Ueber die Zellstofffäden
in der
vorderen Aussackung des Embryosacks von Pedicularis silvatica.

Von

Hermann Schacht.

Die Bildung eigenthümlicher, aus Zellstoff bestehender Fäden, welche den Hohlraum der vorderen Aussackung des Embryosacks im halbreifen Samen von Pedicularis silvatica durchziehen und auf welche ich schon im Jahre 1850*) aufmerksam gemacht, hat mich im letzten Sommer (1862) wiederum beschäftigt. Sie erinnert an gleiche Zellstofffäden bei der einzelligen Algengattung Caulerpa, steht auch unter den Phanerogamen nicht mehr vereinzelt, ist vielmehr durch Hofmeister in ähnlichen Aussackungen des befruchteten Embryosacks bei Veronica triphyllos und Plantago lanceolata nachgewiesen**). Bei der Bedeutung, die diese Erscheinung für die Bildung des Zellstoffs aus dem Protoplasma überhaupt gewinnt, halte ich es für gerechtfertigt, obigen Vorgang für Pedicularis näher zu beschreiben, muss dafür aber mit der Entwickelungsgeschichte der Samenknospe beginnen.

Die Samenknospe von Pedicularis silvatica ist, wie bei allen Scrophularineen, nur mit einem einfachen Integument versehen, welches den anfangs cylindrischen, nur wenig gekrümmten, Knospenkern umkleidet. Aus einer Zelle des letzteren entsteht darauf der Embryosack, welcher, sich mächtig ausdehnend, zuerst das Gewebe des Knospenkerns an seiner Spitze und später auch den Rest des-

---

*) H. Schacht, Entwickelungsgeschichte des Pflanzen-Embryo p. 110.

**) W. Hofmeister, Abhandlung d. K. S. Ges. der Wissenschaften, VI. p. 613, 620, 624.

selben an seinem Grunde vollständig verzehrt. So sehen wir auf Fig. 1. den Embryosack (se) als eine lange, etwas gekrümmmte cylindrische Zelle, welche ausser einem Zellkern feinkörniges Protoplasma im Zellsaft vertheilt, enthält, vom einfachen Integument (is) umschlossen und nur am Grunde noch von einem Rest des Knospenkerns (nc) umhüllt ist. Um diese Zeit bilden sich im Knospenmundende des Embryosacks die beiden dicht neben einander liegenden Keimbläschen*) und es erfolgt wenig später durch den Antritt des Pollenschlauchs die Befruchtung, in Folge deren das eine der Keimbläschen schlauchförmig auswächst und fast bis zur Mitte des Embryosacks vordringt. (Fig. 2., 3., 7. u. 8.) Bald nach der Befruchtung beginnt der Theilungsprocess im Embryosack und finden wir zuerst eine Längsreihe von Zellen, welche den ganzen Raum des Embryosacks ausfüllt. Die beiden Endzellen dieser Längsreihe zeichnen sich schon um diese Zeit durch ihren Inhalt vor den übrigen aus (Fig. 2. a u. b); sie besitzen zwar, wie die anderen, einen Zellkern, sind aber mit dunklen Körnchen reichlich erfüllt, während jene, mehr in der Mitte des Embryosacks gelegenen Zellen einen wasserhellen, kaum durch Protoplasma-Körnchen getrübten Zellsaft führen. Die Zelle a, von relativ bedeutender Grösse, bildet bei c einen rundlichen, im Gewebe des einfachen Integuments liegenden, Auswuchs, die Zelle b dagegen ist nur klein und entspricht ihrer Lage nach den Gegenfüsslern anderer Phanerogamen. Die Zellen der Mitte sind die ersten Mutterzellen für das Endosperm; bei f hat bereits eine Theilung senkrecht auf die vorhandene Scheidewand statt gefunden und bald darauf sehen wir durch solche Theilung, statt einer Reihe dieser Mutterzellen, zwei Längsreihen die Mitte des Embryosacks ausfüllen (Fig. 7 u. 8). In den Zellen a und b dagegen sind wenigstens durch Theilung keine Tochterzellen entstanden und beide füllen sich auch niemals mit einem wirklichen Zellgewebe. Die Zelle a, welche zwar sehr zartwandig, aber, wo sie die Mutterzellen des Endosperms berührt, dennoch scharf begrenzt ist, zeigt in Fig. 7 zahlreiche Vacuolen verschiedener Grösse, von denen einige das Ansehen freier Zellen besitzen, indem sie einen mehr oder weniger deutlichen Zellkern zu enthalten scheinen. Auf Fig. 8, einem, wie das befruchtete Keimbläschen (em) beweist, nur wenig späteren Zustande, sind die Vacuolen und freien Zellen bereits verschwunden, dagegen

*) W. Hofmeister in der genannten Abhandlung Taf. XX.

hat sich das Protoplasma in Ströme geordnet, welche in mannigfacher Richtung, von der Peripherie ausgehend, durchs Innere der Zelle verlaufen, deren Bewegung aber an dem abgebildeten Präparat von mir nicht beobachtet wurde. Der Auswuchs c hat sich bis jetzt noch wenig vergrössert*). Mit der Zelle b verhält es sich ähnlich, ihr sehr deutlicher Zellkern ist von Protoplasma-Strömen, die bis zur Peripherie der Zelle gelangen, umgeben. Bei der weiteren Ausbildung des Sameneiweisses im mittleren Theile des Embryosacks, gehen auch in der Zelle a Veränderungen vor; der Auswuchs c verlängert sich nämlich zu einem anfangs cylindrischen (Fig. 3), später sich noch erweiternden Sacke, der, indem er sich vergrössert, das Gewebe des Integuments, das ihn umgiebt, resorbirt; der unter dem Knospenmund endigende Theil, in welchem das schlauchförmig verlängerte Keimbläschen herabstieg, vergrössert sich dagegen nicht mehr. In allen Theilen der Zelle a begegnet man jetzt, wenn es gelingt, dieselbe ohne Verletzung nach einer Seite vollständig freizulegen, einer sehr lebhaften Protoplasma-Strömung. Zahllose Ströme von verschiedener Stärke und Anordnung durchkreuzen das Innere der Zelle und sind durch die vielen dunklen Körnchen, welche sie mit sich fortbewegen, leicht wahrzunehmen. Ich konnte diese Bewegung bisweilen längere Zeit (über 15 Minuten) verfolgen und hier und da eine Aenderung der kleinen Ströme wahrnehmen; dann aber zog sich, durch Einwirkung des Wassers auf den Objectträger, allmählig der Inhalt zusammen, wodurch die Wand der Zelle frei wurde. Dieselbe erschien in denjenigen Fällen, wo die Embryoanlage erst aus einigen Zellen gebildet war, noch zart und glatt; wenn dagegen die Embryoanlage schon zu einer kleinen, aus mehreren Zellen bestehenden, Kugel geworden, war auch die Wand der Zelle a und namentlich deren Aussackung (c) etwas stärker verdickt und an ihrer inneren Seite mit sehr feinen, netzförmigen Auflagerungen bedeckt, von welchen vielfach äusserst zarte und durchsichtige Fäden ins

*) Das schlauchförmig verlängerte Embryobläschen ist auf Fig. 8. durch die Zelle a dicht an die Wand des Embryosacks gedrängt, was auf der vorhergehenden Figur, wahrscheinlich wegen der zufälligen Lage des Präparats, nicht sichtbar ist. Der Zellkern, welcher in der Zelle b sehr deutlich, ist in der Zelle a nur selten wahrnehmbar, was anfänglich durch die zahlreichen Vacuolen und später durch die sich vielfach durchkreuzenden Protoplasmaströme und die Menge des körnigen Inhalts erklärlich ist. In jüngeren Zuständen habe ich ihn immer und auch später noch bisweilen deutlich wahrgenommen.

Innere der Aussackung verliefen. Von nun ab war die Bewegung des Protoplasma, da sich die Aussackung noch etwas vergrössert und ihr Inhalt durch Vermehrung der Körnchen verdunkelt hatte, nicht mehr deutlich wahrzunehmen; mässig zarte Längsdurchschnitte durch dieselbe zeigten dagegen ein zierliches Netzwerk der feinsten, sich unregelmässig durchkreuzender Fäden, welches alle Theile der Zelle a, vorzüglich aber die Aussackung, durchzieht und häufig noch so weich ist, dass es den Druck eines Deckglases kaum verträgt. Dieses Netzwerk zarter Fäden, welches jetzt durch Jodlösung gelb und durch Jod und Schwefelsäure nicht blau gefärbt wird, verdickt sich zusehends und wird gleichzeitig fester. Wenn die Embryoanlage so weit gediehen ist, dass sich die Anfänge der beiden Samenlappen bilden, erscheint das Netzwerk der genannten Fäden auf zarten Längsdurchschnitten durch die Aussackung c schon stärker verdickt; die Fäden, welche durch die Mitte verlaufen, sind farblos, durchsichtig und stielrund, sie sind vielfach und unregelmässig verzweigt und mit den Nachbarfäden mannigfach verbunden, genau so, wie vormals die Fäden der Saftströmung erschienen; der innere Theil der Wandung aber ist mit viel zarteren, netzförmig dicht verwebten Fäden überdeckt, aus welchen die stärkeren hervorgehen, entsprechend den kleineren, netzförmig längs der Peripherie verbreiteten Protoplasmaströmen, von welchen die stärkeren, durch die Mitte der Zelle verlaufenden Ströme ausgingen. Das Netzwerk der kleineren sowohl als der grösseren Fäden widersteht jetzt einem mässigen Drucke und wird nunmehr durch Jod und Schwefelsäure hellblau gefärbt. Wenn der Same halb gereift ist, und der Keim schon zwei fast ausgebildete Samenlappen besitzt (Fig. 4), erscheint das Netzwerk dieser Zellstofffäden noch dicker und fester, desgleichen durch spätere Bildung zarterer Fäden, welche die stärkeren mit einander verbinden, complicirter als vormals; es ist jetzt so fest, dass sich mit scharfen Rasiermessern die zartesten Längslamellen durch die ganze Aussackung darstelleen lassen, welches am besten durch Einklemmen der Samen zwischen Fliederwerk geschieht. Wenn die so gewonnenen, unmessbar zarten Längsschnitte mit einem Pinsel unter Wasser, zur Entfernung des körnigen Inhalts, sanft betupft worden, erhält man Präparate, welche der Fig. 9. entsprechen, und sowohl die stärkeren Fäden, welche durchs Innere der Aussackung verlaufen, als auch deren Hervorgehen aus den viel zahlreicheren und schwächeren Fäden der Peripherie aufs

Deutlichste zeigen. Eine Schichtung der nunmehr nicht unbedeutend verdickten Wand der Zelle a, desgleichen der von ihr ausgehenden Fäden ist nicht zu erkennen, dagegen erscheinen die letzteren auf dem dunklen Felde des Polarisations-Mikroscopes im hellen Lichte und verhalten sich bei eingeschalteter Gypsplatte optisch-negativ. Jod und Schwefelsäure bewirkt jetzt eine intensiv blaue Färbung, sowohl der verdickten Wand als auch der von ihr ausgehenden Fäden. Am vollkommen gereiften Samen endlich ist der mittlere Theil, welcher das Sameneiweiss enthält, orangegelb, das vordere und hintere Ende aber, welche die Zellen a und b umschliessen, nur hellgelb gefärbt; die weite Aussackung der Zelle a ist, obschon sie jetzt ihren Zellsaft verloren hat, nicht zusammengesunken, vielmehr als eigenthümlich gestalteter Auswuchs am reifen Samen vorhanden (Fig. 6).*) Das Netzwerk der Fäden hat sich, wie Längs- und Querschnitte durch die Aussackung zeigen, noch mehr verdickt und ist noch fester geworden, durch Jod und Schwefelsäure wird es nicht mehr blau gefärbt, und von concentrirter Schwefelsäure nur langsam angegriffen; es ist verholzt. Von dem einfachen, ursprünglich fleischigen Integument sind jetzt, und zwar nach der Oertlichkeit verschieden, nur noch wenige Zellenreihen vorhanden und ist die äusserste derselben, also die eigentliche Oberhaut des Samens, durch Bildung zierlicher Spiralbänder verdickt. Die Zelle b, die gleichfalls beim reifen Samen nicht zusammenfällt, ist von einem ähnlichen, jedoch weniger entwickelten Fadennetz, als die Zelle a, erfüllt (Fig. 4), das hornartige, den kleinen Keim umschliessende Sameneiweiss aber von einer dicken, das Licht stark brechenden citronengelben, scheinbar strukturlosen Membran, Fig. 9 f, umhüllt, welche, wie ich vermuthe, durch ganz allmälige Veränderungen aus der Zellschicht f der Fig. 7 entstanden ist.

Vergleichen wir diese Vorgänge bei Pedicularis silvatica mit ähnlichen Erscheinungen bei Veronica hederaefolia, so finden wir auch hier in den noch wunderlicher gestalteten Aussackungen des Embryosacks, welche aus dem Integument hervorbrechen, ein ähnliches Netzwerk zahlloser Protoplasmafäden, welche zu einer gewissen Zeit, wenn der Embryo schon seine Samenlappen ange-

*) Der reife Same von Pedicularis silvatica dagegen ist in seiner, das Endosperm enthaltenden Mitte rosenroth gefärbt. Die Aussackung der Zelle a, welche hier viel weniger entwickelt ist, sinkt bei der Reife zusammen, weil keine Zellstofffäden das Innere derselben ausfüllen. Das Gewebe des Integuments der reifen Samenknospe besteht aus verdickten, zierlich porösen, gelbgefärbten Zellen.

legt hat, durch Anwendung von Zuckerwasser und Salzlösungen nicht mehr zusammenfallen und sich sogar in Oelsüss aufbewahrt, für die Dauer ohne Veränderung erhalten. Die Fäden des Netzwerkes sind, wie bei Pedicularis, an der Peripherie der Aussackung am zahlreichsten und zartesten, sie vereinigen sich, wie dort, zu stärkeren, vielfach verzweigten Fäden, welche durch die Mitte der Zelle verlaufen, sind farblos und durchsichtig, während der Zellsaft dunkle Körnchen enthält. Die Wand der Aussackung ist verdickt, lässt aber keine Schichtung wahrnehmen und die innere Oberfläche derselben erscheint, wie bei Pedicularis, durch unregelmässige Erhebungen uneben. Mit der Reife des Samens erstarrt das Fadennetz noch mehr, was mit Hofmeister's Angaben für Veronica triphyllos übereinstimmt. Nach letzterem erscheint*) „die obere Anschwellung des Embryosacks genannter Pflanze durchsetzt von einem vielfach verästeltem Flechtwerk aus ungleich dicken, nach allen Richtungen strahlenden Strängen zäher Gallerte, die durch Quetschung sich breit drücken lassen. Die Substanz derselben bricht das Licht nur wenig stärker, als die Flüssigkeit in den kleinen isodiametrischen Hohlräumen zwischen ihnen. Die Gallerte ist gegen die kurz dauernde Einwirkung selbst concentrirter Lösungen von Salzen und Alkalien, sowie von Mineralsäuren sehr unempfindlich. Die Erscheinung ist offenbar dem Zellstoffbalken in der Aussackung des Embryosacks von Pedicularis analog. Bei monatelangem Liegen der Präparate in Glycerinlösung löset sich dieses System von Gallertsträngen stellenweise von der Wand des Embryosacks ab und zieht sich auf einen kleineren Raum zusammen. In älteren, der Reife nahen Samen sind die Stränge dagegen völlig starr und mit der Embryohaut fest verbunden.“ Leider hat sowohl Hofmeister als ich versäumt, beim reifen Samen auf Zellstoff zu prüfen; bei Plantago lanceolata**) dagegen hat ersterer „noch vor dem Sichtbarwerden der Cotyledonen am Embryo, in den im Allgemeinen cylindrischen Ausstülpungen des Embryosacks, ein Netzwerk viel verästelter Querbalken aus Zellhautstoff, von dem bei Pedicularis sylvatica vorkommenden nur durch grössere Dünne der Balken verschieden“ nachgewiesen.

Wenden wir uns jetzt zur Caulerpa, so erscheint in den jüngsten Theilen dieser wunderbaren Pflanze, die ich leider nur in auf-

*) W. Hofmeister p. 620.

**) W. Hofmeister p. 624.

geweichtem Zustande untersuchen konnte, die Zellwand noch sehr zart und an der inneren Seite vollkommen glatt; darauf zeigt sich ein zartes Netzwerk verworrener halbfester Fäden; demnächst erscheinen festere cylindrische Fäden, die oft schon von der einen Seite der Wand bis zur anderen reichen und unregelmässig verzweigt sind; diese aber vermehren sich mit dem Alter des betreffenden Theiles, und werden, wie die Wand selbst, immer dicker. Am besten verfolgt man die Bildung der Zellstofffäden bei dem wurzelähnlichen Theilen der Caulerpa, welche an ihrer Spitze wachsen und sich vielfach und unregelmässig verzweigend, neben einander die verschiedensten Entwickelungszustände, vom kaum entstandenen Wurzelzweig bis zur mehrjährigen Wurzel (man erlaube mir diese zwar anatomisch unrichtige, dagegen morphologisch und physiologisch richtige Bezeichnung) derselben, wobei unter Anwendung von Aetzkalilösung in den jüngeren Theilen sehr häufig die erhärteten Protoplasmafäden deutlich hervortreten *) und der körnige Inhalt sich bald ohne, bald mit Hinterlassung sehr zarter, fester, mit der Wand verbundener Fäden, von der letzteren zurückzieht. Das fertige Netzwerk fester Zellstofffäden erscheint dagegen am ausgebildetsten in den cylindrischen, stengelartigen Theilen dieser Pflanzen und kann nach dem Alter derselben sowohl eine Zunahme in der Verdickung der Wand, als auch der von ihr ausgehenden stielrunden Zellstofffäden wahrgenommen werden. Die Wand ist dazu in ausgezeichneter Weise geschichtet, und gehen die Fäden zum grössten Theil von den ältesten Verdickungsschichten aus, sind deshalb an ihrer Basis von den späteren Schichten, welche die Wand verdicken, umhüllt (Fig. 11). Sie zeigen in ihrer Anordnung eine grosse Uebereinstimmung mit den Zellstofffäden der Pedicularis silvatica, indem auch hier in den meisten Fällen zwei schwächere, von der Wand ausgehende Fäden sich zu einem stärkeren Faden vereinigen, der seinerseits im Innern der Zelle aufs Unregelmässigste verzweigt und mit den benachbarten Fäden zu einem Netzwerk verbunden ist. In den jüngeren Theilen der Caulerpa sind diese Fäden nicht stärker als bei Pedicularis, in den älteren dagegen werden sie noch zwei- und dreimal so stark, und dem entsprechend wird, bei wahrscheinlich mehrjähriger Lebensdauer, auch die Zellwand selbst immer dicker. In

*) Ich habe mehrere Caulerpaarten (C. scalpelliformis, C. filiformis, C. Lycopodii, C. Freyzinnetii u. C prolifera) untersucht, beziehe mich hier aber auf letztere.

den Zellstofffäden selbst ist eine Schichtung unr undeutlich wahrzunehmen, und doch muss eine solche vorhanden sein, weil sie querdurchschnitten unter dem Polarisations-Mikroskop auf dunklem Felde ein regelmässiges Polarisationskreuz (Fig. 12) erzeugen.

Der Querschnitt durch den Stengel der Caulerpa prolifera verhält sich bei eingeschalteter Gypsplatte optisch-positiv, und treten die Zellstofffäden auf dem dunklen Gesichtsfelde (ohne Gypsplatte) nicht mit so hellem Lichte als die Wand hervor. Sie werden auch beim Erhitzen mit chlorsaurem Kali und Schwefelsäure etwas später, als die deutlich geschichtete Wand, welche leicht und vollständig aufgelöst wird, angegriffen. Der Zellstoff der Caulerpa wird erst nach der Behandlung mit Aetzkali, worin er ein wenig aufquillt, durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt, er ist in concentrirter Schwefelsäure löslich.

Wenn wir nun die Zellstoffbildung in der Aussackung des Embryosacks von Pedicularis mit der von Caulerpa vergleichen, so besteht der Unterschied nur darin, dass die Wandverdickung bei der ersteren keine Schichtung zeigt und an der inneren Fläche gewissermassen unfertig erscheint, d. h. gegen das ihm anliegende dickflüssige und körnige Protoplasma nicht scharf begrenzt ist, während die Wand von Caulerpa bis zur innersten Grenze in ausgezeichneter Weise geschichtet auftritt. Ein Querschnitt durch die Aussackung von Pedicularis verhält sich optisch-negativ, bei Caulerpa dagegen optisch-positiv. Die Zellstofffäden treten bei Pedicularis auf dem dunklen Felde des Polarisations-Mikroskopes (ohne Gypsplatte) im helleren Lichte als die verdickte Wand hervor, worauf ich jedoch wenig Gewicht lege, weil die relative Dicke des Präparates hier in Betracht zu kommen scheint. Die Wand sowohl als auch die Fäden werden durch Jod und Schwefelsäure sofort schön blau gefärbt, verholzen aber später, während bei Caulerpa erst nach Anwendung von Aetzkali die blaue Färbung des Zellstoffes eintritt.

Wir haben bei Pedicularis und bei Caulerpa die Bildung des Zellstoffs aus dem Protoplasma direct wahrgenommen, ja bei der ersteren sogar eine lebhafte Bewegung desselben in bestimmten Bahnen beobachtet, welche später durch ein entsprechendes Netzwerk von Zellstofffäden bezeichnet werden. Wir haben gesehen, dass, wie die Wand, so auch die Zellstofffäden, so lange das Leben der Zelle und mit ihm die Thätigkeit des Protoplasma fortdauert, an Dicke zunehmen und dürfen für Caulerpa, wo in den jüngeren

Theilen der Pflanze erhärtete Protoplasmaströme nachzuweisen sind, und ein stätiges Zunehmen der Wand wie der Zellstofffäden an Dicke stattfindet, mit vollem Recht eine gleiche Protoplasma-Bewegung mit Ausscheidung von Zellstoff voraussetzen.*) Bei Pedicularis und Veronica haben wir die allmäligen chemischen und physicalischen Veränderungen des Protoplasma verfolgt, welche darin bestanden, dass sich bei der Bildung des Netzwerks das bis dahin körnige Protoplasma in den betreffenden Fäden aufhellte und eine festere, nicht mehr flüssige Consistenz annahm, dann allmälig immer durchsichtiger und fester wurde und zuletzt auch die chemischen Reactionen des Zellstoffs gewann, ganz so, wie Pringsheim die Bildung der Hautschicht aus der Körnerschicht des Protoplasma, und die Umwandlung des ersteren in Zellstoff beschrieben hat.

Für die Umwandlungen aber, welche die stickstoffhaltigen im Zellsaft vertheilten Stoffe erfahren, will ich noch auf das Sameneiweiss von Zea Mais verweisen, dessen Zellen im halbreifen Zustande neben kleinen, um den Zellkern angeordneten Stärkmehlkörnern viele sehr kleine, durch Jod sich gelbfärbende, Körnchen im Zellsaft enthalten; im vollkommen reifen Zustande aber von grösseren Stärkmehlkörnern dicht angefüllt sind, welche in einer durch Jod sich gelbfärbenden festen Masse eingebettet erscheinen. Letztere bleibt, wenn man sehr zarte Querschnitte durch das Sameneiweiss mit verdünnter Salzsäure behandelt, und dadurch das Stärkmehl auflöst, als festes, sogar dem mässigen Drucke des Compressoriums widerstehendes Gerüst zurück und giebt den grossen Endosperm-Zellen das Ansehen, als ob sie mit einem Gewebe sehr kleiner und zarter Zellen angefüllt wären (Fig. 13). Der erhärtete Stoff, aus welchem dieses Scheingewebe besteht, ist zwar durchsichtig, aber noch etwas körnig, er wird durch Jod gelb gefärbt, durch Jod und Schwefelsäure nicht blau und speichert lösliche organische Farbstoffe (Carmin) begierig auf, scheint demnach noch jetzt stickstoffhaltig zu sein, und darf deshalb als eine feste Modification des Protoplasma angesehen werden**). Die allmäligen

---

*) Auch Nägeli vermuthet bei Caulerpa das Entstehen der Zellstoffbalken durch Protoplasmaströmung. (Schleiden u. Nägeli, Zeitschrift für Botanik Heft I.)

**) Die Stärkmehlkörner lösen sich in verdünnter Salzsäure etwa innerhalb 6—8 Tagen. Das zurückbleibende Scheingewebe in den Zellen, welches sich in Glycerin sehr gut für die Dauer aufbewahren lässt, löst sich beim Erwärmen in Kalilösung zu einer körnigen Masse auf, so dass die aus Zellstoff bestehende

chemischen Veränderungen der Stoffe im Pflanzenreich können wir leider nur durch die sich allmälig verändernden chemischen Eigenschaften unter dem Mikroskope, nicht aber direct mit dem Reagensglase und der Wage verfolgen. Diese allmäligen Umwandlungen durch den Lebensprozess der Pflanzen aber, bei welchen der eine chemische Stoff entfernt, und für ihn, eben so allmälig, ein anderer aufgenommen wird, erhalten übrigens eine kräftige Stütze in der Umwandlung des Zellstoffs in Pyroxylin (Schiessbaumwolle), die weniger allmälig im chemischen Laboratorio bewirkt wird, ohne Veränderungen in den anatomischen Verhältnissen der Zellwand (bei der Baumwolle) zu veranlassen. Wenn aber hier 2 Atome einer stickstofffreien Verbindung, des Zellstoffs (C^{12} H^{10} O^{10}), nach Pélouze 3 Atome Wasser abgeben und dafür 5 Atome Salpetersäure (NO^5), also Stickstoff, in sich aufnehmen können, so wird auch umgekehrt ein stickstoffhaltiger Körper (das Protoplasma) seinen Stickstoff abgeben und anderweitig ersetzen können.*)

Schon früher habe ich darauf aufmerksam gemacht, wie die Bildung jener Zellstofffäden bei Pedicularis durch vorhergehende Protoplasmaströme und deren Verdickung durch eine Fortdauer der Protaplasma-Thätigkeit, ein Licht auf die Verdickungsweise der Zellwand überhaupt verbreitet, indem sämmtliche Formen der Zellstoffablagerung auf die primäre Zellwand aus der Art und Weise der Protoplasma-Vertheilung, respective Bewegung zu erklären sind, weshalb auch, weil bekanntlich die Protoplasmaströme ihre Bahn verändern können, verschiedene Verdickungsformen über einander liegend in derselben Zellwand auftreten, wofür die Bastzellen mit wechselnder und deshalb sich kreuzender Streifung in den Verdickungsschichten ein Beispiel liefern. Ist aber die Richtung des Protoplasmastromes im Innern der Pflanzenzelle, wenn auch nicht die alleinige, so doch eine der ersten Ursachen der Formen in den Verdickungsschichten, so muss das Verdickungsband der Spiralgefässe in einem Protoplasmastrome, der in der ursprünglichen Richtung des Spiralbandes, demnach in

---

Wand der Endospermzellen wieder frei wird. In demjenigen Theile des Sameneiweisses, welcher durchscheinend und hornartig ist, fehlt die Luft gänzlich und sind die Zellen von den Stärkmehlkörnern und dem erhärteten Protoplasma vollständig erfüllt. Die weissen Partien dagegen enthalten noch etwas Luft und ist in ihren Zellen das Scheingewebe nicht so vollständig ausgebildet.

*) Die Formel der Schiessbaumwolle ist nach Pélouze C^{24} H^{17} O^{17} $+ 5$ NO^5.

nahe auf einander folgenden Schraubenwindungen verläuft, seine Ursache finden; jeder Ring dagegen würde einem Protoplasmastrome, der in sich selbst zurückläuft, sein Entstehen verdanken, und die netzförmigen Verdickungen müssten durch netzförmige Ströme längs der Wandung entstehen. Der Uebergang des Spiralbandes zum Ringe, dem wir in derselben Zelle so häufig begegnen, würde hier nichts anderes als eine geringe Richtungsverschiedenheit der Protoplasmaströme in verschiedenen Höhen derselben Zelle andeuten.*)

Für die Primordial-Schlauch-Theorie sind endlich die beschriebenen Vorgänge in der vorderen Aussackung von Pedicularis silvatica und die sich an selbige anreihenden Erscheinungen bei Caulerpa vernichtend. Der Primordialschlauch soll bekanntlich, als stickstoffhaltige innerste Membran der Pflanzenzelle, an seiner äusseren Fläche den Zollstoff abscheiden und dadurch sowohl die primäre, aus Cellulose bestehende Membran, als auch deren Verdickungsschichten erzeugen; seine Thätigkeit wäre also nach Aussen gerichtet und derselbe zur Bildung der erwähnten, das Innere der Zelle durchziehenden, Zellstofffäden nicht ausreichend. Wollte man aber zu einer Einstülpungs-Theorie der complicirtesten Art seine Zuflucht nehmen, und jene Zellstofffäden für Ausscheidungen in die fadenförmigen Räume der so gestalteten Primordial-Schlauch-Einstülpungen erklären, so stände dem die sehr lebhafte Strömung des Protoplasma in denselben Bahnen der nachherigen Zellstofffäden im Wege und müsste man sich zu der von T. Hartig aufgestellten, aber von Niemandem ausser ihm vertheidigten, Ansicht einer Protoplasmaströmung innerhalb feiner Kanäle bequemen, dann aber, was die Anhänger des Primordialschlauchs nicht wollen, erst recht eine directe Umwandlung des Protoplasma in Zellstoff zugeben. Wenn man dagegen sich unbefangen an die directe Beobachtung hält und die Thatsachen erklärt nach den Vorgängen, die sich für Pedicularis silvatica unter dem Mikroskope deutlich zeigen, so muss man eine allmälige Umwandlung der Protoplasmaströme in Zellstofffäden und eine Verdickung der letzteren durch Fortdauer der Protoplasmabewegung in den alten Bahnen, desgleichen eine Bildung neuer Fäden zwischen den vorhandenen durch Auftreten neuer Zwischenströme, annehmen; eine Erklärung,

---

*) Meine Beiträge zur Pflanzen-Anatomie und Physiologie. Berlin, 1854. p. 258.

welche mit den sorgfältigen und scharfsinnigen Beobachtungen Pringsheim's über die Umwandlung der Hautschicht des Protoplasma in Zellstoff aufs Schönste harmonirt und dieselben kräftig unterstützt.

Erklärung der Abbildungen.

(Die Figuren sind mit der Camera lucida gezeichnet und ist die Vergrösserung neben jeder Figur als Bruchzahl angegeben.)

Taf. XIV. und XV.

Fig. 1—9. **Pedicularis silvatica.**

Fig. 1—4. Verschiedene auf einander folgende Entwickelungszustände der Samenknospe im Längsschnitt; Fig. 1. vor der Befruchtung; Fig. 2. bald nach derselben; Fig. 3. zur Zeit, wo die Protoplasmabewegung in der vorderen Aussackung (c) des Embryosackes in voller Thätigkeit ist und die Bildung der Zellstofffäden beginnt; Fig. 4. kurz nach der Samenreife. is das einfache Integument; nc der Knospenkern (nucleus); se der Embryosack; em der Embryo oder die Anlage desselben; m die Mykropyle; tp Pollenschläuche; a die oberste Tochterzelle des Embryosacks, x der Theil derselben, in welchem die Keimbläschen liegen und in welchem deshalb das befruchtete und schlauchförmig verlängerte Keimbläschen abwärts steigt, c die Aussackung; b die unterste Tochterzelle des Embryosacks. edp auf Fig. 2. die ersten Mutterzellen des Endosperms, auf Fig. 3. u. 4. dagegen das Gewebe des Endosperms selbst.

Fig. 5. Ein Querschnitt durch die fast reife Samenknospe in der Höhe, wo der Embryo liegt. Die Bezeichnung, wie bei den vorigen Figuren. em die beiden Samenlappen des Keimes.

Fig. 6. Ein vollkommen reifer Samen. a b c wie oben.

Fig. 7. Ein Längsschnitt durch die Samenknospe in dem Entwickelungszustand der Fig. 2. Das einfache Integumeut ist an der linken Seite grösstentheils entfernt.

Fig. 8. Ein ähnliches Präparat aus derselben Zeit, mit Weglassung des Integuments gezeichnet.

Fig. 8. Der als y—z bezeichnete punktirte Theil der Fig. 4., bei 250maliger Vergrösserung, die Zellstofffäden bei a und e sind, wie die übrigen Verhältnisse, mit der Camera lucida aufs Genaueste projectirt. f eine, das Licht stark brechende, scheinbar structurlose, dicke, fast goldgelbe Membran, welche das Sameneiweiss (edp) umgiebt, und wie ich vermuthe, durch allmälige Umwandlung der Zellschicht f der Fig. 7. entstanden ist.

Fig. 10 — 12. **Caulerpa prolifera.**

Fig. 10. Querschnitt durch den älteren stengelartigen Theil der Pflanze.

Fig. 11. Eine Partie dieses Querschnitts bei stärkerer Vergrösserung.

Fig. 12. Zwei Zellstoffäden im Querdurchnitt, wie selbige auf einem Flächenschnitte durch die verdickte Wand der Caulerpa leicht darzustellen sind. Die Schichten der Zellwand, welche die durchschnittenen Fäden umgeben, erscheinen vorzugsweise in hellem Lichte und verlängern sich die Arme des Kreuzes bis zu ihnen. Bei eingeschalteter Gypsplatte erscheint der äussere Theil des Kreuzes optisch positiv.

Fig. 13. **Zea Mays.**

Fig. 13. Zwei Zellen aus dem Querschnitt durch das Sameneiweiss des reifen Samens, nach der Behandlung mit Salzsäure, durch welche die Stärkmehlkörner aufgelöst wurden.

Bonn, im November 1862.

H. Schacht ad nat. del. C. Lanc lith.

H. Schacht ad nat. del

C. Lauc lith

H. Schacht ad nat. del.

C. Laue lith.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik

Jahr/Year: 1863

Band/Volume: 3

Autor(en)/Author(s): Schacht Hermann

Artikel/Article: Ueber die Zellstofffäden in der vorderen Aussackung des Embryosacks von Pedicularis silvatica. 339-351