membran geschlossener Zellen beim Aufquellen in Wasser erfährt, schliessen damit ab, dass aus der inneren Schale derselben ein Complex von Schichten hervorgeht, wobei die Grösse des Lumens von einem gewissen Zeitpunkte an unveränderlich bleibt.

In vorgerückteren Quellungsstadien der Membranen durch den Schnitt geöffneter Zellen, sind die ursprünglich so deutlichen Verhältnisse der Schalendifferenzirung oft völlig verwischt, indem die Schichten beider Schalen ohne deutlich wahrnehmbare Grenze in einander übergehen. Von den Verhältnissen beim Beginn der Quellung weichen die Membranen geschlossener Zellen im Zustande der Sättigung mit Imbitionswasser nur insofern ab, als beide Schalen derselben in zahlreiche Schichten zerfallen, die aber stets zwei gesonderten, durch eine sehr scharf hervortretende Grenzlinie getrennten Complexen angehören (Taf. IV Fig. 4).

Glycerin verzögert, wenn dieses in etwas dickeren Zustand als Untersuchungsmedium angewendet wird, in sehr auffälligem Grade den Verlauf der Quellung der Membranen dieser Zellen.

Die im Vorangehenden als Zwischensubstanz bezeichnete Schicht der Membranen entspricht nicht in ihrer ganzen Dicke der sogenannten

Mittellamelle im Gewebeverbande auftretender Zellen. Man erhält die letztere als höchst feines, in den Knotenpunkten verdicktes Netzwerk, erst dann zur Ansicht, wenn dünne Schnitte mit Schwefelsäure behandelt werden. Es besteht also diese optisch nicht differenzirte Zwischensubstanz aus der eigentlichen Mittellamelle, der beiderseits noch besondere, aus den äussersten Schichtcomplexen benachbarter Zellen bestehende Schalen anliegen. — Der Kürze des Ausdrucks wegen will ich für diese nur scheinbar homogene Zone im Folgenden die bereits gebrauchte Bezeichnung beibehalten.

Durch Anwendung gebräuchlicher Reagentien gelingt es ohne Schwierigkeit, in den Membranen die Cellulosereaktionen hervorzurufen¹⁾.

Das trockene, sehr fettreiche Protoplasma der Endospermzellen erscheint, in Oel untersucht, als ein stark lichtbrechender, structurloser Körper. Dasselbe ist der Fall, wenn trockene Schnitte in stark entwässertem Alkohol untersucht werden.

In Glycerin und diluirtem Alkohol zerfällt das Protoplasma in eine Grundsubstanz und dieser eingebettete, aus homogener Masse bestehende, anfänglich polyedrische, sich jedoch schnell abrundende Aleuronkörner (Taf. IV Fig. 7).

Auf seiner Oberfläche zeigt das erst durch Wasserimbition in den differenzirten Zustand übergehende Protoplasma eine hyaline, peripherische Grenzschicht, die den ganzen Inhaltkörper sackartig einhüllt (Taf. IV Fig. 7 bei h).

Durch die besagten wasserhaltigen Untersuchungsmedien wird die innere Masse des Protoplasmas in durch den Schnitt geöffneten Zellen rasch desorganisirt. Liegen die Präparate längere Zeit in Glycerin, so wird aus den geöffneten Zellen das Desorganisationsprodukt zum grössten Theile durch Auflösung fortgeschafft, und man

1) Gegen Alauncarmin verhalten sich jedoch diese Membranen ganz indifferent, indem sie den Farbstoff aus der Tinktionsflüssigkeit wohl aufnehmen, aber denselben nicht für die Dauer zu fixiren vermögen. Lingenen speichern dieselben Membranen, in analoger Weise wie Cellulosehäute von Cambium- und älteren Parenchymzellen, sehr zahlreicher, auf diesen Punkt genauer geprüfter Pflanzen, den blauen Farbstoff aus einem wässerigen Blauholzdekot in unlöslicher Modifikation auf, wenn diese im kalten Zustande anzuwendende Tinktionslösung einen Zusatz von Eisenvitriol enthält.

erhält dann die erwähnte Grenzzone des Protoplasmas, als doppelt contourirtes Häutchen sehr deutlich zur Ansicht (Taf. IV Fig. 2, 5 bei h). Im Folgenden werde ich mich zur Bezeichnung dieser resistenteren Grenzzone des Protoplasmas des Ausdruckes Hüllschicht bedienen. Es entspricht diese offenbar der hyalinen, peripherischen Umkleidung, die ich bereits früher für das Protoplasma der Erbse angegeben habe¹⁾.

Lässt man einen trockenen Schnitt aus der inneren, quellungsfähigeren Region des Endosperms in diluirtem Alkohol aufquellen, so bemerkt man in den geschichteten Membranen der zwischen je zwei Nachbarzellen auftretenden Scheidenwände eine feine Streifung. Man findet sie niemals an Stellen der Membran, die den Zellkanten zugewandt sind; hier sind Structurzeichnungen der Zellhaut nur durch die Schichtung bedingt (Taf. V Fig. 8).

Das Aussehen der gestreiften Membranparthien wechselt von Zelle zu Zelle. An einzelnen Punkten lassen sich die aus dichter Substanz bestehenden Streifen bis zur inneren Oberfläche der Membran verfolgen. Die meisten Streifen setzen jedoch, zumal in stärker gequollenen Membranen, an der äusseren Begrenzungslinie der inneren Schale scharf ab.

Es kommt gelegentlich vor, dass einzelne Streifen auffallend stärker ausgebildet sind. Sie stellen sich als helle Linien dar, welche continuirlich zwischen den inneren Schalen benachbarter Zellen verlaufen. Man findet unter diesen auch solche, die die Zellhaut in ihrer ganzen Dicke durchsetzen. Treten solche stärker ausgebildete Streifen dicht neben einander auf, so erscheint die Zwischensubstanz auf diesen Punkten der Membran aus abwechselnd hellen und dunklen Stücken zusammengesetzt.

Bei geringer Veränderung der Lokalebene, beim Heben oder Senken des Tubus, verlieren einzelne Streifen ihre Deutlichkeit und es bringt jeder Wechsel der Einstellung neue Streifen, in veränderter Anordnung zur Ansicht. Hieraus geht unwiderleglich hervor, dass die in den Membranen vorhandenen Parthien von differentem Lichtbrechungsvermögen, welche das streifige Aussehen derselben be-

1) Vergl. meine erste Abhandlung über diesen Gegenstand im Sitzungsber. der Kais. Akad. der Wissensch, Wien 1877, December-Heft.

dingen, nicht denjenigen entsprechen, welche wie Blätterdurchgänge eines Krystalls, die Schichten typisch gestreifter Membranen durchsetzen¹⁾. In Wirklichkeit sind also die Streifen dichtere, drehrunde Fäden, welche auf sehr eng begrenzten Stellen die geschichteten Membranen der uns beschäftigenden Endospermzellen durchziehen.

Zum Beweise hierfür dient noch ein anderes Moment. Man sieht die streifige Beschaffenheit der Membranen in zwei auf einander senkrechten Richtungen. In einer dritten, auf die beiden früheren senkrechten Richtungen, zeigen die Membranen keine Streifung, sondern eine sehr deutliche Punktirung (Taf. V Fig. 12). Diese Bilder zeigt jeder Querschnitt durch die verdickten Membranen. Besitzen diese in Präparaten von entsprechender Dicke eine derartige Lage, dass in denselben die Streifen nahezu senkrecht zur Unterlage verlaufen, so kann man beim Wechsel der Einstellung ihr Profil in die Längsansicht übergehen sehen.

Nachdem nunmehr sichergestellt ist, dass die Membranen je nach ihrer Lage im Gesichtsfeld, gestreift oder punktirt erscheinen, so lässt sich der Bau derselben mit Rücksicht auf diese Structurzeichnungen, die wie Auf- und Grundriss in Relation zu bringen sind, ohne Schwierigkeit räumlich construiren. — In dieser Beziehung lehrte die Betrachtung nur wenig gequollener Schnitte, dass die Streifen unter diesen Verhältnissen in einer Zone auftreten, die räumlich aufgefasst, die Gestalt eines Cylinders besitzt, dessen Grundflächen, je nach der Ausbildung der Streifen, die innere Schale an ihrer äusseren oder inneren Oberfläche treffen. Die Mantelflächen, des von parallelen Streifen durchzogenen cylindrischen Mittelstückes der Scheidewände berühren an keinem Punkte die Zellkanten; sie erscheinen daher auf wirklichen oder optischen Durchschnitten der Membranen von nicht punktirten, ringförmigen Zonen umschlossen. In Folge stärkerer Quellung geht das gestreifte Mittelstück der Membranen in die Tonnenform über, indem jenes in der Ebene des Aequators, dem die aus der Zwischensubstanz gebildeten Querscheibe entspricht, stärker als an den beiden Grundflächen verbreitert wird.

1) Vergl. Nägeli: Ueber den inneren Bau der vegetabilischen Zellmembranen im Sitzungsbericht der königl. bayr. Akad. der Wissensch. in München vom 7. Mai 1864 (S. 297).

Dadurch wird jedoch der ursprüngliche geradlinige, zur Lamelle der Zwischensubstanz senkrechte Verlauf der Streifen geändert und es erscheinen nun diese um so auffälliger bogenförmig gekrümmt, in je grösserer Entfernung dieselben von der zur Zwischenlamelle senkrechten Axe der Tonne auftreten.

Was mich aber hauptsächlich bestimmt, das gestreifte Aussehen der Membranen aus Verhältnissen im Baue derselben abzuleiten, die dem Wesen einer Streifung absolut fremd sind, sind die Erscheinungen, welche die Behandlung mit Jodpräparaten an den Membranen der inneren, quellungsfähigeren Region des Endosperms hervorruft. Unter diesen Verhältnissen färben sich sämtliche Streifen gelb oder braun und sie erscheinen nun als feine, die Zellhäute in ihrer ganzen Dicke durchsetzende gefärbte Fäden (Taf. V Fig. 10).

Zur Darstellung der in den Membranen befindlichen Fadenzüge mittelst Jod genügt schon die unmittelbare Behandlung trockener Schnitte mit wasserhaltiger, alcoholischer Jodtinktur oder Jodkaliumjod. Auf diese Weise erhaltene Präparate sind jedoch durch die Inhaltkörper zerschnittener Zellen oft so sehr verunreinigt, dass man den feineren Bau der Membranen nur auf engbegrenzten Stellen der Präparate mit Deutlichkeit wahrnehmen kann. Durch ein einfaches Verfahren kann dieser Uebelstand ganz beseitigt werden. Trockene, etwas dickere Schnitte werden in einem kleinen Probirröhrchen ca. 5 Minuten mit verd. alcohol. Jodtinktur oder Jodkaliumjod behandelt. Man schüttelt hierauf die gelb gewordenen Schnitte durch, nachdem zuvor etwas Wasser nachgefüllt wurde. Anhängende Inhaltspartikel sind nun gänzlich entfernt und man erhält so Präparate, welche unter Wasser mikroskopisch untersucht, wegen der Deutlichkeit der die Membranen durchsetzenden Fadenzüge, einen höchst frappirenden Anblick gewähren, was namentlich innerhalb dickerer Parthien der Schnitte in höchst überraschender Weise der Fall ist. Hier erscheinen nämlich die Inhaltkörper unverletzter Zellen als mannigfach geformte dunkle Ballen, von denen aus nach den benachbarten Zellen hin braune oder gelbe Fadenzüge unter bereits angegebenen Richtungsverhältnissen ausstrahlen und continuirlich aus jeder Zelle in die benachbarte übergehend, ihre Ausgangscentra in der Peripherie des Lumens in einer Weise verbinden, dass man zum Vergleich mit einigem Recht den bekannten Bau der Röhren-

knochen heranziehen könnte: es würden dann die tief braunen Inhaltskörper den Knochenkörperchen, die feinen, in der Membran verlaufenden Fäden den Knochenkanälchen entsprechen.

Bilder, die man erhält, wenn trockene Schnitte zuerst mit alkohol. Jodtinktur und hierauf mit Chlorzinkjod behandelt werden, zeigen die beschriebenen Verhältnisse mit sehr grosser Deutlichkeit, nur sind dieselben wegen der gleichzeitig stattfindenden, sehr starken Quellung der Membranen nur von kurzem Bestande. Nichtsdestoweniger ist diese Behandlungsweise der Präparate sehr geeignet, den continuirlichen Verlauf der Fäden in der Membran klar zu demonstrieren, da dieselben in der durch Aufquellen schwächer lichtbrechend und durchsichtiger gewordenen Zwischensubstanz mit der grössten Deutlichkeit hervortreten.

Aus dem bisher Angeführten ergibt sich zur Evidenz, dass die punkt- resp. fadenförmige Structurzeichnung der Membranen nicht der optische Ausdruck eines räumlich wechselnden Wassergehaltes derselben ist, sondern durch eigenthümliche fadenartige Bildungen bedingt ist. Ich glaube mit Bezug auf diesen Befund als Resultat folgenden Satz aussprechen zu dürfen: Die Membranen des quellungsfähigeren Theiles des Endosperms sind in ihrer ganzen Dicke von feinen, zwischen benachbarten Zellen eine vollständige Höhlengemeinschaft herstellenden Verbindungskanälen durchzogen, in denen mit Jod sich gelb oder braunfärbende Fäden als Ausfüllungsmasse stecken.

Ganz analoge Structurverhältnisse bringt die Behandlung der Präparate mit wässriger Jodtinktur auch in den Membranen durchschnittener Zellen beim Beginn der Quellung der ersteren zur Anschauung. In stärker gequollenen Membranen offener Zellen mit bedeutend verengertem Lumen erscheinen die Fäden in deutlich wahrnehmbare Punktreihen aufgelöst, welche gegen das Lumen der Zellen hin von den innersten Schichten der Zellhaut abgeschlossen werden (Taf. V Fig. 11). Man kann aus diesem Verhalten mit voller Sicherheit den Schluss ziehen, dass die Ausfüllungsmasse der Verbindungskanälchen ein geringeres Quellungsvermögen als die umgebende Substanz der Zellmembran besitzt, und dass der Aggregatzustand derselben, von demjenigen eines flüssigen Körpers erheblich verschieden ist. Der Zerfall der in den Verbindungskanälen steckenden Fäden

in Punktreihen ist daher nur durch die Annahme begreiflich, dass die in nur engen Grenzen dehnbare und quellungsfähige Substanz derselben an die Wände, der in Folge der Quellung der Membran in radialer Richtung sich verlängernden Verbindungskanäle, stark adhärirt.

Der Thatsache, dass man die Fäden auch in den Membranen durchschnittener Zellen darstellen kann, kommt noch eine Bedeutung für die höchst wichtige Frage nach der Herkunft der Ausfüllungsmasse der Verbindungskanäle zu. Denn hieraus geht unwiderleglich hervor, dass die Ausfüllungsmasse nicht erst durch den Druck, den die in radialer Richtung aufquellende Membran auf den Inhalt ausübt, aus dem letzteren heraus- und in die Verbindungskanäle hineingepresst wird. Es ist vielmehr durch die zuletzt angeführte Thatsache der vollständige Beweis für die Präexistenz, einer in Bezug auf das Verhalten gegen Jod, mit dem protoplasmatischen Zellinhalt übereinstimmenden Ausfüllungsmasse in den Verbindungskanälen, erbracht.

Zur richtigen Deutung der dargestellten Befunde lässt sich auf Grund der gemachten Erfahrungen nur eine einzige Möglichkeit finden und diese entspricht der Auffassung, dass die Protoplasmakörper der inneren Zellen des Endosperms sich mit dünnen, in den feinen Verbindungskanälen verlaufenden Strängen unter einander in Verbindung setzen und so zu einer Einheit höherer Ordnung zusammentreten. In Consequenz dieser Auffassung gelangen wir zur Schlussfolgerung, dass im Bau einer bestimmten Region des in Betracht kommenden Gewebes von dem allgemeinen Princip, welches sonst den Bau des Pflanzengewebes beherrscht und in seiner Durchführung auf vollständige Sonderung der Protoplasmakörper im Gewebeverbande auftretender Zellen hinzielt, in ganz unzweideutiger Weise Umgang genommen wird.

Bei allen bisher auf den Bau dieser Zellen gerichteten Untersuchungen haben sich keinerlei Erscheinungen ergeben, die gegen die vorgebrachte Deutung der früher erörterten Befunde sprechen würden. So ist der Umstand, dass die Oberfläche der von der Membran abgelösten Hüllschicht des Protoplasmas stets glatt erscheint, gewiss kein Argument gegen die Annahme des unter normalen Quellungsverhältnissen des Gewebes vorhandenen Zusammen-

hanges der in den Verbindungskanälen befindlichen Fäden, mit der hautartig ausgebildeten Oberfläche des Protoplasmas. Denn es ist ja möglich, dass zwischen den die Zellhaut durchziehenden Fäden und den Wänden der Verbindungskanäle der aus gegenseitiger Adhäsion sich ergebende Zusammenhang stärker ist als derjenige zwischen den Fäden und der Insertionsstelle dieser an der Oberfläche des Protoplasmas. Es können daher alle Ursachen, welche die Ablösung der Hüllschicht von der Innenfläche der Membran zur Folge haben, wohl eher ein Abreissen der Fäden an der Insertionsstelle bewirken, als dazu beitragen, dieselben aus den sie einschliessenden Kanälen herauszuziehen.

Für die im Obigen angedeuteten Beziehungen der in den Kanälen befindlichen Ausfüllungsmasse zur hautartigen Umkleidung des Protoplasmas dürfte sich eine nähere Begründung aus Folgendem ergeben. Bringt man trockene Schnitte in sehr wasserarme Jodtinctur, so tritt an manchen Stellen der Präparate, wegen der unter diesen Verhältnissen zu Stande kommenden Färbung der Fäden, die beschriebene Structur der Membranen sehr deutlich hervor (Taf. V Fig. 9). — An anderen Stellen der Präparate besitzen jedoch die Membranen ein fast homogenes Aussehen und es erscheinen hier die ungefärbten Fäden im besten Falle mit keiner grösseren Deutlichkeit, als bei der Untersuchung trockener Schnitte im diluirten Alkohol. Die Hüllschichten des Protoplasmas zeigen in solchen Präparaten analoge Verschiedenheiten der Färbung, die in der Regel so weit gehen, dass man eine wasserarme Jodtinctur geradezu als Mittel zur deutlichen Demonstration dieser hyalinen Umkleidungen des Protoplasmas bezeichnen könnte, da dieselben im ungefärbten Zustande, mit der grössten Deutlichkeit, als helle Säume auf die Oberfläche des tiefbraunen Körnerplasmas hervortreten (vergl. Taf. IV Fig. 6). Diese Verschiedenheiten in der Färbung der Fäden und Hüllschichten sind von der Dauer der Einwirkung des Untersuchungsmediums durchaus unabhängig; denn trockene Schnitte, welche 48 Stunden mit wasserarmer Jodtinctur in einem verschlossenen Fläschchen behandelt wurden, besaßen nach wie vor dasselbe Aussehen. Ich muss auf Grund einschlägiger Erfahrungen annehmen, dass durch eine länger andauernde Einwirkung dieses Mediums sogar bereits zu Stande gekommene Färbungen rückgängig gemacht

werden. Lässt man jedoch zu Präparaten, die in wasserarmer Jodtinctur liegen, nachträglich etwas Wasser hinzufließen, so gewinnen dieselben sofort in Bezug auf die Färbung der Fäden und Hüllschichten des Protoplasmas ein ganz gleichmässiges Aussehen.

Gegen Farbstoffe — Carmin in ammoniakalischer und alkoholischer Lösung¹⁾ — verhält sich die Hüllschicht des Protoplasmas ganz indifferent. Ich gewann bei häufiger Wiederholung dieser Tinktionsversuche die Ueberzeugung, dass der Hüllschicht in demselben Grade wie der peripherischen Umkleidung des Protoplasmas der Erbse, die ich bereits früher auf diesen Punkt eingehender geprüft habe²⁾, das Vermögen den genannten Farbstoff durch Accumulation in ihrer Substanz anzuhäufen und in dieser unlöslich zu fixiren, völlig abgeht.

Ebenso wenig gelang es mir, die Fäden mit Carminlösung zu tingiren und es blieben daher alle Versuche, den beschriebenen Bau der Membranen durch Tinktion der in den Verbindungskanälen befindlichen Ausfüllungsmasse darzustellen, ohne Resultat.

Aus dem eben Mitgetheilten geht hervor, dass die Substanz der in den Verbindungskanälen befindlichen Ausfüllungsmasse und die Hüllschicht des Protoplasmas gegen alkoholische Jodtinctur und die angewandten Carminlösungen ein durchaus analoges Verhalten zeigen. Hieraus ziehe ich den Schluss, dass die in den Verbindungskanälchen steckenden Fäden nichts anderes, als dünne mit einander zusammenhängende Fortsätze der Hüllschicht des Protoplasmas benachbarter Zellen sind. Dass dieselben an trockenem oder in absolutem Alkohol liegenden Präparaten nicht gesehen werden, hängt wohl nur mit übereinstimmenden Lichtbrechungsverhältnissen ihrer Substanz und der umgebenden Zellmembran zusammen. Durch Wasserimbtion wird die ursprüngliche Dichte beider in ungleichem Grade verändert und es treten dann die Fäden in den geschichteten Membranen mit grösserer oder geringerer Deutlichkeit hervor.

Unterwirft man Längsschnitte, die sämmtliche Zellschichten

1) Die alkoholische Carminlösung wurde nach der von Grenacher gegebenen Vorschrift bereitet, l. c. S. 468 und S. 55 ff.

2) Vergl. meine zweite Abhandlung über das Protoplasma der Erbse im Sitzungsbericht der Kais. Akad. der Wissensch., Wien 1878, Juni-Heft (S. 39 des Separatabdrucks).

zwischen der Oberfläche des Endosperms und dem im letzteren befindlichen Hohlraum umfassen, der mehr erwähnten Behandlung, so tritt der beschriebene Bau erst in einiger Entfernung von der epidermisähnlichen, äussersten Zelllage mit Deutlichkeit hervor. Die prägnantesten Bilder geben die in radialer Richtung etwas verlängerten Zellen der mittleren Zone. — In der relativ kleinzelligen Umgebung des Hohlraumes können zwischen benachbarten Protoplasmakörpern ausgespannte Fortsätze ebenfalls sichtbar gemacht werden. In der innersten Zelllage des Endosperms werden nur solche Wände von Strängen durchzogen, mit denen diese Zellen untereinander und mit denjenigen der nächstfolgenden nach aussen gelegenen Schicht zusammenhängen. Ihre inneren, dem Hohlraum zugewandten Wände zeigen ausser der Schichtung kein weiteres Structurverhältniss.

Gegen die äusseren Zelllagen hin wird der beschriebene Bau allmählig undeutlich. Dies ist schon in der 2. bis 3. Zelllage unter der epidermisähnlichen Schicht der Fall. In der letzteren und der zunächst unter derselben liegenden Schicht habe ich eine streifige Differenzirung der Membranen im wasserimbibirten Zustand derselben constant vermisst. Demgemäss konnten in diesen Parthien des Gewebes auch keine Verbindungskanäle sichtbar gemacht werden.

Der beschriebene feinere Bau der Membranen und die dadurch ermöglichte Continuität der Protoplasmakörper im Gewebeverbande auftretender Zellen findet eine nächste Analogie in dem bekannten Bau der Siebröhren. So einladend auch der anatomische Bau der letzteren zum Vergleich ist, so wäre dieser dennoch nur mit Rücksicht auf die Beschaffenheit der zwischen den einzelnen Siebröhrengliedern vorhandenen und bekanntlich perforirten Scheidewände zulässig, da der Inhaltmasse der in Betracht genommenen Zellen wohl kaum die Dignität des Protoplasmas zugestanden werden dürfte¹⁾.

Ehe ich die auf Strychnos nux vomica Bezug habenden Mittheilungen schliesse, will ich noch auf eine Thatsache hinweisen, die mir gleich beim Beginn meiner Untersuchungen auffiel. Es betrifft diese eine wirklich frappirende Uebereinstimmung zwischen dem be-

1) Vergl. De Bary, Handb. d. physiol. Bot. 3. Bd. 1877 S. 187. — Sachs, Lehrb. d. Botanik, 2. Aufl. 1870, S. 558.

schriebenen Verlauf der Protoplasmafortsätze in etwas stärker aufgequollenen Membranen mit Bildern, die sich aus der neuerdings von Strasburger¹⁾ beschriebenen strahligen Differenzirung des Protoplasmas der späteren Endospermzellen, während ihrer Anlage im Embryosack, ergeben. Nach der Darstellung dieses Autors erscheinen beim Beginn der sogenannten freien Zellbildung im Embryosack von *Myosurus minimus* die an der Wand derselben gleichmässig vertheilten Kerne, als Mittelpunkte von Sonnen, deren Strahlen ohne Unterbrechung von einem Zellkern zum andern reichen. In Bezug auf den Verlauf dieser Strahlen bemerkt Strasburger ausdrücklich, dass sie um so stärker bogenförmig gekrümmt sind, je mehr sie sich von der Verbindungslinie der Kerne entfernen. Dies sind Richtungsverhältnisse, die genau denen der Protoplasmafortsätze in den Membranen des Endosperms von *Strychnos nux vomica* entsprechen.

Ob diese Uebereinstimmung im Verlauf eine nur äusserliche, durch die Verhältnisse des Dickenwachsthums der anfänglich geschlossenen Membranen bedingte ist, oder ob die Anlage für die beschriebene Structur bereits durch die strahlige Differenzirung des Zellenprotoplasmas während der Endospermbildung gegeben ist und durch einen streng localisirten, zwischen den Strahlen der ursprünglichen Sonnen fortschreitenden Vorgang der Zellhautbildung erhalten bleibt, dies sind Fragen, die a priori nicht zu entscheiden sind und nur auf dem Wege der entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung einer definitiven Lösung zugeführt werden könnten.

Analoge Structures der Zellmembranen habe ich bisher nur im Endosperm zweier Palmenarten aufgefunden. Es dürften dieselben jedenfalls auch mit analogen Eigenthümlichkeiten des Baues der Protoplasmakörper zusammenhängen. Die darauf bezüglichen Beobachtungen will ich ohne weitere Vorbereitung mittheilen, da dieselben einerseits den bisher erwähnten gemäss sind und daher mit

1) Vergl. Neue Beobachtungen über Zellbildung und Zelltheilung, Botanische Zeiung 1879, No. 17. Ich ersuche den Leser, hauptsächlich die Fig. 5 und 6 in Taf. IV zur citirten Abhandlung Strassburger's mit meiner Fig. 10 Taf. II zu vergleichen.

diesen die vollständigste Analogie darbieten und andererseits ich bei der Besprechung derselben weder Vorgänger zu benutzen noch zu widerlegen habe. Einige allgemeinere Bemerkungen über die hier vorliegenden Besonderheiten im Baue der Membranen verspare ich bis zum Schluss.

Endosperm von *Areca oleracea*.

In Wasser aufgequollene parallel zur Oberfläche des Samens geführte Schnitte zeigen den in Fig. 13 Taf. V abgebildeten Bau der Membranen. Von besonderen Structureigenthümlichkeiten der sehr stark verdickten Membranen ist unter diesen Verhältnissen nichts zu sehen. Lässt man jedoch die Schnitte in Chlorzinkjod aufquellen, bis die Membranen eine gleichmässige blaue Färbung angenommen haben, so bemerkt man innerhalb der Membranpartien, welche die gewöhnlich gegen einander gerichteten Porenkanäle nach aussen hin abschliessen, feine die Mittellamelle durchsetzende Fäden (vergl. Taf. VI Fig. 14). Das von ihnen durchzogene zwischen den verbreiterten Enden der Porenkanäle befindliche Stück der Zellhaut besitzt die Gestalt einer Tonne, deren Grundflächen von der elliptisch oder kreisförmig begrenzten Basis des Tüpfelkanals gebildet werden. Der Verlauf der Fäden entspricht also vollständig demjenigen in den Membranen des Endosperms von *Strychnos nux vomica* und es wiederholen dieselben im Kleinen die Verhältnisse des früher besprochenen Gewebes. Eine Verschiedenheit von dem vorhin geschilderten Baue besteht aber doch insofern, als die Fäden nicht am ganzen Umfang des Lumens entspringen.

Die Porenkanäle benachbarter Zellen sind nicht überall genau gegeneinander gerichtet. Ich habe Bilder, die der mit einem Sternchen bezeichneten Stelle in Fig. 14 Taf. VI entsprechen, öfters gesehen. Die Differenzen vom gewöhnlichen Verlauf der Porenkanäle rühren davon her, dass auf der einen Seite der Scheidewand zwei Porenkanäle, auf der andern nur ein einziger auftritt. Demgemäss werden die Membranen auf diesen Stellen von zwei besonderen Fadensystemen durchzogen, deren Axen unter einem spitzen Winkel gegen einander gerichtet sind.

Ganz in derselben Weise, wie für *Strychnos nux vomica* muss ich mich auch über diese zwischen den blinden Enden der Poren-

kanäle ausgespannten Fäden aussprechen, da die Darstellbarkeit derselben wohl nur im Vorhandensein von Protoplasmasträngen durchzogener feiner Verbindungskanäle ihren anatomischen Grund haben kann. Für diese Annahme finde ich eine directe Bestätigung darin, dass die Fäden mit noch grösserer Schärfe und Deutlichkeit hervortreten, wenn die Schnitte vor der Behandlung mit Chlorzinkjod in Jodkaliumjod gelegt werden.

Endosperm der *Phoenix dactylifera*.

Die Darstellung der in den Membranen verlaufenden Verbindungskanälchen und in diesen steckenden Fortsätze des Protoplasmas gelingt bei diesem Objekt in ganz ausgezeichneter Weise, wenn man die Schnitte zuerst mit Jodkaliumjod durchtränkt und dann in Chlorzinkjod aufquellen lässt. An solchen Präparaten bemerkt man, wenn die Schnitte parallel zur Oberfläche des Samens geführt wurden, zwischen den gebläuten Schichten der Membranen, kleine, schwach lichtbrechende aus ungefärbter Zellhautsubstanz bestehende drei- oder viereckige Zwischenfelder. In ihrem Mittelpunkte treffen die Mittelamellen der angrenzenden Zellen zusammen, wodurch jedes helle Zwischenfeld in eine entsprechende Anzahl kleinerer Abtheilungen zerlegt wird (Taf. VI Fig. 15, 17 bei x).

Zwischen den blinden Enden, der auf correspondirenden Punkten benachbarter Zellen auftretenden Porenkanäle, bemerkt man schwach in's Gelbliche spielende Scheiben, die von deutlich dunkelgelb oder braun gefärbten Stäbchen durchzogen werden. In der Mittelebene jeder Scheibe tritt eine stark lichtbrechende gelblich gefärbte, der Mittelamelle entsprechende kreisrunde Mittelplatte auf (Taf. VI Fig. 17 bei a, b, c, d). Auf der Querschnittsansicht erscheint dieselbe je nach ihrer Lage als helle Linie, oder, wenn sie schief auf die Unterlage gerichtet ist, als in die Länge gezogene biconvexe Linse. Der Durchmesser der Mittelplatte ist stets grösser als derjenige der Tüpfelflächen.

Gegen das Lumen der Zellen hin ist jede von den Stäbchen durchzogene Scheibe von der stark lichtbrechenden Innenschicht der Membran begrenzt, die auf allen Punkten die Reaktion einer Cellulosehaut zeigt. An der übrigen zwischen der Innenschicht der

Membran und der Mittelplatte befindlichen Substanz der Zellhaut habe ich mit Sicherheit eine Bläuung nicht wahrgenommen, es erschienen mir vielmehr die gelben oder braunen Stäbchen auch bei gesonderter Untersuchung unter sehr starken Vergrößerungen bei sehr günstigen Beleuchtungsverhältnissen immer durch helle ins Gelbliche spielende Zwischenräume getrennt.

Die auf die Tüpfelflächen senkrecht gerichteten Stäbchen lassen sich continuirlich durch die Mittelplatte und durch die ganze Dicke der die Ausgänge der Tüpfelkanäle abschliessenden Scheiben verfolgen.

Behandelt man in Wasser aufgequollene Schnitte nachträglich mit conc. Schwefelsäure, so erscheinen die Stäbchen als dunkle Streifen, von augenscheinlich geringerem Lichtbrechungsvermögen als die umgebende Zellhautsubstanz. Lässt man jedoch zum aufgequollenen Präparat etwas Jodkaliumjod hinzuziessen, so treten diese dunklen Streifen deutlicher hervor, indem sie eine gelbe oder braune Färbung annehmen und dann den Stäbchen entsprechen, welche durch Chlorzinkjod auf derselben Stelle der Membran sichtbar gemacht werden können. Berücksichtigt man diese Thatsache, so kommt man unabweislich zur Erklärung, dass die streifige Differenzirung der gequollenen Scheiben durch lokal ausgeprägte Unterschiede im optischen Verhalten nicht bedingt sein kann, dass dieselbe vielmehr auch in diesem Falle mit Verhältnissen im Baue zusammenhängt, welche unter den bereits dargelegten Gesichtspunkt zu bringen sind.

Die Fig. 16 Taf. VI. illustriert den Bau dieser Zellen im Längsschnitt nach der Quellung in Chlorzinkjod. Um diese Zeichnung nicht mit unnötigem Detail zu überhäufen, wurde die hier nicht näher in Betracht kommende Schichtung der Membranen weggelassen. Im Uebrigen entspricht dieselbe den natürlichen Verhältnissen. Zur schnelleren Orientirung des Lesers habe ich einige Punkte dieser Figur mit Buchstaben bezeichnet. Zwischen a und b verläuft die Querwand der in radialer Richtung — senkrecht zur Oberfläche des Endosperms — verlängerten Zellen. Der Längsschnitt der Seitenwände zeigt sehr häufig in einer Flucht liegende Paare gegen einander gerichteter Porenkanäle, zwischen denen auf Strecken von wechselnder Ausdehnung die verdickten Stellen der Membran auf-

treten. In den letzteren erscheinen nach der Behandlung mit Chlorzinkjod linsenförmige, gegen die gebläuten Membranschichten hin scharf abgesetzte Zwischenräume (c, d, e), die von einer sehr schwach lichtbrechenden Substanz erfüllt sind. Gegen Chlorzinkjod verhält sich dieselbe vollkommen indifferent und sie stimmt auch in Bezug auf dieses Verhalten ganz mit der Substanz überein, aus der die vorhin erwähnten hellen Zwischenfelder der in ähnlicher Weise behandelten Querschnitte bestehen. Bei gesonderter Betrachtung unter stärkerer Vergrößerung bemerkt man in jedem hellen Zwischenraum eine feine, der Mittellamelle dieser Theile der Zellhaut entsprechende Linie, die diesen der Länge nach durchzieht und continuirlich in die beträchtlich dickere Mittelplatte der perforirten Scheiben übergeht.

Die Mittellamelle mit Chlorzinkjod behandelter dünner Längsschnitte der Seitenwände besitzt daher das Aussehen eines bandartigen Streifens, welcher zwischen den Tüpfelflächen stärker verdickt ist und hier aus dichter Substanz als die zwischen den Wandverdickungen befindlichen Abschnitte desselben, besteht.

Das Aussehen in Chlorzinkjod aufgequollener Querwände, in denen ebenfalls mit Verbindungskanälen communicirende, gegen einander gerichtete Paare von Tüpfelkanälen auftreten, entspricht nur wenig demjenigen der Seitenwände. Denn hier setzt sich die Beschaffenheit der zwischen den Tüpfelkanälen befindlichen Mittelplatten continuirlich auf die übrigen zwischen den Wandverdickungen verlaufenden Theile der Mittellamelle fort und es entspricht dieser daher am Querschnitt ein schmales Band (a b), welches auf allen Punkten übereinstimmende Dicke und Lichtbrechungsverhältnisse zeigt. Eine weitere Abweichung ergibt sich noch daraus, dass die vorhin beschriebenen linsenförmigen Mittelstücke, selbst nach der intensivsten Quellung in Chlorzinkjod, in den Querwänden nicht zum Vorschein kommen.

Ueberlässt man Längsschnitte durch längere Zeit der Einwirkung von Chlorzinkjod, so verlieren die in den erwähnten linsenförmigen Zwischenräumen verlaufenden Theile der Mittellamelle zunächst an Deutlichkeit, später entschwinden sie gänzlich dem Blick. Im Gegensatz zu diesem Verhalten ist die Mittellamelle der Querwände in demselben Maasse wie die Mittelplatten in den Seiten-

wänden gegen dieses Reagens in hohem Grade resistent und es konnte niemals ein Verblässen derselben wahrgenommen werden.

Mit der jedenfalls äusserst geringen Quellungs-fähigkeit dieser Theile der Mittellamellen des Gewebes dürfte, wie ich vermüthe, zusammenhängen, dass die den Verbindungskanälchen entsprechenden Stäbchen stets einen geradlinigen Verlauf zeigen und dass selbst in sehr vorgerückten Quellungsstadien der Membranen nie die für *Areca* oder. so charakteristische tonnenförmige Anordnung derselben zu Stande kommt. Diese Verschiedenheiten resultiren wohl daraus, dass beim letztgenannten Object die in Chlorzinkjod aufquellenden äussersten Schichten der Zellhaut an der Mittellamelle keinen so festen Rückhalt wie bei *Phoenix dact.* finden, da hier die geringe Quellungs-fähigkeit derselben dem in tangentialer Richtung sich äussernden Ausdehnungsstreben der peripherischen Zellhautschichten entgegentritt und so auch die Ausbreitung des Systems von Verbindungskanälen in der Ebene des Aequators verhindert.

Die bereits für die Endospermzellen von *Strychnos nux vomica* hervorgehobene Analogie mit dem Baue der Siebröhren spricht sich in beiden vorhin behandelten Fällen noch deutlicher und so bestimmt aus, dass man die betreffenden Endospermgewebe geradezu als mit Siebplatten ausgestattete Parenchymgewebe ansprechen könnte. In Consequenz dieser Auffassung müsste jedoch diesen Parenchymgeweben ein weiterer, denselben sonst nicht zukommender physiologischer Charakter zugestanden werden. Dieser wird durch die in der Membran präformirten fest begrenzten Verbindungskanälchen bestimmt, durch welche in den vitalen Zuständen dieser Gewebe, die Stoffwanderung zwischen den Zellen einerseits von osmotischen Vorgängen unabhängig gemacht und andererseits das Zustandekommen derselben in der Form einer Massenbewegung ermöglicht wird, welche in analoger Weise wie diejenige zwischen Siebröhrengliedern verlaufen müsste.¹⁾

In letzterer Beziehung darf die physiologische Bedeutung der in den verdickten Membranen auftretenden Verbindungskanälchen nicht unterschätzt werden. Denn so sehr auch die starke Verdickung der

1) Vergl. Sachs, Lehrbuch der Botanik, IV. Aufl. S. 683.

Membranen der untersuchten Endospermgewebe im Hinblick auf die ernährungs-physiologische Bedeutung derselben für die Entwicklung des Keimes als vortheilhaft bezeichnet werden muss, so sehr muss ja dieselbe die Ausgiebigkeit der Diffusionsvorgänge zwischen den Zellen, sowohl im Stadium der eigenen Ernährung, als auch im späteren der Resorption während der Keimung entschieden beeinträchtigen. Ich finde daher in den beschriebenen Eigenthümlichkeiten des Baues, durch welchen nicht nur eine Fortschaffung der Nährstoffe aus dem Protoplasma des Embryosackes nach den wachsenden Zellen des Endosperms hin, sondern auch die Entleerung der Reservestoffbehälter während der Keimung wesentlich erleichtert wird, die causale Erklärung für das Vorhandensein derselben.

Als ein für diese Auffassung günstiges Moment betrachte ich die Thatsache, dass die relativ dünnwandigeren Membranen in den äusseren Zelllagen des Endosperms von *Strychnos nux vomica* und aller auf diesen Punkt untersuchten Samen von Umbelliferen keine Verbindungskanäle besitzen, da auf molekularen Umlagerungen beruhende Diffusionsbewegungen hier wohl auf kein erhebliches Hinderniss treffen und daher auch für die Zu- und Ableitung von Nährstoffen ausreichen dürften.

Höchst auffallend ist die Thatsache, dass in den von breiten Porenkanälen durchzogenen, stark verdickten Membranen des Endosperms von *Strychnos potatorum*, welche in Bezug auf die Schalenbildung mit denjenigen von *Strychnos nux vomica* in allen wesentlichen Punkten übereinstimmen, keine Verbindungskanälchen auftreten. Daraus geht hervor, dass den Porenkanälen für die in Betracht kommenden, soeben im Princip angedeuteten physiologischen Vorgänge, eine wichtige stellvertretende Bedeutung zukommt, die es durchaus unzulässig erscheinen lässt, den in den getüpfelten Membranen des Endosperms der untersuchten Palmensamen vorgefundenen Bau für diese ganze Gruppe zu verallgemeinern.

Ueberblicken wir die gewonnenen, in der vorliegenden Abhandlung niedergelegten Resultate der Untersuchung, so wird durch dieselben die Thatsache festgestellt, dass die verdickten Membranen des Endosperms einiger Samen von einem System von Verbindungskanälen durchzogen werden, durch welche eine offene Communication

zwischen benachbarten Zellelementen und ein continuirlicher Zusammenhang ihrer Protoplasmakörper hergestellt wird. —

Der Umstand, dass die Darstellung des beschriebenen Baues in den verdickten Membranen des Endosperms in systematischer Beziehung sehr weit abstehernder Pflanzen gelungen ist, darf zur Hoffnung berechtigen, dass wir demselben auch noch bei anderen Objecten begegnen werden.

Czernowitz, im Juli 1879.

Erklärung der Abbildungen.

(Vergrößerung in Parenthese.)

Taf. IV.

Fig. 1—7 Endosperm von *Strychnos nux vomica*.

Fig. 1 (500). Die äussersten Zelllagen des Endosperms an einem senkrecht zur Oberfläche des Samens geführten Schnitt.

Fig. 2 (620). Querschnitt in etwas grösserer Entfernung von der Oberfläche parallel mit dieser nach Einwirkung von Glycerin. h die von der inneren Oberfläche der Membran abgelöste Hüllschicht des Protoplasmas, z Zwischensubstanz, m mittlere, i innere Schale der Membran.

Die Fig. 3—12 illustriren den Bau der inneren Zellen des Endosperms, an parallel mit der Oberfläche desselben geführten Schnitten.

Fig. 3 (630). Durch Quellung in Wasser veränderte Membran einer durch den Schnitt geöffneten Zelle; i_1 und i_2 zwei besondere, durch Quellung aus der inneren Schale hervorgegangene Complexe von Schichten.

Die übrigen Bezeichnungen in dieser und den folgenden Figuren wie bei Fig. 2.

Fig. 4 (620). Membran einer geschlossenen Zelle beim Abschluss der Quellung im Wasser.

Fig. 5. Zelle aus einem mit Glycerin behandelten Schnitt.

Fig. 6 (620). Zelle aus einem mit wasserarmer Jodtinktur behandelten Schnitt. Die Hüllschicht (h) ist auf der Oberfläche des tiefbraunen Körperplasmas als heller Saum sichtbar.

Fig. 7 (620). Differenzirter Zustand des Protoplasmas nach Behandlung mit Glycerin. Bei h sieht man einen Theil der Hüllschicht als doppelt contourirten Saum.

Taf. V.

Fig. 8—12. Endosperm von *Strychnos nux vomica*.

Fig. 8 (620). Streifige Differenzirung in diluirtem Alkohol aufgequollener Membranen.

Fig. 9 (620). Mit wasserarmer Jodtinktur in noch ungeschichteten Membranen dargestellte Verbindungskanäle.

Fig. 10 (460). Eine Parthie geschlossener Zellen eines dickeren Schnittes. Die Protoplasmafortsätze in den Verbindungskanälchen wurden mit Jodkaliumjod dargestellt. Die letzteren entsprechen braune, die Zellwände durchziehende Fäden. (S. Text p. 176.)

Fig. 11 (620). In Punktreihen aufgelöste Protoplasmafortsätze einer durchschnittenen, stark gequollenen Membran nach der Darstellung der ersteren mit Jodkaliumjod.

Fig. 12 (620). Querschnitt durch den verdickten Theil der Membran; man sieht die Verbindungskanäle als Punkte im Profil. Im oberen Theil der Fig. 10 zeigt eine Zelle analoge Verhältnisse.

Fig. 13 (620). Querschnitt durch das Endosperm von *Areca oleracea*, in einiger Entfernung von der Oberfläche derselben, in Wasser aufgequollen.

Taf. VI.

Fig. 14 (620). Wie Fig. 13, nach Behandlung mit Chlorzinkjod. Man sieht zwischen den Enden der Tüpfelkanäle in der Membran verlaufende feine Verbindungskanäle. In Bezug auf die mit * bezeichnete Stelle vergl. Text p. 183.

Fig. 15—17. Endosperm von *Phoenix dactylifera*.

Fig. 15 (620). Querschnitt nach Behandlung mit Chlorzinkjod, wodurch die in den nicht verdickten Membranstellen vorhandenen Verbindungskanäle als gelbe Stäbchen hervortreten. In der Mittelebene der siebplattenartig durchbrochenen Membranstellen tritt die Mittelplatte auf. (Text p. 184.) x wie in Fig. 17.

Fig. 16 (500). In Chlorzinkjod aufgequollener Längsschnitt. Vergl. Text p. 185.

Fig. 17 (700). Querschnitt wie Fig. 15. a, b, c, d Mittelplatten, x helle von den Mittellamellen angrenzender Zellen durchgezogene Zwischenfelder, die von den gebläuten Membranschichten umschlossen werden.

Fig. 1.

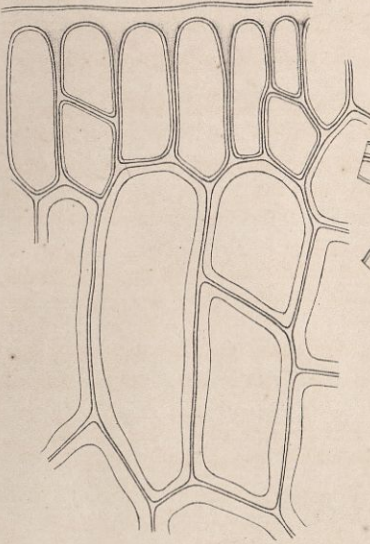


Fig. 2.

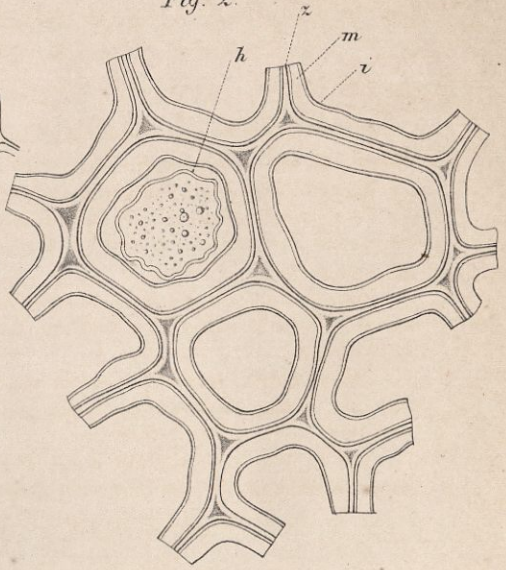


Fig. 3.

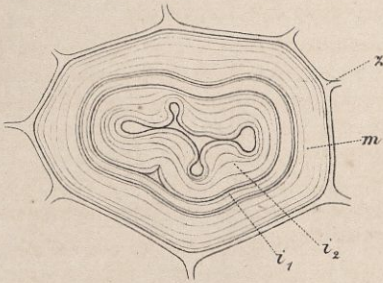


Fig. 5.

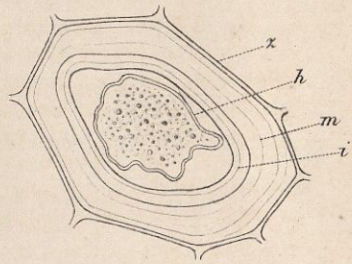


Fig. 6.

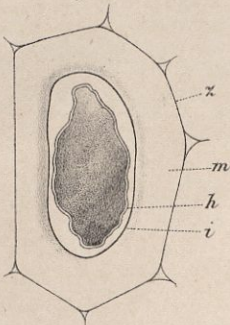


Fig. 7.

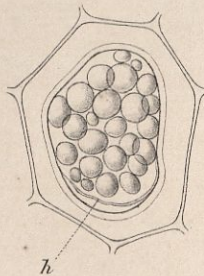
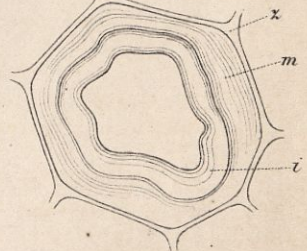


Fig. 4.



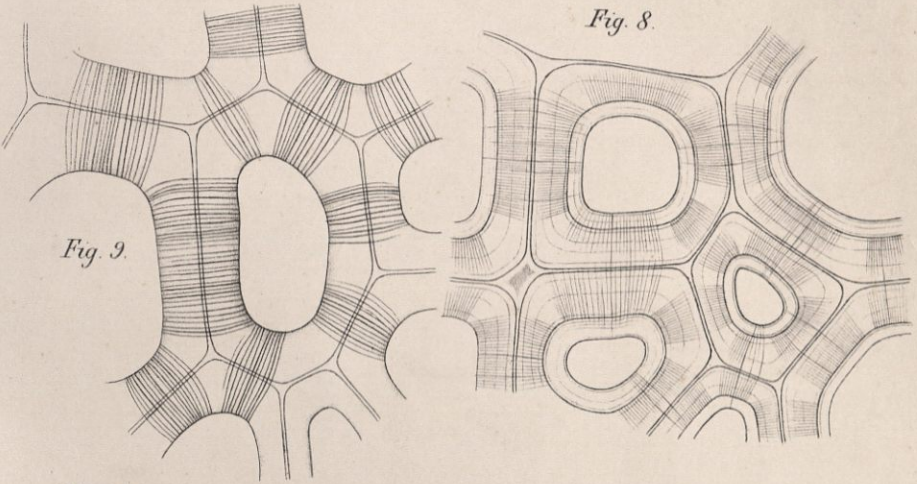


Fig. 8.

Fig. 9.

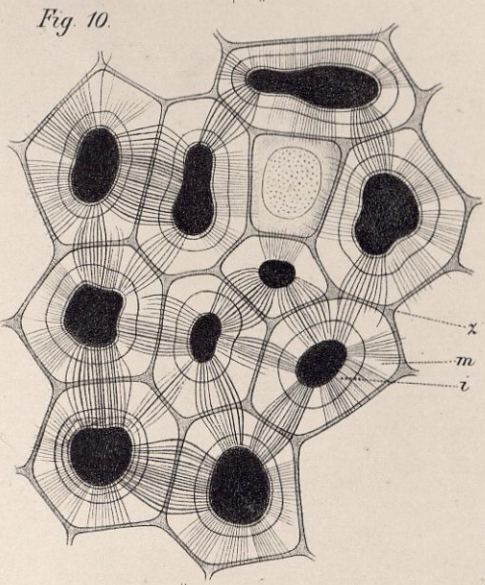


Fig. 10.

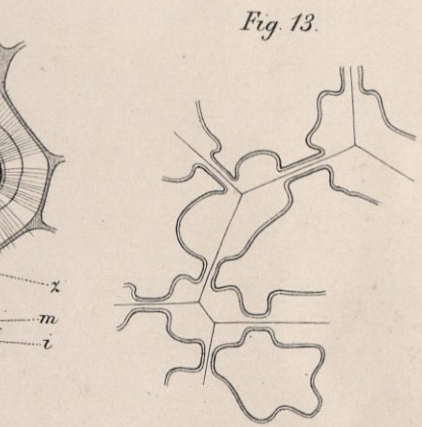


Fig. 13.

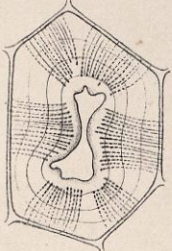


Fig. 11.

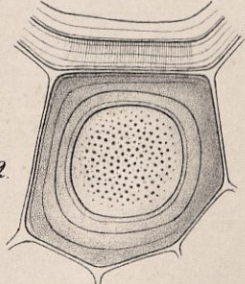


Fig. 12.

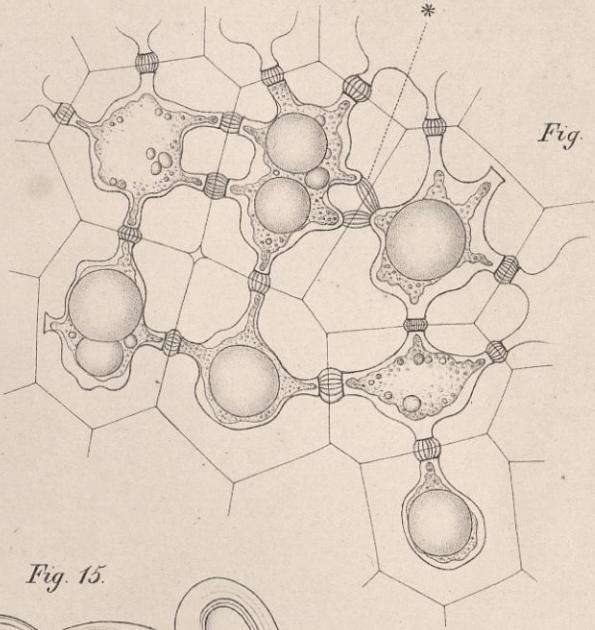


Fig. 14.

Fig. 15.

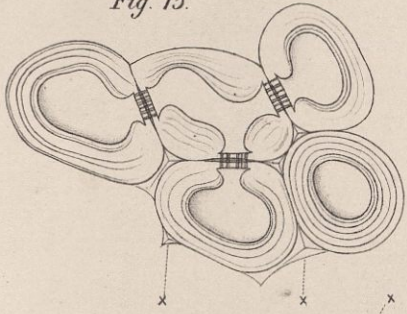


Fig. 16.

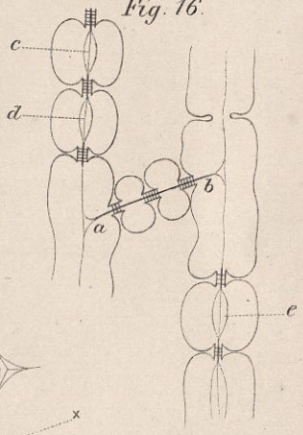
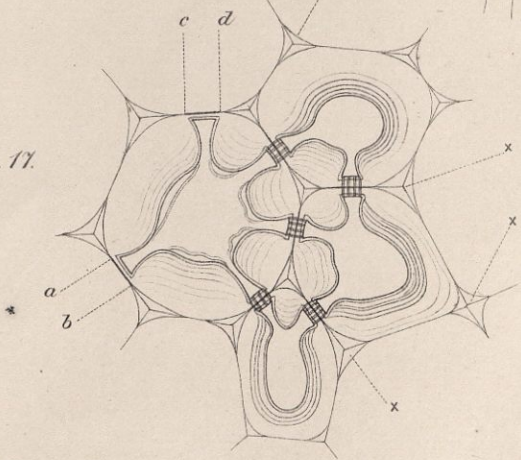


Fig. 17.





~~~~~  
Druck von G. Bernstein in Berlin.  
~~~~~