

41. E. Crato: Die Physode, ein Organ des Zellenleibes.

(Vorläufige Mittheilung).

Mit Tafel XVIII.

Eingegangen am 20. Juni 1892.

Unter Physoden verstehe ich ein Organ der Pflanzenzelle, welches sich mir zunächst bei den braunen Algen enthüllte.

Die Physoden sind bläschenartige Gebilde, welche sich in den Protoplasmafäden befinden, wodurch die letzteren mehr oder weniger stark aufgetrieben werden. Sie bestehen aus Plasmahaut und einem Inhalt von starkem Lichtbrechungsvermögen¹⁾.

In dieser Mittheilung möge die Beschreibung der Physoden auf *Chaetopteris plumosa* beschränkt bleiben, da mir bei dieser Phaeosporee die Erscheinungen, um welche es sich handelt, in besonderer Schärfe entgegentraten.

In Betracht kommen in erster Linie die jüngeren Zellen, welche mit Ausnahme der vorderen Hälfte der Scheitelzelle wegen ihrer Uebersichtlichkeit besonders gut zum Studium geeignet sind. Eine genaue Beschreibung des Plasmanetzes als auch der Lage der Chromatophoren und Physoden in demselben erscheint für die späteren Ausführungen erwünscht und möge deswegen hiermit begonnen werden. Die jungen Zellen eines *Chaetopteris*-Scheitels sind meist mit Ausnahme der Gegend, wo der Kern liegt, vollkommen durchsichtig und können die einzelnen Schichten der Zelle auch bei starken Vergrößerungen gut beobachtet werden. In der Regel ist das zweite und dritte Segment einer Sprossaxe, sehr selten das vierte und fünfte nur einmal der Länge nach getheilt.

Was das Protoplasma in diesen hochentwickelten Zellen anbetrifft, so besteht dasselbe, abgesehen von einer wandständigen Hautschicht, theils aus Plasmaflächen, theils aus Plasmafäden, welche den Zellleib ziemlich regelmässig durchsetzen und von oben gesehen als ein

1) Diese Körper sind früheren Beobachtern keineswegs entgangen, nur wurden sie anders aufgefasst und gedeutet. Vergl. z. B. BERTHOLD, Studien über Protoplasma-mechanik, p. 56 und 57, wo er die von mir als Physoden bezeichneten Gebilde als Gerbstofftropfen beschreibt. Bei den Phaeosporeen enthalten sie aber keinen Gerbstoff, wovon ich mich durch eingehende Untersuchungen überzeugte. Kaliumbichromat ist für den chemischen Nachweis von Gerbstoff völlig unbrauchbar.

aus Sechsecken gebildetes Maschenwerk erscheint. Dieses gewissermassen gröbere, jedoch sehr zierlich gebaute Plasmanetz fällt dem Beobachter sofort in die Augen, und sind diese Plasmabänder ein drittel bis ein halb Mikron stark. Ausser diesem festeren Plasmanetz ist noch ein sehr feines, meist scharf abgesetztes Netz vorhanden, welches sich leicht der Wahrnehmung entzieht. An diesem äusserst feinen Plasmanetz lassen sich immerhin noch stärkere und feinere Fäden erkennen (v. Fig. 4), so dass es für mich keinem Zweifel unterliegt, dass mir auch in sehr günstigen Objecten von *Chaetopteris* ein Theil der Plasmafäden entgangen ist.

Diese dünnen, sich hin und her krümmenden Fädchen stehen ebenfalls unter sich vielfach in Verbindung. Inwieweit dies feinere Netz mit dem gröberen zusammenhängt, lässt sich schwer entscheiden; jedoch lässt sich deutlich verfolgen, dass die feinen Fäden oft unter oder über den Fäden des gröberen Netzes hinweglaufen, ohne damit in Verbindung zu stehen. Sowohl die stärkeren als auch die feineren Plasmafädchen erscheinen vollständig homogen und durchscheinend und in beiden finden wir Chromatophoren und Physoden.

Im normalen Falle, auf welchen ich mich hier beschränken will, finden sich die Chromatophoren vorwiegend in der Nähe der Zellwand und die Physoden mehr im Innern, zumal in der Nähe des Kernes, welcher meist durch ihn umgebende Physoden und vereinzelte Chromatophoren verdeckt ist. Doch finden sich ebenso wie einige Chromatophoren im Inneren ein Theil der Physoden in dem äussersten Theile des Zelleibes vor.

Die Physoden erscheinen zunächst als stark lichtbrechende Körper von runder bis elliptischer Form (vergl. Fig. 1). Ihre Grösse in den Scheitelzellen von *Chaetopteris* schwankt ungefähr von Chromatophorengrösse derselben Zelle bis zu kaum wahrnehmbaren glänzenden Knötchen. Bei eingehenderer Untersuchung zeigt sich, dass diese Gebilde sich innerhalb der Protoplasmafäden befinden und letztere dadurch bedeutend aufgetrieben werden.

Bringt man eine lebende *Chaetopteris*-Zelle unter das Mikroskop, so währt die durch die mechanischen Eingriffe hervorgerufene Ruhe der tropfenähnlichen Gebilde bei günstigem Material nicht lange, und bald hier, bald dort fängt eine oder die andere der Physoden an charakteristische Bewegungen zu zeigen. Der einfachste Fall ist der, dass die in einem Plasmafaden hängende Kugel anfängt fortwährend amöboide Formveränderungen vorzunehmen. Fig. 2 stellt einen solchen einfacheren Fall dar. Wir sehen die Ausbuchtungen derselben Physode sowohl an Grösse und Form als auch an Richtung fortwährend wechseln. Nicht selten kommt dabei, wenn die Vorstülpung und Einziehung in einer Richtung sich schnell wiederholt, eine pulsirende Bewegung zu

Stande, wobei ich, um Irrthümer zu vermeiden, hervorheben will, dass eine Volumverringerung dabei nicht stattfindet.

Doch hierbei hat es in der Regel nicht sein Bewenden, sondern die Physode fängt unter Beibehaltung der amöboiden Bewegungen an ihren Platz zu verändern und sich innerhalb der Plasmafäden zu verschieben. Am besten und sichersten lässt sich dies an Physoden der stärkeren Plasmafäden resp. Plasmaflächen beobachten, da man diese Fäden nicht so leicht aus dem Auge verliert. Zwar biegen sich auch die stärkeren Fäden öfter hin und her, jedoch bleibt im Ganzen und Grossen die Anordnung des ganzen Gerüstwerkes bestehen. Die Annahme, dass nicht die Physode, sondern der ganze Plasmafaden mit der Physode hin- und hergleite, ist hier vollständig ausgeschlossen. Eine solche umhergleitende Physode kehrt nicht selten in demselben Fadenstück, in dem sie sich befunden, wieder um und zur alten Stellung zurück, um eventuell bald in einer anderen Richtung weiterzugleiten. Oder sie bleibt plötzlich an einer Stelle stehen, wo sie unter Umständen stundenlang liegen bleibt.

Nicht selten aber verlässt sie überhaupt das Gebiet der Masche und begiebt sich in den Plasmafaden der Nachbarmasche. Indem so die Physode ruhig über den Knotenpunkt von mehreren sich berührenden Plasmafäden hinweggleitet, durchwandert sie oft in kurzer Zeit vier bis fünf Maschen, kann dann plötzlich inne halten und liegen bleiben oder auf demselben Wege zurückwandern. Aber auch auf einem anderen Wege kann die Physode zurückkehren, auf diese Weise gewissermassen einen Kreis beschreibend. Oder schliesslich wandert sie überhaupt nach einer anderen Stelle. Wir sehen also, dass die Physode bei ihren Wanderungen jeden beliebigen Weg in der Zelle einschlagen kann, insofern ihr ein Plasmafaden zu Gebote steht. In den Zellsaft tritt sie niemals hinein. Da nun in normalen Zellen meist verschiedene Physoden scheinbar in den verschiedensten Richtungen umherwandern, andere nur in einem bestimmten Plasmafaden hin und her gleiten und wieder andere sich vollständig oder fast vollständig ruhig verhalten, so ist es nicht leicht, so naheliegend es auch erscheinen möchte, die Bewegung der Physoden einzig und allein auf die Protoplasmaströmung zurückzuführen, zumal wenn man Fälle in Betracht zieht, wo in einem Plasmafaden die Physoden sich abwechselnd nähern oder entfernen.

Auch ein weiterer Umstand spricht nicht für die alleinige Fortbewegung der Physoden durch die Protoplasmaströmung, nämlich die im Verhältniss dazu nur äusserst geringe Fortbewegung der Chromatophoren. Sehen wir hier von den Fällen, in denen die Chromatophoren an der Zellwand anliegen, ganz ab und berücksichtigen wir nur die Fälle, wo sich die Chromatophoren in den inneren Plasmafäden befinden. Dies ist besonders bei mehreren Stadien der Zelltheilung der Fall, da bei dieser erst die meisten Chromatophoren in die Nähe

des Zellkernes wandern und nach Theilung des Zellkernes wieder nach der Peripherie zurückkehren.

Hierbei findet die Wanderung der Chromatophoren, so weit ich beobachten konnte, nur sehr langsam und immer in der angefangenen Richtung statt, während die Physoden sich weit schneller und in jeder beliebigen Richtung fortbewegen können.

Hiergegen könnte eingewendet werden, dass ein compacterer Körper wie der Chromatophor wegen der entstehenden Reibung in den Protoplasmafäden nicht so leicht fortgeschoben werden kann, wie eine Flüssigkeit. Dieser Einwand lässt sich aber zum Theil entkräften.

Wir finden nämlich, dass die Physode, welche einen flüssigen Inhalt hat, in den oft äusserst feinen Fäden hin- und hergleiten kann, ohne ihre runde Form wesentlich zu verändern. Es muss also die Plasmahaut, wenn wir überhaupt in den oft kaum $\frac{1}{10} \mu$ und noch feineren Plasmafädchen von einer besonderen Hautschicht reden können, äusserst dehnbar sein, da sich hinter der im Verhältniss sehr grossen Physode sofort wieder der feine Plasmafaden schliesst. Das Plasma setzt also der flüssigen, oft fast runden Physode, welche nicht selten breiter ist als die länglichen, meist zugespitzten Chromatophoren, wie solche in den Plasmafäden gewöhnlich angetroffen werden, anscheinend keinen Widerstand entgegen. Bei solch enormer Dehnbarkeit des Plasmafadens der Breite nach (in der Längsrichtung konnte ich eine derartige Dehnbarkeit nicht bemerken) kann auch dem Chromatophor kein besonderer Reibungswiderstand entgegengesetzt werden, und müsste ein Chromatophor ungefähr mit der Schnelligkeit der Protoplasmaströmung des betreffenden Fadens gleichen Schritt halten. Es ist also keineswegs leicht eine richtige Vorstellung von der Bewegung der Physoden zu bekommen. Von einer vollständigen Interpretation des Vorganges muss ich jedoch hier abstehen, und ist in dieser Abhandlung, wenn von umhergleitenden oder umherwandernden Physoden die Rede ist, die Erscheinung, wie sie sich dem Auge bietet, verstanden.

Ausser den erwähnten einfachen amöboiden Formveränderungen kommen nicht selten Fälle weitgehender Verzweigungen vor, von denen einige Formen hier beschrieben werden mögen.

Sich zunächst an obige Formen anschliessend sind die, wo eine einfache Ausbuchtung sich als immer dünner werdender Fortsatz bedeutend verlängert und derselbe bald zwei- bis dreifache und noch grössere Länge der Physode erreicht (vergl. Fig. 3). Es kommt hierbei häufig vor, dass sich eine solche Ausstülpung scharf gegen die eigentliche Physode absetzt.

Nicht selten erscheint es, als ob die Physode derartige feine, sich oft noch verzweigende Aestchen frei in den Zellsaft hineintriebe. In Wahrheit ist dies nicht der Fall, sondern die Plasmafäden, in welche sich der Physodeninhalt hineinerstreckt, sind so dünn, dass sie sich

der Wahrnehmung entziehen. Bei längerer Beobachtung kann man jedoch den Plasmafaden in vielen Fällen hin und wieder aufleuchten sehen.

Die Fortsätze können, wie bereits erwähnt, dem Plasmanetze folgend sich oft verzweigen. Sie verändern fast fortwährend ihre Länge und Stärke und können mit dem Plasmafaden hin- und hergekrümmt werden, so dass es, wenn die betreffenden Fäden nicht oder sehr schwer nachweisbar sind, den Anschein hat, als ob die Fortsätze im Zellsaft hin und her schwingen. Bei dem bald Kürzer- bald Längerwerden eines Ausläufers kann derselbe an einer oder mehreren Stellen stark eingeschnürt werden (vergl. Fig. 8). Vollständige Abschnürung geschieht aber nicht häufig, sondern das scheinbar abgeschnürte Stück vereinigt sich nach kürzerer Zeit in der Regel wieder mit der Physode, doch kommen hin und wieder Abschnürungen vor. Die Fortsätze werden nach kürzerer oder längerer Zeit von der Physode wieder gänzlich eingezogen, worauf oft die Bildung eines neuen Aestchens nach einer anderen Richtung erfolgt.

Auch nach mehreren Seiten zugleich kann die Physode Ausläufer entsenden und so können die mannichfaltigsten Formen entstehen.

Besonders interessant sind dabei die Fälle, in welchen die Physode unter fortwährender Bildung und Wiedereinziehung feiner sich verzweigender Aestchen in der Zelle hin- und herbewegt, während das Plasmanetz seine ursprüngliche Lage annähernd beibehält. Fig. 6 a und 7 stellen verschiedene Stadien einer und derselben Physode dar.

In Fig. 4 sind mehrere andere Physoden mit dem umgebenden Plasmanetz gezeichnet. Die Figur stellt eine Masche aus der vorletzten Zelle eines *Chaetopteris*-Scheitels dar. Die Masche hat ungefähr 13μ im Durchmesser. Die ganze Zelle war 68μ breit und 144μ lang. Von den beiden hier hauptsächlich in Betracht kommenden Physoden *a* und *b* ist ein etwas früheres Stadium in Fig. 5 wiedergegeben. Bereits in letzterer Figur zeigen die Physoden schon eine reichliche Verästelung, dabei ihre Ausläufer gegen einander streckend. In Fig. 4, in welcher auch der Chromatophor seine Form etwas verändert hatte, ist die eine Physode *a* ungefähr in das Centrum der Masche vorgerückt. Dieselbe Physode war während der Beobachtung aus dem Bereich der linken Nachbarmasche herübergekommen. Nachdem sie sich, wenn man so sagen darf, festgesetzt hatte, zeigte sie nach einer Zeit die mit 1, 2, 3, 4 bezeichneten Verästelungen. 1 wurde später eingezogen, wofür sich aber 5 bildete. Die Verästelungen änderten ihre Form fast beständig. Bei 3 schien es mir, als ob die Physodenflüssigkeit ein kleines Netzwerk gebildet habe, jedoch ist nicht ausgeschlossen, dass die Figur durch mehrere dicht untereinanderliegende Fädchen entstanden ist. Die Physode *b* hat ihre Form auch völlig verändert.

Die Beobachtung dieser Physoden, wobei a am meisten berücksichtigt wurde, währte ungefähr 4 Stunden (mit WINKEL $\frac{1}{20}$ hom. Imm. und Ocul. 3 und 5), und zwar sah ich nach ca. $1\frac{1}{2}$ Stunde die Verästelungen und das feine Plasmanetz ohne irgend welche besonderen Hilfsmittel. Um mich jedoch von der Richtigkeit des Gesehenen zu überzeugen, fing ich an am Rande des Deckglases Methylenblau zuzufügen, welches nur den Physodeninhalt, nicht aber das Protoplasma blaufärbt. Nach weiteren $1\frac{1}{2}$ Stunden war die Färbung eine vollkommene, wodurch mir die Richtigkeit meiner Beobachtungen ohne Zusatz von Methylenblau vollkommen bestätigt wurde. Ich konnte jetzt deutlich verfolgen, wie sich die blauen Aestchen in die farblosen Plasmafädchen erstreckten, um nach kürzerer oder längerer Zeit wieder zurückgezogen zu werden, worauf wieder an anderer Stelle neue Fortsätze in die mattglänzenden Plasmafädchen entsendet wurden.

Hervorheben möchte ich noch, dass das feine Plasmanetz in der Regel nicht so gleichmässig ist, wie in Fig. 4, sondern in der Mehrzahl der beobachteten Fälle entsprach es mehr dem der Fig. 6. Die verschieden starken Fädchen krümmen sich lebhaft hin und her und zeigen nicht selten dabei eine vorwiegend parallele Richtung. Dabei stehen auch sie mit einander im Zusammenhang, und ist mir jedenfalls ein Theil der feineren Fäden entgangen, was daraus geschlossen werden kann, dass einzelne Physodenäste frei in den Zellsaft hineinzuragen schienen.

Von weiteren Formen sind hauptsächlich noch ringförmige zu erwähnen. Mit letzteren nicht zu verwechseln sind die Fälle, wo eine kleine Physode direct über oder unter einer grösseren liegt, oder ein Physodenast sich nach oben oder unten erstreckt. Man glaubt in solchen Fällen häufig innerhalb der Physode eine Vacuole oder einen festeren Kern zu sehen.

In älteren Gewebezellen von *Chaetopteris* sind die Physoden meist um den Zellkern herum zusammengeballt, während sie in den später auftretenden Rindenzellen viel länger im Plasma zerstreut liegen und sich auch mehr hin- und herbewegen als in den inneren Zellen. In den Rindenzellen finden sich neben grösseren oft eine grosse Zahl sehr kleiner Physoden.

Bei Bildung der Zoosporen wird ein grosser Theil des Physodeninhaltes verbraucht, doch beginnt die Neubildung der Physodenflüssigkeit bereits früher als die Schwärmsporen entlassen werden, so dass jede austretende Schwärmspore mit einer oder mehreren Physoden ausgestattet ist. Desgleichen findet ein wesentlicher Verbrauch des Physodeninhaltes bei künstlicher Aushungerung von *Chaetopteris* statt, was durch mehrere Monate langes Dunkelstellen zu erreichen ist.

Die Physoden vermehren sich nicht etwa durch Theilung, sondern sie entstehen dadurch, dass sich in den Protoplasmafäden Tröpfchen

einer stärker lichtbrechenden Substanz abscheiden. Eine Verschmelzung von mehreren grösseren Physoden ist verhältnissmässig selten zu beobachten, kommt jedoch vor. Häufiger dagegen scheint eine umhergleitende grössere Physode die Anfänge neuer Physoden aufzunehmen und dadurch ihr Volumen zu vergrössern.

Gegen äussere Einflüsse verhalten sich die Physoden sehr unbeständig. Intensives Licht als auch Wärme bewirken ein Abrunden sowohl dieser Gebilde als auch der Chromatophoren, welche letztere übrigens bei den Braunalgen sehr schöne amöboide Bewegungen zeigen. Ebenfalls erst abrundend wirken langsam tödtende Mittel, wie sehr verdünnter Aetherdampf, verdünnter Chloroformdampf und viele andere Chemikalien in wässriger Lösung. Beim Absterben der Zellen platzen dann die Physoden entweder sofort oder nach vorherigem Aufquellen, wobei das Lichtbrechungsvermögen nach und nach abnimmt, und ergiessen ihren Inhalt in den Zellsaft. Aehnlich, nur schneller, wirken viele andere Chemikalien, während andere Reagentien die Bläschenform der Physoden bestehen lassen.

Bei den meisten Braunalgen enthalten die Physoden Phloroglucin respective ein Derivat dieses Körpers in wechselnder Menge mit anderen Substanzen. Erwähnenswerth ist, dass ich bei *Laminaria* keine Phenolreaction erhielt, also dass schon innerhalb der Gruppe der Braunalgen wesentliche Verschiedenheiten in Bezug auf chemische Zusammensetzung des Physodeninhaltes vorkommen. Interessant ist ferner, dass viele Reactionen nur in der lebenden Zelle eintreten, so dass eine während des Beobachtens zufällig absterbende Zelle nicht mehr die betreffenden Reactionen giebt, auch wenn man das Reagens sofort nach dem Tode zusetzt. Es sind also in den Physoden sehr leicht zersetzliche Verbindungen enthalten.

An anderer Stelle werde ich eingehender darlegen, dass die Physoden mir leicht transportable Behälter mit wichtigen Baustoffen des Zellenleibes zu sein scheinen.

Diese von mir Physoden genannten Bläschen kommen nun keineswegs bei den Braunalgen allein vor, sondern finden sich bei allen anderen darauf untersuchten Pflanzen, gleichviel ob braune oder grüne Algen oder Phanerogamen. Nur sind sie besonders bei letzteren sehr klein und zur Erkennung ihrer Natur wenig geeignet.

Uebersehen sind die Physoden jedoch auch hier keineswegs, sondern sie sind gewöhnlich zu den sogenannten Mikrosomen¹⁾ gerechnet worden. Die Physoden machen, soweit sich übersehen lässt, den bei Weitem

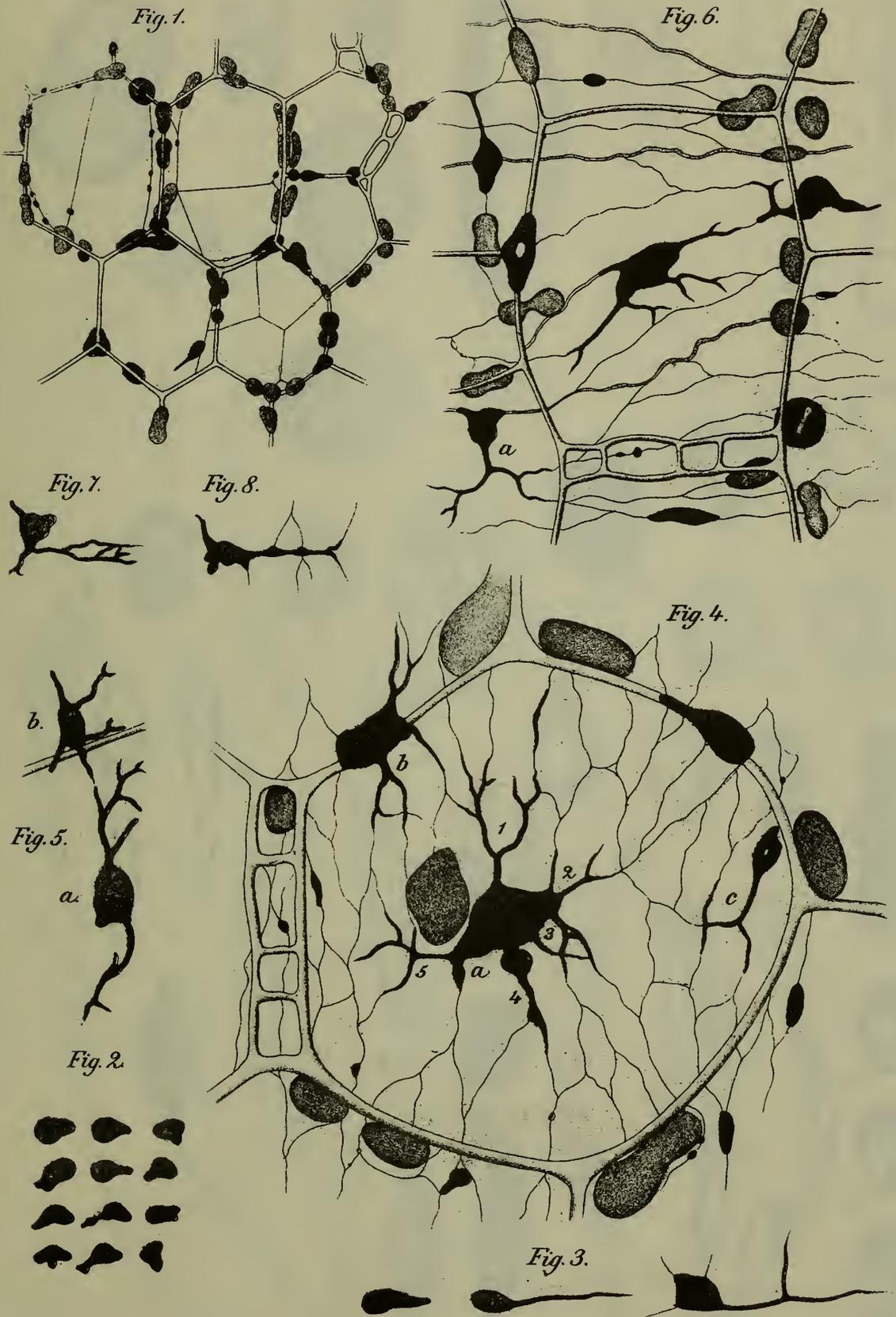
1) Die Gebilde, welche ZIMMERMANN in der botanischen Mikrotechnik, p. 208, als Granula erwähnt, dürften voraussichtlich gleichfalls zu den Physoden in meinem Sinne gehören.

grössten Theil der Mikrosomen aus, und werde ich demnächst in einer anderen Abhandlung zeigen, wie die Physoden auch in den zarten, netzartig verbundenen Plasmafädchen höherer Pflanzen scheinbar willkürlich umhergleiten. Auch hier treiben die Physoden die Plasmafädchen mehr oder weniger torulös auf und zeichnen sich wieder durch ihr stärkeres Lichtbrechungsvermögen aus. Dieses Lichtbrechungsvermögen, welches dasjenige des Protoplasma übertrifft, hat mit dazu Veranlassung gegeben, die Physoden begrifflich von den Vacuolen zu trennen. Denn unter Vacuolen versteht man schwächer lichtbrechende, mit wässriger Flüssigkeit erfüllte Hohlräume im Protoplasma.

Erklärung der Abbildungen.

In allen Figuren sind die Physoden roth, die Chromatophoren grau gezeichnet. Die übrigen stärkeren und dünneren Fäden stellen Protoplasma dar. Zellwände sind in den Figuren nicht enthalten.

- Fig. 1. Stück des gröberen Plasmanetzes bei schwächerer Vergrößerung gesehen. Den ersten Gesamteindruck darstellend. Natürliche Grösse $\frac{1}{1650}$.
- „ 2. Die verschiedenen, amöboiden Formen einer Physode.
- „ 3. Eine Physode, längere Fortsätze treibend.
- „ 4. stellt eine Masche des gröberen Plasmanetzes mit dem darin befindlichen feineren Netz dar. In der Mitte befindet sich eine besonders reichlich verzweigte Physode. Die Zelle würde ganz ausgezeichnet 71 *cm* lang sein. Natürliche Grösse $\frac{1}{5000}$.
- „ 5. Die Physoden *a* und *b* der Fig. 4 in einem etwas früheren Stadium.
- „ 6. stellt ebenfalls eine Masche wie Fig. 4 dar. Die feinen Plasmafäden sind vorwiegend parallel gerichtet.
- „ 7. ist ein anderes Stadium der Physode 6a.
- „ 8. zeigt einen mehrere Male eingeschnürten Fortsatz der Physode.
-



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: [10](#)

Autor(en)/Author(s): Crato Ernst

Artikel/Article: [Die Physode, ein Organ des Zellenleibes. 295-302](#)