

# Anatomisch-biologische Untersuchungen über die Schleimbildung der Wasserpflanzen.

Von

A. J. Schilling.

In der jüngsten Zeit hat sich die biologische Forschung der Frage nach der Bedeutung jener Schleimmassen, mit denen die Wassergewächse ihre noch im Wachsthum begriffenen Theile umhüllen, mit besonders regem Interesse zugewandt. In früheren Jahrzehnten ist diese merkwürdige Schutzvorrichtung, welche in biologischer Hinsicht ein grosses Interesse darbietet, nur hin und wieder der Gegenstand gelegentlicher Beobachtungen gewesen. Auch in den neueren Arbeiten, welche sich mit den Wasserpflanzen beschäftigen, so z. B. in H. Schenck's „Vergleichenden Anatomie der submersen Gewächse“ ist von dieser Erscheinung nichts erwähnt. Erst in den letzten Jahren hat sich das Interesse des Biologen wieder mehr der Schleimbildung zugewandt. Vor allem hat K. Goebel<sup>1)</sup> in seinen Pflanzenbiologischen Schilderungen durch seinen Hinweis auf die Verbreitung dieser Schutzvorrichtung, sowie auf den Bau und Ausbildung ihrer Organe bei den verschiedenen Gruppen von Wassergewächsen einen Ausblick auf dieses in vieler Hinsicht interessante, aber noch gänzlich brach liegende Arbeitsfeld, durch dessen Bearbeitung eine grosse Fülle neuer Thatsachen zu Tage gefördert werden könnte, eröffnet. Von einer solchen Arbeit wären wohl auch nähere Aufschlüsse über die Bedeutung der Schleimbildung für das Leben der betreffenden Pflanzen zu erwarten. Denn es hat in der jüngsten Zeit nicht an Versuchen gefehlt, an die Lösung dieser interessanten Frage heranzutreten. Während E. Stahl<sup>2)</sup> in dieser Erscheinung ein Schutzmittel gegen den Angriff von Thieren erblickt, sucht Goebel

1) K. Goebel, Pflanzenbiologische Schilderungen, II. Bd., II. Lfg., pag. 232 ff.

2) E. Stahl, Pflanzen u. Schnecken, Jena 1888, pag. 80.

deren Zweck darin, dass sie die unmittelbare Berührung der in der Entwicklung begriffenen Pflanzentheile verhüten soll. Durch eine Reihe von Versuchen hat er diese seine Ansicht zu stützen versucht.

Alle diese Fragen im Zusammenhange zu erörtern, ist der Zweck der vorliegenden Arbeit, welche im pflanzenphysiologischen Institut der Universität München entstanden ist. Herr Prof. Dr. Goebel hatte mir diesen Gegenstand zur Bearbeitung in zuvorkommenster Weise überlassen und mir einen grossen Theil des Materiales, welches er von seinen Reisen mitgebracht hat, bereitwilligst für diesen Zweck zur Verfügung gestellt. Mit Freuden ergreife ich daher die Gelegenheit, auch an dieser Stelle meinen seitherigen Institutschef meines aufrichtigsten Dankes für die Anregung und Förderung, welche er mir bei meinen Studien zu Theil werden liess, zu versichern.

## Die Verbreitung der Schleimbildung bei den Wassergewächsen.

Die Schleimbildung geht von besonderen Haarbildungen aus, welche bei den verschiedenen Wassergewächsen manche Besonderheiten in ihrem Bau aufweisen. Bei der Untersuchung derselben musste nothwendigerweise auch das Zusammentreten der jungen Pflanzentheile zu einer festgeschlossenen Knospe näher ins Auge gefasst werden. Es ergaben sich hierbei sehr interessante Verhältnisse, welche zugleich die massgebenden Gesichtspunkte für die Eintheilung der verschiedenen Pflanzen in einzelne Gruppen abgeben mussten. Es konnte selbstverständlich bei einer derartigen Gruppierung keine Rücksicht auf die Stellung, welche die betreffenden Pflanzen im natürlichen System einnehmen, genommen werden.

### Phanerogamen.

#### I.

In diese Gruppe sind diejenigen Gewächse, welche als einziges Schutzmittel für ihre jugendlichen Organe Schleimbildung durch Haargebilde von einfachem Bau aufweisen, zu stellen. Hierher gehören die beiden Vertreter der zwischen den Nymphaeaceen und Ranunculaceen stehenden Familie der Cabombeen, *Brasenia peltata* Pursh. und *Cabomba aquatica* Aubl.

#### *Brasenia peltata* Pursh.

Alle bisherigen Untersuchungen über die Schleimbildung an Wasserpflanzen haben eigentlich von dieser Pflanze ihren Ausgang genommen. Denn von allen bekannten Wasserpflanzen hat wohl keine schon von

jeher wegen dieser auffallenden Erscheinung die Aufmerksamkeit der verschiedenen Forscher in so hohem Maasse für sich in Anspruch genommen als *Brasenia peltata*. Asa Gray mag wohl derjenige Forscher gewesen sein, welcher zum ersten Male auf die mächtigen Schleimüberzüge, welche die jungen Organe dieser Pflanze bedecken, aufmerksam gemacht hat. In seinen *Genera Florae Americae Boreali-Orientalis* spricht er sich darüber folgendermassen aus: „The jelly by which the stalks etc., are thickly coated, I find to arise from the rapid formation and rupturing of successive epithelial cells, in the same way that, mucilage is formed on the surface of animal mucons membranes.“ Da diese Schilderung den thatsächlichen Verhältnissen nicht entspricht, so gewinnt es den Anschein, als ob Gray eine eingehendere Untersuchung über die Ursache dieser Erscheinung nicht angestellt hätte. Diese war dem inzwischen verstorbenen Joseph Schrenk, welcher in seiner kleinen, aber sehr werthvollen Arbeit: *On the Histology of the Vegetative Organs of Brasenia peltata Pursh.* eine sehr interessante Darstellung über den Bau und die Entwicklung der Schleimhaare bei der in Rede stehenden Pflanze gegeben hat, vorbehalten. Bedauerlicher Weise musste diese Abhandlung fast völlig unbeachtet bleiben, da sie in einer sehr schwer zugänglichen amerikanischen Zeitschrift, dem *Bulletin of the Torrey Botanical Club* (February 1888) zur Veröffentlichung gekommen ist<sup>1)</sup>. Im Laufe des verflossenen Jahres sind noch weitere Untersuchungen über die Schleimbildung von *Brasenia peltata* veröffentlicht worden. Vor Allem hat sich K. Goebel in dem dritten Bande seiner biologischen Schilderungen bei der Besprechung der besonderen Lebensbedingungen der Wasserpflanzen und der damit im Zusammenhang stehenden Struktureigenthümlichkeiten derselben sehr eingehend mit dieser Erscheinung beschäftigt. Ausserdem hat Ida A. Keller in einer kleinen Abhandlung: „The Glandular Hairs of *Brasenia peltata* Pursh.“ in den *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* (Part I January—March 1893) eine ausführliche Schilderung der Schleimhaare und deren Bedeutung geliefert.

Bei einer so vielseitigen Durcharbeitung eines Gegenstandes, wie dieser, ist es mir natürlich nicht mehr möglich zu den bereits bekannten Thatsachen wesentliche neue Beobachtungen hinzuzufügen.

1) Durch die Liebenswürdigkeit des Herrn Hermann Schrenk, des Sohnes des verstorbenen Verfassers, bin ich in den Besitz dieser Abhandlung gelangt. Ich ergreife an dieser Stelle mit Freuden die Gelegenheit ihn meines verbindlichsten Dankes für den mir hierdurch geleisteten Dienst zu versichern.

Bei *Brasenia peltata* sind die jungen Blätter und Blüten in einer Knospe eingeschlossen, welcher keine besonderen Schutzorgane, etwa in Form von Stipeln beigegeben sind. Auch die Verbreiterung des Blattgrundes, welche bei vielen Wasserpflanzen zum Schutz der jugendlichen Organe dienen muss, findet hier nicht statt, so dass diese infolge dessen während ihrer Entwicklung stets mit Wasser in Berührung sein müssen. Als einziges Schutzmittel besitzen sie einen ausserordentlich dichten Haarbesatz, welcher sie bis zum Abschluss ihrer Ausbildung mit einer dicken Schleimschicht versieht.

Die Blätter dieser Pflanze sind sammt und sonders Schwimmblätter, welche an der Sprossachse abwechselnd angeordnet sind. Im ausgewachsenen Zustande besitzen sie einen langen und dünnen Stiel und eine schildförmige Spreite von kreis- bis eirunder Gestalt. Diese ist im Jugendzustande nach einwärts zusammengerollt. Der Schleimüberzug ist bei den älteren Blättern meistens bis auf geringe Spuren verschwunden, während er die jüngeren Blätter bis zu ihrer Entfaltung in einer Höhe überdeckt, welche oftmals bedeutender ist, als die Dicke des betreffenden Pflanzentheiles beträgt. Die Haargebilde, welchen er seinen Ursprung verdankt, verbreiten sich auf die Oberfläche des Rhizomes, sowie der übrigen Sprossachsen, ferner auf dem ganzen Blattstiel und auf der Unterseite der Blattspreite. Die Oberseite der letzteren bleibt vollkommen kahl, da sie nirgend mit dem Wasser in unmittelbare Berührung kommt. Während der Entwicklung des Blattes ist die Spreite desselben noch fest zusammengerollt, wodurch das Eindringen des Wassers mindestens sehr erschwert wird, und im ausgewachsenen Zustand schwimmt dieselbe auf der Oberfläche der Seen und Teiche; so dass sie nur mit ihrer Unterseite mit dem Wasser in Berührung kommt. Nach den Angaben von Schrenk soll auch auf der Unterseite der Spreite derjenige Theil derselben, welcher sich zwischen dem Blattrande und den Anastomosen der Gefässbündel befindet, von Haaren vollkommen entblösst sein, weil sich dort die Wasserporen, welche durch den Schleim verstopft werden könnten, befinden. Ich habe die Blätter ebenfalls daraufhin untersucht, wobei sich ergab, dass die Wasserspalten an denjenigen Stellen, wo die Gefässbündel zusammentreffen, in grosser Anzahl vorhanden sind. Die Vertheilung der Schleimhaare ist indessen an dieser Stelle keine andere als an den übrigen Theilen des Blattes.

Auch die Blütenstiele zeichnen sich durch einen sehr dichten Haarbesatz aus, welcher die Bildung der mächtigen Schleimüberzüge auf denselben veranlasst.

Bei der Verschiedenheit in ihrer äusseren Gestalt, zeigen die Schleimhaare eine grosse Einheitlichkeit in ihrem Bau (Fig. 1). Sie sitzen auf einer Epidermiszelle, welche sich von ihren vier bis fünf angrenzenden Zellen durch ihre geringere Grösse unterscheidet, worauf bereits Jos. Schrenk und Ida Keller hingewiesen haben, und stehen mit ihr durch einen grossen Tüpfel, welcher die Scheidewand zwischen beiden durchsetzt, in Verbindung. Ihre Endzellen, denen

die Bildung des Schleimes obliegt, werden von einem kleinen Fussstück aus zweiniedrigen Zellen, deren Querwände nicht, deren Längswände dagegen sehr stark verkorkt sind, getragen. Sie sind an den noch im Wachsthum begriffenen Theilen viel grösser und schlanker gebaut, als an ausgewachsenen. In der Regel besitzen sie eine keulenförmige Gestalt.

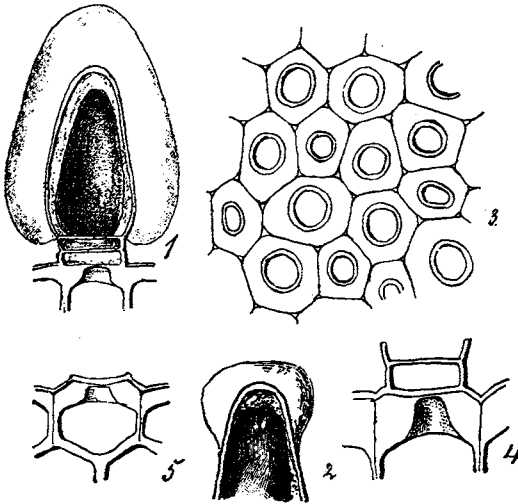
Zuweilen trifft man aber

auch solche an, welche entweder an dem Grunde oder aber an der Spitze sich gabelig verzweigen. Alle diese Formen sind in den Arbeiten, welche die Schleimbildung von *Brasenia peltata* behandeln, beschrieben und abgebildet worden.

Die Wand dieser Zelle, welche auf ihrer Oberfläche mit einer derben Cuticula überzogen ist, weist eine deutlich sichtbare Schichtung auf. Sie besteht, von den äussersten Schichten abgesehen, aus reiner Cellulose, wie man sich durch Behandlung mit Jodjodkalium oder Chlorzinkjod leicht überzeugen kann.

Der Inhalt der Zelle wird von einem spärlichen Protoplasma, welches einen kleinen unscheinbaren Kern einschliesst, gebildet<sup>1)</sup>. Dasselbe bildet einen dünnen Beleg an der Wand, da das Innere der Zelle von einer oder mehreren grossen Vacuolen eingenommen wird. Durch seine Thätigkeit entsteht ein besonderer, seiner chemischen

1) Nach den Angaben von Jos. Schrenk, welcher seine Beobachtungen an lebendem Material angestellt hat, soll dasselbe sehr lebhaft Strömungen zeigen.



Zusammensetzung nach noch unbekannter Körper, welcher einen Ballen bildet, welcher auf Kosten der Vacuolen sich vergrößert, bis er den ganzen Innenraum der Zelle ausfüllt, wodurch der Protoplast zu Grunde gerichtet wird. Die Ueberreste desselben sind meistens an den beiden Enden und zuweilen auch in der Mitte der Zelle noch wahrzunehmen. Auf Grund seiner Untersuchungen hatte Schrenk angenommen, dass diese Massen Schleim seien, mit welchem sie in mancher Beziehung übereinstimmen. Diese Annahme ist dadurch hinfällig geworden, dass Raciborski<sup>1)</sup> den Nachweis geliefert hat, dass in den Haarbildungen vieler Wassergewächse ein besonderer Körper, welcher auf Vanillin-Salzsäure sich kirschroth färbt, gebildet wird. Auch bei den Schleimhaaren von *Brasenia peltata* ist dies der Fall. In einem späteren Capitel dürfte sich Gelegenheit bieten, auf diesen Gegenstand noch einmal zurückzukommen.

Wenn die Haare zur Bildung des Schleimes übergehen, bieten sie einen eigenthümlichen Anblick dar. Jede Endzelle derselben ist nämlich von einem über dem Fussstück festgehefteten Sack, welcher zuweilen doppelt so dick und doppelt so lange als diese ist, umgeben. Das Innere desselben ist mit Schleim ausgefüllt. Diese Erscheinung kommt auf die nämliche Weise zu Stande, wie bei den Schleimhaaren anderer Wasserpflanzen. Es hebt sich nämlich die Cuticula, welche im vorliegenden Falle einer ganz ungewöhnlichen Dehnung fähig ist, von der Wand der Zelle ab und wird durch den Schleim, welcher sich in grossen Massen darunter ansammelt, in die Höhe gehoben, wobei sie eine ganz ausserordentliche Erweiterung erfährt. (Fig. 2). Schliesslich wird die Endzelle des Haares von einer mächtigen Schleimbeule, welche in den ersten Anfängen ihrer Entstehung eine kleine blasige Auftreibung an der Spitze oder an den Seiten derselben darstellte, umgeben. Ihr Inhalt zeigt zuweilen eine Zusammensetzung aus einzelnen Schichten, welche durch verschiedenes Lichtbrechungsvermögen ausgezeichnet sind. Nach meiner Ansicht ist diese Erscheinung auf einen Unterschied in der Verquellung, welche die einzelnen verschleimenden Schichten der Zellwand erfahren haben, bedingt.

Zur Bildung einer solchen Schleimbeule ist ein jedes Haar nach meiner Auffassung nur ein einziges Mal im Stande. Denn nirgends liessen sich irgend welche Anhaltspunkte dafür finden, dass eine

1) Raciborski, M., Ueber die Inhaltskörper der *Myriophyllumtrichome*, Ber. d. D. B. G., Jahrgang 1893, Heft 6, pag. 348—352.

mehrmalige Wiederholung dieses Vorganges stattfinden könnte. Wenn daher Ida A. Keller dennoch von einer solchen spricht, so glaube ich hiernach annehmen zu dürfen, dass sich diese ihre Ansicht auf eine unrichtige Deutung der gefundenen Thatsachen gründet. Es lehrt dies ein Blick auf die Zeichnung, welche sie davon gegeben hat. An dem Schleimhaar sind drei Umhüllungen wahrnehmbar. Nach meiner Ansicht ist nur die äussere als die Cuticula aufzufassen, während von den beiden inneren die eine als die eigentliche Wand der Zelle und die andere als die Umgrenzung des Zellinhaltes, welche von einer derberen Hülle umzogen zu sein scheint, angesehen werden müssen.

Wenn sich unter der Cuticula so viel Schleim angesammelt hat, dass sie dem auf ihr lastenden Druck nicht mehr länger Stand halten kann, wird die Schleimbeule gesprengt und ihr Inhalt quillt aus der dabei entstandenen Oeffnung, welche durch den Druck der Schleimmassen der benachbarten Haare stets an deren Spitze verlegt ist, aus. Er fliesst alsdann mit dem freigewordenen Schleim anderer Haare zusammen und bildet eine einheitliche Schicht auf den jungen Theilen der Pflanze. Die Mächtigkeit derselben ist so bedeutend, wie sie kaum eine andere Wasserpflanze mehr aufweisen mag. Es kann dies umsoweniger Befremden erregen, als die Haare so dicht zusammenstehen, dass nach Schrenk's Zählungen ungefähr 560 derselben auf einer Blattfläche von einem Quadratmillimeter zu finden sind. Die Schleimhüllen derselben berühren einander so enge, dass sie infolge ihrer gegenseitigen Abplattung keinen Zwischenraum zwischen sich frei lassen (Fig. 3). Diese massenhafte Schleimbildung wird den Pflanzensammlern häufig sehr unangenehm, da es ihnen durch dieselbe nicht gelingt, gute Herbarexemplare zu erhalten. Die Pflanze zerfällt nämlich gewöhnlich in Stücke, weil sie durch den Schleim beim Trocknen auf das Papier aufklebt.

Der Schleim selbst ist eine äusserst zähflüssige Masse, welche in Behandlung mit Jodjodkalium oder Chlorzinkjod eine braungelbe Färbung erhält. In conc. Salz-, Schwefel- und Salpetersäure löst er sich langsam auf, ebenso in conc. Essigsäure. In Osmiumsäure nimmt er eine blass stahlgraue Farbe zuweilen an, was wohl darauf zurückzuführen sein mag, dass aus dem Inneren der Zelle Stoffe ausgetreten sind, welche hier festgehalten werden. Bei solcher Behandlung färbt sich nämlich der Inhalt der Zelle, von welcher der Schleim stammt, stahlblau bis schwarz. Unter Einwirkung von conc. Kalilauge löst sich der Schleim sofort auf. Durch Corallin wird er roth und durch Nigrosin blau gefärbt. Diese Färbungen verschwinden gewöhnlich in

kurzer Zeit wieder, besonders wenn die Schnitte in Glycerin aufbewahrt werden. Ausserdem speichert der Schleim gewisse Anilinfarben, mögen sie in wässriger oder alkoholischer Lösung angewandt werden, in grossen Mengen in sich auf. Endlich gibt er mit essigsaurem Bleioxyd eine Fällung, die es ermöglicht, durch Zusatz einer stark verdünnten Kaliumbichromatlösung die Bildung von Chromblei zu veranlassen. Je nach dem Gehalt dieser Lösung wird bei dieser Reaction ein homogener bis feinkörniger Niederschlag von hellgelber Farbe erzeugt.

Die Entwicklung der Schleimhaare ist bereits von Jos. Schrenk in grossen Zügen beschrieben und durch einige Abbildungen erläutert worden. Auf Grund meiner Beobachtungen kann ich mich seinen Ausführungen nur anschliessen. Die Entwicklung der Schleimhaare lässt sich an einem jugendlichen Blatte sehr gut in ihrem ganzen Verlauf verfolgen, da von dem Rande bis zur Mitte alle Entwicklungszustände aufzufinden sind. Aus der Vergleichung derselben ergibt sich, dass ein jedes derselben aus einer Epidermiszelle hervorgeht, welche zu diesem Zwecke ihre Aussenwand über die Oberfläche ihrer Nachbarzellen emporzuwölben beginnt. Bei entsprechender Grösse schnürt sie durch eine Querwand eine Zelle ab, welche die weitere Ausbildung des Schleimhaares übernimmt. Aus ihr gehen durch wiederholte Theilungen die beiden Zellen des Fussstückes, sowie die Endzelle, welche die Schleimbildung übernimmt, hervor.

Wenn die jungen Pflanzentheile herangewachsen sind, beginnt sich deren Haarbesatz nach und nach zu lichten, bis er auf wenige Ueberreste verschwunden ist. Dieser Haarfall vollzieht sich in der Weise, dass zunächst die Endzelle, deren Schleimhülle meist schon längst entfernt ist, abfällt und alsdann das Fussstück nachfolgt (Fig. 4 und 5). Bevor dies aber geschehen kann, wird die Verbindung, welche zwischen der Epidermiszelle und dem ihr aufsitzenden Haar zum Zweck der Stoffzufuhr bestand, aufgehoben. Durch Einlagerung von Korkstoff wird deshalb der Tüpfel, welcher später noch an der Epidermiszelle erkennbar ist, geschlossen, so dass ein Eindringen von Wasser in deren Inneres unmöglich ist.

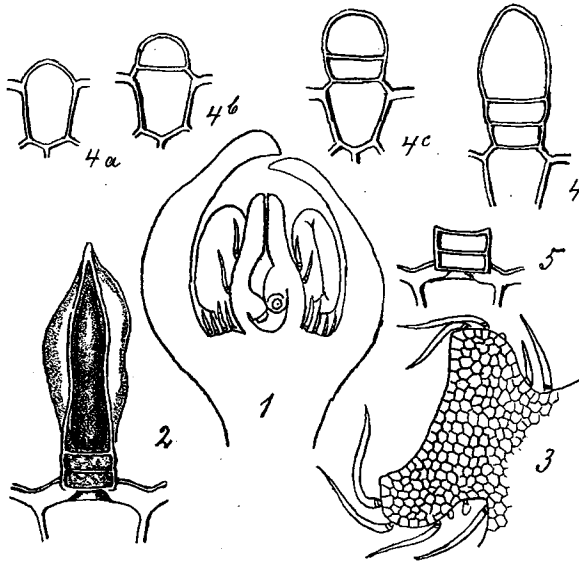
#### *Cabomba aquatica* Aubl.

*Cabomba aquatica* ist sowohl auf der Oberfläche der Sprossachsen, als auch der Blätter und Blüthen, dicht mit Schleimhaaren besetzt, welchen die Bildung jener Schleimüberzüge, mit denen dieselben im Zustande der Entwicklung überkleidet sind, obliegt. Die jungen

Blätter und Blüthen sind hier nämlich ebenso, wie bei *Brasenia peltata* in einer Knospe vereinigt, welche aller weiteren Schutzmittel, wie sie bei anderen Wasserpflanzen durch Ausbildung von Stipulargebilden und Blattscheiden entstehen, entbehrt.

Die Blätter dieser Pflanze sind in zweierlei Formen ausgebildet. Die einen sind untergetaucht und besitzen infolgedessen eine vollkommen zerschlitzte Spreite, die andern dagegen schwimmen auf der Oberfläche des Wassers und weisen daher eine schildförmige Spreite von kreis- bis eirunder Form auf. Die Verbreitung der Schleimhaare ist bei beiden Blattformen eine verschiedene. Bei den Wasserblättern erstreckt sie sich auf beide Seiten der Spreite, während sie bei den Schwimmblättern nur auf die Unterseite derselben beschränkt ist. Die Blüthe ist nicht nur aus-, sondern sogar inwendig mit Schleimhaaren besetzt. Im letzteren Falle haben sie am Grunde der Staubfäden und auf der Oberfläche des Fruchtknotens ihren Sitz (Fig. 1).

Die Schleimhaare sitzen auf einer Epidermiszelle, welche sich von ihren benachbarten Zellen durch viel geringere Grösse unter-



scheidet, auf und stehen mit dieser durch einen grossen Tüpfel, welcher die trennende Wand zwischen beiden durchsetzt, in Stoffaustausch (Fig. 2). Sie besitzen ein kleines Fussstück aus zwei niedrigen Zellen, welche stark verkorkte Längswände besitzen. Auf diesem erhebt sich die Endzelle, welche eine kegelförmige Gestalt besitzt und an

ihrem Ende in eine Spitze ausläuft. Eine solche Mannigfaltigkeit in der äusseren Form dieser Zelle, wie sie sich bei den Schleimhaaren von *Brasenia peltata* vorfindet, scheinen diese Haargebilde nicht aufzuweisen, da mir nirgends solche von anderer Gestalt bei meinen Untersuchungen begegnet sind. Bis auf die Spitze, welche eine gelbe Farbe erhält, färbt sich die Wand dieser Zelle bei Behandlung mit Chlorzinkjod sofort tiefblau, woraus hervorgeht, dass sie bis auf die äussersten Schichten, welche aus einem anderen Körper aufgebaut zu sein scheinen, aus reiner Cellulose besteht. Auf ihrer Oberfläche ist sie von einer feinen Cuticula überzogen. Ihr Inhalt besteht aus einem feinkörnigen Protoplasma mit einem kleinen linsenförmigen Kern. Dasselbe bildet einen dünnen Wandbeleg und umschliesst in der Mitte eine grosse Vacuole. Es tritt in die Bildung des Raciborski-schen Körpers ein, welcher sich dadurch auszeichnet, dass er mit Vanilinsalzsäure eine kirschrothe Farbe annimmt.

Wenn das Haar zum Abschluss seiner Ausbildung gekommen ist, geht es zur Schleimbildung über. Dieselbe vollzieht sich in der gewöhnlichen Weise. Es löst sich die Cuticula von der Zellwand ab und es entsteht dadurch zwischen beiden ein Raum, in welchem der Schleim gebildet wird. Dieser Vorgang führt anfänglich zur Entstehung einzelner kleinerer Schleimansammlungen auf der Oberfläche der Endzelle. Mit zunehmender Vergrösserung fliessen dieselben zu grösseren zusammen und bilden schliesslich eine grosse Schleimbeule, welche die Endzelle des Haares entweder ganz oder theilweise umgibt. Durch den in derselben herrschenden Druck wird die Cuticula gesprengt und ihr Inhalt ergiesst sich nach aussen, um sich mit den von anderen Schleimhaaren erzeugten Schleimmassen zur Bildung eines Ueberzuges auf den jungen Pflanzentheilen zu vereinigen. Der ausgetretene Schleim, welcher mit Jodjodkalium und Chlorzinkjod nur eine gelbe Farbe annimmt, ist zwar eine zähflüssige Masse, besitzt aber keine grosse Widerstandsfähigkeit gegen die quellende Wirkung des Wassers, so dass es oftmals schwierig ist, sich von seinem Vorhandensein zu überzeugen, weil er sehr rasch verquillt und verschwindet.

Das erste Auftreten der Haare lässt sich bis zu den frühesten Entwicklungszuständen der jungen Blätter und Blüten zurück verfolgen. Die Bildung derselben ist eine äusserst üppige und rückt in dem Maasse auf die Oberfläche der neugebildeten Organe vor, als die Entwicklung derselben vorschreitet. Darum sind die Vegetationspunkte stets von einer grossen Anzahl von Haaren umstellt, und ebenso entwickelt sich auf jungen Blättern und Blüten ein äusserst dichter

Haarbesatz, indem mit der Oberflächenvergrößerung derselben zwischen den bereits vorhandenen immer wieder jüngere Haare auftreten. Schon in einem sehr frühen Entwicklungszustande lassen die Schwimmblätter den auffallenden Unterschied in der Beschaffenheit ihrer beiden Blattflächen erkennen. Da die Oberseite der Spreite stets von Haaren entblösst ist, so werden zu ihrer Bedeckung die Schleimhaare, welche am Rande ihrer Unterseite sitzen, herangezogen. Die Endzelle derselben ist zu diesem Zweck so umgebogen, dass sie bis auf die Oberseite des jungen Blattes hinüberreicht (Fig. 3).

Die Entwicklung der Schleimhaare verläuft bei dieser Pflanze in eben derselben Weise, wie bei *Brasenia peltata*. Sie gehen aus Epidermiszellen hervor, welche ihre Aussenwände über die Oberfläche ihrer Nachbarzellen hervorwölben und unter mehrfachen Theilungen allmählich zu den eigenthümlichen Haargebilden auswachsen, welchen die Schleimbildung auf den jungen Pflanzentheilen obliegt (Fig. 4a—d).

Wenn die Schleimhaare ihren Zweck erfüllt haben, sterben sie ab. Trotz alledem verbleiben sie noch lange Zeit an Ort und Stelle, bis sie schliesslich zur Abstossung kommen. In der Regel fällt alsdann die Kopfzelle zunächst ab, während das Fussstück noch so lange an seiner Stelle sitzen bleibt, bis diejenigen Theile der Wand, durch welche die Stoffzufuhr von der Epidermiszelle nach dem Haare erfolgte, durch Einlagerung von Korkstoff für Wasser undurchdringbar geworden sind (Fig. 5). Wenn dies geschehen ist, fallen sie ebenfalls ab und verschwinden.

## II.

Diese Gruppe umfasst die Nymphaeaceen, bei denen sich besondere Organe an dem Aufbau der Knospe theiligen. Dieselben sind bei *Nuphar luteum* als Haar- und bei *Nymphaea alba*, *Euryale feroze* und *Victoria regia* als Stipulargebilde entwickelt. Daneben weisen die sämtlichen Gewächse eine reichliche Schleimbildung an den einzelnen Bestandtheilen der Knospe, welche von besonderen Haarbildungen ausgeht, auf.

### *Nuphar luteum* Sm.

Bei *Nuphar luteum* und wohl auch bei allen übrigen Arten dieser Gattung theiligen sich zum Unterschied von allen von mir untersuchten Nymphaeaceen keine Stipulargebilde an dem Aufbau der Knospen. An die Stelle derselben tritt eine äusserst dichte Behaarung, welche sich auf alle Blatt- und Blütenorgane in der Knospe erstreckt,

selbst wenn sie kaum erst angelegt worden sind. Sie wurde bereits von Trécul<sup>1)</sup> wahrgenommen und abgebildet. Von den späteren Beobachtern<sup>2)</sup> wurde sie scheinbar übersehen, weil in deren Werken nichts davon erwähnt ist. Nur Schumann<sup>3)</sup> hat in jüngster Zeit auf ihre Bedeutung als Ersatz für die fehlenden Stipulargebilde hingewiesen.

Schon mit blossen Auge lässt sich die Behaarung an der Knospe erkennen. Sie verschwindet erst in dem Augenblick, wo die neuentstandenen Blattorgane soweit herangewachsen sind, dass sie ihre zuvor noch eingerollt gewesenen Spreitenhälften auszubreiten beginnen. Es erscheinen deshalb diejenigen Blätter, deren Spreite noch fest zusammengerollt ist, noch mit einem Ueberzug von langen, feinen Haaren überdeckt. Diese sind indessen hier nicht mehr so zahlreich, weil sie zum Theil schon abgestossen worden sind (Fig. 1). Anders dagegen verhält es sich mit den jüngeren Blattgebilden, welche die Knospe in sich birgt. Sie sind auf ihrer ganzen Oberfläche dicht mit Haaren besetzt und diese Behaarung erstreckt sich auch noch auf die Oberfläche der Internodien am Rhizom (Fig. 2). Bei ihrer beträchtlichen Länge, welche etwa einen halben Centimeter beträgt, ragen die Haare mit ihren freien Enden aus dem Innern der Knospe hervor, so dass sie schon mit blossen Auge wahrzunehmen sind. Durch diese ausgiebige Haarbildung werden die jungen Organe in der Knospe auf allen Seiten mit einer dichten Umhüllung versehen, welche die bei anderen Nymphaeaceen ausgebildeten Stipeln wohl zu ersetzen im Stande ist.

Die hier in Frage stehenden Haargebilde sind folgendermaassen gebaut. Auf der über die Oberfläche ihrer Nachbarzellen etwas hervortretenden Epidermiszelle erhebt sich ein ungewöhnlich langer und dünner Faden, welcher aus einzelnen Zellen zusammengesetzt ist. An ihm gewahrt man das der Epidermiszelle aufsitzende Fussstück aus zwei oder drei verkorkten Zellen, welche sich nach oben hin becherförmig erweitern, um auf der so verbreiterten Fläche die

1) Trécul, Recherches sur la structure et le developpement du Nuphar luteum Annales des sciences naturelle III. 4 (1845) pag. 286—345.

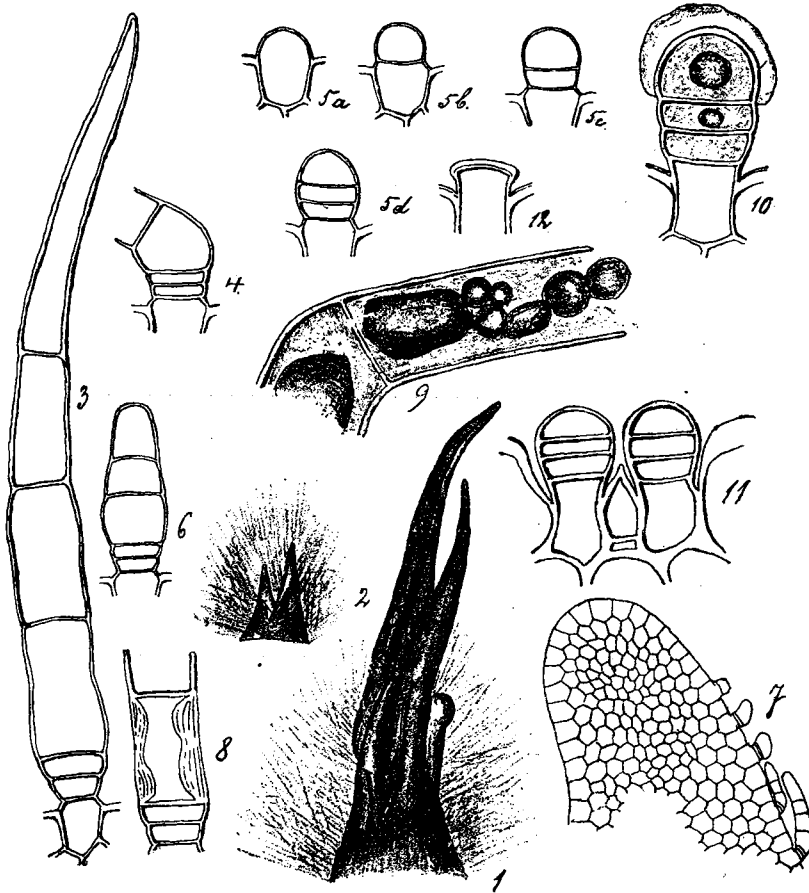
2) G. Dutailly, Sur le Nuphar luteum Bull. mens. de la Société Linnéenne de Paris 1877, Nr. 14 pag. 110—112 u. Nr. 15 pag. 114—116. B. Jönsson, Jakttagelser öfver fructens sätt att öppna sig hos Nuphar luteum Sm. och Nymphaea alba L. Bot. Notis. 1889, pag. 49—59.

3) A. Schumann, Neue Untersuchungen über den Blütenanschluss, 1890, pag. 197.

übrigen Zellen des Haares zu tragen (Fig. 3). Da die Haare stets in die Höhe gerichtet sind, ergeben sich durch die Unterlage, auf welcher sie aufsitzen, die Gestaltungsverhältnisse der Fusszellen. Die auf der fast wagrechten Oberfläche der Internodien sitzenden Haare stehen aufrecht, die an der Seite der jungen Blatt- und Blüthenorgane befindlichen dagegen müssen sich um einen gewissen Winkel krümmen; um ihr freies Ende ebenfalls aufwärts zu richten. Daher findet man die Zellen des Fussstückes so geformt, dass sich ihre Querwände im einen Falle in vollkommen wagrechter, im anderen dagegen in einseitig geneigter Lage befinden. Denn die gerade oder gekrümmte Form der Haare hängt ja nur einzig und allein von dem Verhalten der Fusszellen, welches in den gleichen oder ungleichen Wachstumsverhältnissen ihrer Längswände seine Erklärung findet, ab.

Auf der verbreiterten Fläche des Fussstückes sitzen (Fig. 3 u. 4) die übrigen Zellen des Haares auf, welche sich zur Bildung eines dünnen Fadens von mehr oder minder beträchtlicher Länge aneinanderreihen. Sie sind alle von annähernd gleicher Grösse und besitzen eine langgestreckte, cylindrische Form. Den Abschluss dieser Zellenreihe bildet eine Zelle, welche sich in ihrer Form von den übrigen etwas unterscheidet. Sie ist nämlich bedeutend mehr in die Länge gestreckt als diese und läuft nach ihrem stumpf abgerundeten Ende hin etwas zu. Bei der Uebereinstimmung in ihrer äusseren Form weisen doch einzelne dieser Zellen einen bemerkenswerthen Unterschied in der chemischen Beschaffenheit ihrer von einer gemeinsamen Cuticula überzogenen Wände auf. Es lässt sich schon ohne Weiteres erkennen, dass die erste, zuweilen aber auch noch die zweite an die Fusszellen sich anreihenden Zellen keine Wände von solcher Derbheit besitzen als die übrigen Elemente des Haares. Auffallender zeigt sich dies noch bei Anwendung geeigneter Reagentien. Durch Behandlung mit Schwefelsäure werden die Wände der in Frage stehenden Zellen sofort aufgelöst, während diejenigen der anderen einige, wenn auch nur kürzere Zeit deren Einwirkung widerstehen. Werden sie mit Chlorzinklösung in Berührung gebracht, so nehmen jene unter gleichzeitiger Verquellung sofort eine deutliche blaue Färbung an, wogegen diese sich anfangs gelb und erst nach und nach violett färben. Der Grund für dieses merkwürdige Verhalten dürfte wohl in einer Verschiedenheit in der Zusammensetzung der Cellulose, aus welcher die Wände der Zellen aufgebaut sind, zu suchen sein. Diejenigen Zellen, welche sich unmittelbar an die Fusszellen anreihen, besitzen Wände von reinem Zellstoff, wie sich aus deren Verhalten

gegenüber der Schwefelsäure und dem Chlorzinkjod ergibt. Die Wände der übrigen Elemente des Haares bestehen dagegen aus einer Cellulose, welche chemisch verändert zu sein scheint. Welcher Art die Verunreinigungen sein mögen, wodurch der Eintritt der reinen



Cellulosereaction in diesem Falle verhindert wird, liess sich nicht mit Sicherheit ermitteln. Die gleichzeitig beobachtete Sprödigkeit der betreffenden Zellen des Haares spricht für eine Einlagerung von anorganischen Stoffen in ihren Wänden.

Die sämtlichen Zellen des Haares besitzen im lebhäftigen Zustande nur ein spärliches Protoplasma, welches einen dünnen Beleg an den Wänden bildet. Dasselbe enthält einen kleinen, deutlich wahrnehmbaren Kern von linsenförmiger Gestalt und umschliesst eine einzige

grosse Vacuole, welche das Innere der Zelle vollständig ausfüllt. Sonstige Inhaltskörper von bekannter Form konnten in dem Protoplasten nicht aufgefunden werden. Dagegen finden sich zumal in den unteren Zellen des Haares vielfach theils einzeln, theils zu mehreren beisammen kleinere oder grössere Ballen von rundlicher oder länglicher Gestalt. Sie werden aus dem Protoplasma ausgeschieden und bestehen aus dem nämlichen Körper, welcher in den Schleimhaaren von *Brasenia peltata* gebildet wird. Derselbe färbt sich mit Vanillinschwefelsäure ebenfalls kirschroth, eine Erscheinung, welche in vielen Stücken an die bei der Phloroglucinreaction auftretende Färbung erinnert. Seine Verbreitung erstreckt sich nicht nur auf einzelne Zellen der Haare, sondern sogar auch auf die Gewebe an den jüngsten Theilen des Rhizomes. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass ihm eine besondere Rolle als Schutzmittel der Pflanze gegen Thierfrass zugesprochen werden muss. Es spräche dafür die Erfahrung der Gärtner, dass die Knospen von *Nuphar luteum*, sowie anderer Nymphaeaceen, niemals von Thieren, namentlich nicht von Wasserschnecken, angefressen beobachtet werden. Allerdings konnte der Grund hiefür auch wohl in dem massenhaften Vorkommen von Gerbstoff in diesen Pflanzen zu suchen sein.

Die Haare werden schon bei der Anlage neuer Organe an dem Vegetationskegel der Knospe gebildet. Sie treten immer in einem gewissen Abstand von dem Scheitel desselben auf, weil die Zellen des Dermatogenes offenbar erst in die Form von Epidermiszellen übergegangen sein müssen, bevor sich Haare daraus entwickeln können. Im Verlauf ihrer Entwicklung überziehen sich die jungen Organe, welche kaum erst als Höcker an dem Vegetationskegel ausgebildet wurden, auf ihrer ganzen Oberfläche mit Haaren, welche sich bei ihrer ständigen Grössenzunahme an Zahl vermehren, indem zwischen den bereits vorhandenen wieder einzelne von den benachbarten Epidermiszellen zu solchen auswachsen. Dies vollzieht sich in der Weise, dass eine solche Zelle ihre Aussenwand über die Oberfläche ihrer Nachbarzellen hervorwölbt und wenn sie zu einer entsprechenden Grösse herangewachsen ist, durch Theilung mittels einer periklinen Wand in zwei zerfällt. Aus der hierbei neuentstandenen Zelle entwickeln sich durch mehrmalige Wiederholung dieses Vorganges die übrigen Elemente, welche sich an dem Aufbau des Haares betheiligen. Auf diesem Wege entstehen zunächst die Fusszellen, welche klein bleiben und in ihre Längswände Korkstoff einlagern und hierauf die anderen Zellen, welche sich beträchtlich in die Länge strecken und deren Wände sich aus Cellulose von verschiedener Zusammensetzung

aufbauen. Von deren Anzahl und Grösse hängt die mehr oder minder beträchtliche Länge des Haares ab.

Durch diesen, soeben geschilderten Vorgang, welcher an dem Vegetationskegel ebenso, wie an allen anderen wachsenden Theilen der Knospe sich vollzieht, wird auf den jungen Organen bei ihrer Oberflächenvergrösserung mit zunehmendem Wachsthum eine gleichmässig dichte Behaarung herbeigeführt (Fig. 7). Die Bildung derselben hält mit der Entwicklung jener Theile demnach gleichen Schritt. Daher sind nicht nur die freiliegenden Theile eines Blattes, sondern sogar schon die noch eingerollte Blattspreite auf ihrer Unter-, niemals dagegen auf ihrer Oberseite bis zu den noch in lebhafter Ausbildung begriffenen Stellen schon dicht mit Haaren besetzt, welche alsbald auch auf diese vorrücken, bis sie den Rand des Blattes erreichen. Bei der Enge des Raumes, welcher zwischen den eingerollten Blatthälften vorhanden ist, entwickeln sich nur solche von geringerer Grösse und einfacherem Bau, als diejenigen auf der Mittelrippe, sowie auf den zu beiden Seiten derselben sich anschliessenden Theilen der Blattspreite, soweit ihre Oberfläche freigelegt ist. Auf den beiden Fusszellen erhebt sich nämlich in der Regel noch eine dritte Zelle mit verkorkter Wand, welche mit diesen zusammen die Krümmung des Haares bewirken, wodurch die ihr aufsitzende Endzelle sich auf die Unterseite des Blattes anlegt.

Während die Behaarung auf die jüngsten Theile der heranwachsenden Organe sich verbreitet, wird sie an der älteren unterdessen einem Wechsel unterworfen, welcher es erklärlich erscheinen lässt, wesshalb die Blätter sowie die Blüthen, welche auf einer früheren Entwicklungsstufe nur mit lang ausgewachsenen Haaren besetzt waren, in späterem Alter nur noch solche von geringerer Länge besitzen, welche vom Grund bis zur Spitze und von der Mitte bis zum Rande derselben an Grösse abnehmen. Die Abstossung der überflüssig gewordenen Haare erfolgt in der Weise, dass bei den Zellen, welche sich unmittelbar an die Fusszellen anreihen, eine Verquellung der Wände eintritt (Fig. 8). Diese wird durch den abweichenden Bau der letzteren, welcher sich in ihrer geringen Derbheit und in ihrem mikrochemischen Verhalten zu erkennen gibt, in besonderem Maasse befördert. Von dem abgefallenen Haare bleiben nur noch die Fusszellen übrig, auf denen meist noch grössere oder geringere Reste der verquollenen Zelle zu bemerken sind. Sie verbleiben noch längere Zeit an ihrer Stelle, bis sie nach eingetretener Verkorkung der darunter befindlichen Epidermiszelle abgestossen werden. Bei Gelegenheit des

Haarfalles treten die Ballen jenes merkwürdigen Körpers, welcher in den Zellen des Haares abgelagert worden war, mit dem Inhalt der verquollenen Zelle in das Wasser hinaus, worin sie sich noch einige Zeit erhalten und schliesslich zerfliessen (Fig. 9). Ob in diesem Vorgang eine Einrichtung zum Schutz der Pflanzen vor dem Angriff von Thieren zu erblicken ist, mag dahingestellt bleiben.

Zum Ersatz der abgefallenen Haare treten einzelne der am Fusse derselben liegenden Epidermiszellen in die Bildung solcher ein. Allein diese erreichen die Grösse der vorhergegangenen Generation nicht mehr. Mit vollständiger Ausbildung des Blattes haben auch sie ihren Zweck erfüllt und werden abgestossen.

Neben den bisher betrachteten besitzen die jungen Theile der Pflanze noch andere Haargebilde, welche die Bildung von Schleim auf ihrer Oberfläche bewirken. Ihre Verbreitung erstreckt sich nur auf die Blätter und Blüthen, aber niemals auf die Internodien am Rhizom. Sie scheinen auf diesen Organen erst von einem bestimmten Alter ab in grösserer Anzahl aufzutreten. Es mag dies mit dem Eintritt des Haarwechsels zusammenhängen. Denn auf den jüngeren Theilen der Knospe, welche bis zu einer gewissen Entwicklungsstufe von langen Haargebilden besetzt sind, sind sie nur in ganz verschwindend geringer Anzahl aufzufinden. Mit zunehmender Grösse derselben scheinen sie in dem Maasse an Zahl zuzunehmen, als die ursprünglich vorhandenen Haare abgestossen und durch kleinere ersetzt werden.

Die Schleimhaare besitzen einen sehr einfachen Bau, welcher manche Uebereinstimmung mit demjenigen der anderen Haargebilde aufweist (Fig. 10). Auf der Epidermiszelle, aus welcher sie hervorgehen, erhebt sich ein becherförmiges Fussstück, welches aus zwei Zellen mit verkorkten Längswänden besteht. Auf diesem sitzt eine einzige kopfförmige Zelle auf. Ihre von einer feinen Cuticula überzogene Wand besteht von den äussersten Schichten abgesehen, aus Cellulose, welche in concentrirter Schwefelsäure sofort aufgelöst und mit Chlorzinkjod azurblau gefärbt wird, und ihr Inhalt aus einem feinkörnigen Protoplasma mit Kern und Vacuole, welches einen Stoff von unbekannter chemischer Beschaffenheit in Form kleiner runder Ballen ausscheidet. Derselbe befindet sich in vollständiger Uebereinstimmung mit demjenigen, welcher in den Zellen der langen Haargebilde vorkommt. Die Zelle bewirkt die Bildung des Schleimes. Zu diesem Zweck löst sich die Cuticula von der darunter befindlichen Zellwand los, wodurch zwischen beiden ein Raum entsteht, in dem der Schleim abgelagert wird. Es entsteht dadurch über der ganzen

Zelle allmählich eine Schleimbeule, welche mit zunehmender Erweiterung gesprengt und entleert wird.

Ebenso wie die anderen Haargebilde, so entwickeln sich auch die Schleimhaare aus einer Epidermiszelle, die ihre Aussenwand hervorwölbt und bei Erlangung einer bestimmten Grösse durch Theilung in zwei Zellen zerfällt (Fig. 5a—d). Von diesen wächst die neu-entstandene weiter, um nach zweimaliger Wiederholung dieses Vorganges die Ausbildung des Haares abzuschliessen. Auf diesem Wege entsteht ein Gebilde von solch einfachem Bau, wie es zuvor geschildert worden ist. Wenn es herangewachsen ist, geht es zur Bildung des Schleimes über.

Entsprechend der Verbreitung der Schleimhaare erstreckt sich diese sowohl auf die freiliegenden, als auch auf die eingerollten Theile der Blätter. Infolge dessen sind die Zwischenräume in den eingerollten Blatthälften vollkommen mit Schleim erfüllt, in welchem sich mit besonderer Vorliebe Bacterien einzunisten scheinen.

Die Schleimhaare, welche in die Epidermis der jungen Organe etwas eingesenkt zu sein pflegen (Fig. 11), fallen nach Erfüllung ihrer Function ab. Es geschieht dies lange nach dem Verschwinden der übrigen Haargebilde. Meistens stirbt zunächst die der Schleimbildung dienende Zelle ab und das Fussstück verbleibt noch längere Zeit an seiner Stelle, bis es nach eingetretener Verkorkung der darunterliegenden Epidermiszelle ebenfalls abgestossen wird (Fig. 12).

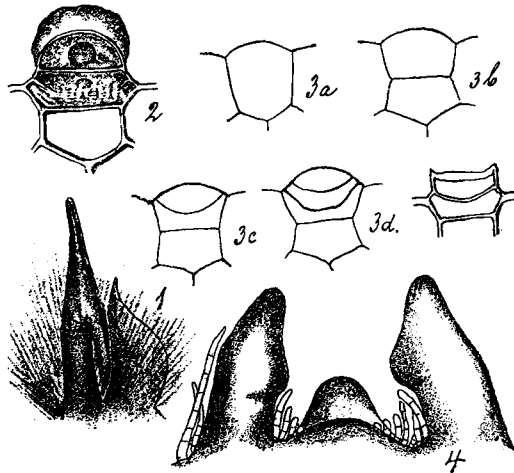
Zum Schlusse sei noch bemerkt, dass zwischen Land- und Wasserformen von *Nuphar luteum* ein auffallender Unterschied in der Durchführung des Knospenschutzes durch die beiden Formen von Haargebilden nicht festzustellen ist.

#### *Nymphaea alba* L.

Bei dieser Pflanze betheiligen sich an dem Aufbau der Knospe Stipulargebilde, welche die jungen Blätter in derselben einhüllen. Sie sitzen mit ihrem stark verbreiterten Grunde dem Rhizome auf und besitzen eine spitz zulaufende Spreite, deren Ränder zurückgeschlagen sind. In ihrer Mitte befindet sich eine flache Rinne, welche das zugehörige Blatt derart in sich aufnimmt, dass es auf seiner nach innen gewandten Seite vollständig davon bedeckt wird (Fig. 1). Die in der Knospe vorhandenen Zwischenräume, in welchen die jungen Blüten sitzen, sind vollkommen mit Haaren ausgefüllt, welche auf dem Internodium des Rhizomes aufsitzen und vermöge ihrer beträchtlichen Länge fast bis an die Spitze der jungen Organe hinanreichen. Auf

20\*

die Blätter und Blüten selbst, sowie auf die Stipeln verbreiten sie sich nicht. Sie bestehen aus einer grossen Anzahl von Zellen, welche vom Grund bis zur Spitze an Grösse zunehmen und sich durch die verschiedene chemische Beschaffenheit ihrer Wände von einander unterscheiden. Die Fusszellen, von denen die unterste zwischen die ihr benachbarten Epidermiszellen etwas eingesenkt ist, besitzen im



ausgebildeten Zustande verkorkte Längswände, die übrigen Zellen, welche mit einer dünnen Cuticula überzogen sind, dagegen solche aus Cellulose, welcher fremde Stoffe beigemischt sein müssen, wodurch die für sie bezeichnenden Reactionen nur in unvollständiger Weise eintreten. Sie nehmen bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure oder Chlorzinkjod eine gelbbraune, zuweilen ins Violette über-

gehende Färbung an. Der Inhalt der sämtlichen Zellen besteht aus einem spärlichen Protoplasma mit einem kleinen unscheinbaren Kern. Dasselbe bildet nur einen dünnen Wandbeleg und umschliesst eine grosse Vacuole. Es scheidet einen Körper, der sich mit Vanillin-Salzsäure tiefroth färbt, in einzelnen Kügelchen aus, welche sich auf Kosten der Vacuolen vergrössern und zu einem grossen einheitlichen Ballen zusammenfliessen.

Die Entstehung dieser Haargebilde findet schon bei der Anlage neuer Blatt- und Blütenorgane an dem Vegetationskegel der Knospe statt. Sie bilden sich aber nur an denjenigen Stellen, welche zu den Internodien des Rhizomes werden. Dies erfolgt auf die Weise, dass die Epidermiszellen nach beendigter Entwicklung sofort zu solchen auswachsen. Zu diesem Zweck wölbt sich diese etwas hervor und theilt sich, sobald sie die entsprechende Grösse erreicht hat. Die dabei auftretende Theilwand zerlegt sie in der Weise, dass die neu-entstandene Zelle sich nicht in ihrer ganzen Grösse über die Oberfläche der angrenzenden Epidermiszellen erhebt, sondern vielmehr mit ihrem unteren Theile zwischen dieselben eingesenkt bleibt. Sie setzt

ihr Wachsthum unter fortgesetzter Wiederholung des Theilungsvorganges fort, woraus das Haar hervorgeht. Auf einer früheren Entwicklungsstufe zeigen die Wände der einzelnen Zellen desselben auf Behandlung mit Chlorzinkjod bereits eine violette Farbe, welche im ausgewachsenen Zustande in der Regel nicht mehr eintritt. Denn die Cellulose erleidet im Laufe der Entwicklung des Haares eine sehr rasche Veränderung, welche nur eine gelbe Färbung der Zellwände bei Behandlung mit Jodpräparaten bewirkt. Mit der Oberflächenvergrößerung des heranwachsenden Rhizomes nehmen die Haare auf dem Internodium sehr rasch an Zahl zu, weil zwischen den bereits vorhandenen immer wieder neue auftreten. Durch den dichten Haarbesatz, welcher auf diesem Wege zu Stande kommt, werden alle zwischen den einzelnen Theilen der Knospe vorhandenen Räume vollkommen ausgefüllt und dem Zutritt des Wassers gewisse Schranken gesetzt.

Mit dem Abschluss der Blatt- und Blütenentwicklung haben diese Haargebilde ihren Zweck erfüllt und sterben daher sehr bald ab. Da eine besondere Einrichtung zu ihrer Abstossung, wie sie die Haare von *Nuphar luteum* besitzen, hier nicht ausgebildet ist, so bleiben sie so lange an Ort und Stelle, bis sie zugleich mit den Stipeln, die ebenfalls zum Schutz der jungen Blätter in der Knospe gedient und diesen Zweck nun auch erfüllt haben, der Fäulniss anheimfallen.

Die seither behandelten Haargebilde hatten ihren Sitz auf den Internodien des Rhizomes. Anstatt deren besitzen die jungen Theile der Knospe Schleimhaare, deren Thätigkeit die Bildung von Schleimüberzügen auf denselben zuzuschreiben ist (Fig. 2). Diese Haarbildungen bedecken das Blatt, abgesehen von der Oberseite der Spreite, auf seiner ganzen Oberfläche. Auch die Blüthe ist auswendig vollständig damit besetzt. Die Stipeln dagegen tragen sie nur auf derjenigen Seite, welche dem zugehörigen Blatte zugewendet ist. Ihr Bau weicht von demjenigen der bei *Nuphar luteum* vorkommenden Schleimhaare insofern etwas ab, als sie sich nicht über die angrenzenden Epidermiszellen in ihrer ganzen Grösse erheben, sondern mit einem Theil ihres Fussstückes zwischen diese eingelassen sind. Es ist hier also nicht nur die Epidermiszelle, aus welcher das Haar gebildet worden ist, sondern auch die untere der beiden Fusszellen zum grössten Theil zwischen ihre Nachbarzellen eingesenkt. Die obere von diesen besitzt Längswände von nur ganz unscheinbarer Höhe, wodurch sie auch das Ihrige beiträgt, dass das ganze Fussstück kaum

über die Oberfläche der Epidermis hervortritt. Um eine gleiche Vertheilung des Raumes in beiden Zellen herbeizuführen, ist die ~~ihnen~~ gemeinsame Wand muldenförmig gebogen, wodurch sich die obere auf Kosten der unteren vergrössert. Beide besitzen verkorkte Wände. Die von ihnen getragene Kopfzelle, welche mit ihnen durch einen grossen Tüpfel in Stoffaustausch steht, ist bald grösser, bald kleiner entwickelt und besitzt in der Regel eine annähernd halbkugelige Form. Ihre, von einer dünnen Cuticula überzogene Wand besteht von den äussersten Schichten abgesehen, aus Cellulose, welche auf Behandlung mit Chlorzinkjod eine blaue bis blauviolette Farbe annimmt und ihr Inhalt aus einem körnchenreichen Protoplasma mit Kern und Vacuole. Zuweilen enthält er kleine kugelige Ballen des von Raciborski zuerst näher untersuchten Stoffes, der auf Einwirkung von Vanillin-Salzsäure eine rothe Färbung annimmt. Sie hat die Bestimmung, Schleim abzusondern. Zu diesem Zwecke löst sich die Cuticula von der Zellwand los und es entstehen dadurch zwischen beiden vereinzelt kleine Hölräume, welche sich mit Schleim anfüllen. Dieselben nehmen nach und nach an Umfang zu und fliessen schliesslich zu einer einzigen Schleimbeule zusammen, welche die Zelle rings umgibt. Die Cuticula, die hierbei eine starke Dehnung erfährt, wird gesprengt und der Schleim ergiesst sich nach aussen, wo er mit den Schleimmassen, welche von den benachbarten Schleimhaaren gebildet wurden, zusammenfliesst, um auf den jungen Theilen der Pflanzen einen gleichmässigen Ueberzug zu bilden. Er besitzt dieselben Eigenschaften, wie derjenige, welcher von den Schleimhaaren an den jungen Theilen von *Nuphar luteum* ausgeschieden wird.

Die Schleimhaare entwickeln sich aus Epidermiszellen (Fig. 3a—d), welche zu diesem Zweck ihr Wachsthum fortsetzen, wobei sie sich nur wenig über die Oberfläche ihrer Nachbarzellen erheben und bald in eine Theilung eintreten. Von den beiden hierdurch entstandenen Zellen bleibt die eine tief zwischen den sie umgebenden Epidermiszellen eingesenkt, während die andere an der Oberfläche gelegen ist und demnach die weitere Ausbildung des Haares übernimmt. Nach einer nur geringen Vergrösserung tritt diese Zelle in eine Theilung ein, wobei die dabei auftretende Scheidewand sich an der gewölbten Aussenwand und zwar nahe am Rande derselben ansetzt. Sie ist uhrglasförmig gebogen, so dass die durch sie abgeschnittene Zelle die Gestalt einer Linse erhält. Diese setzt ihr Wachsthum fort, ohne sich dabei wesentlich zu vergrössern und theilt sich durch eine wagrecht verlaufende Wand, welche ihre Ansatzstelle

dicht über derjenigen der zuvor entstandenen hat. Damit findet die Ausbildung des Haares ihren Abschluss. Denn auf solche Weise sind die beiden Fusszellen, welche gleichsam ineinander geschachtelt sind und eine Endzelle, welche zu mehr oder minder bedeutender Grösse heranwachsen kann, entstanden. Die Wände der ersteren unterliegen im Verlauf ihrer Entwicklung der Verkorkung, diejenigen der letzteren der Verschleimung, wie bereits näher dargelegt worden ist.

Am Vegetationspunkt erscheinen die jungen Blatt- und Blütenorgane vollständig kahl (Fig. 4). Das Auftreten der Schleimhaare ist erst an solchen zu bemerken, welche bereits eine beträchtliche Grösse erreicht haben. Auf den ersten Blick könnte diese Erscheinung zwar befremden; wenn man aber das Auftreten der Haare bei dieser Pflanze mit demjenigen bei *Nuphar luteum* vergleicht, so wird man zwischen beiden eine auffallende Uebereinstimmung in dieser Beziehung finden. Denn auch da treten sie zwischen den dort vorkommenden grösseren Haarbildungen erst auf, wenn die Organe bereits zu beträchtlicher Grösse herangewachsen sind. Die Haarbildung hält mit der Entwicklung der Organe gleichen Schritt. Sie rückt beim Blatt allmählich vom Grund bis zur Spitze und von der Mitte bis zum Rande vor, erstreckt sich aber niemals auf die Oberseite der Spreite. Die jungen Blütenknospen sind zuletzt auf ihrer ganzen Oberfläche und die Stipeln auf der dem zugehörigen Blatte zugewandten Seite mit Haaren bedeckt. Durch die Thätigkeit derselben erhalten diese Organe einen Ueberzug von Schleim zum Schutz gegen das Eindringen des Wassers in ihre jungen, noch zarten Gewebe.

Sobald ein Blatt seine Ausbildung nahezu erreicht hat, tritt es unter Entfaltung seiner Spreite zwischen den Stipulargebilden hervor. Infolge der jetzt eintretenden Verquellung verschwinden die Schleimmassen und das Wasser erhält nun Zutritt zu allen davon bedeckt gewesenen Theilen des jungen Blattes. Die Schleimhaare haben ihren Zweck erfüllt und werden von der Pflanze abgestossen. Dies erfolgt in der Weise, dass die Endzelle, welche die Bildung des Schleimes bewirkt hat, unter Verquellung ihrer Wände zu Grund geht. Die beiden Fusszellen bleiben zurück, da sie mit den benachbarten Epidermiszellen in zu engem Verbande stehen, als dass sie ohne weiteres aus demselben treten könnten. Auf diese Verhältnisse wurde bereits an einer früheren Stelle hingewiesen. Durch nachträglich eintretende Verkorkung werden zuletzt auch noch die Tüpfel auf den Querwänden der Fusszellen, durch welche das Haar seither mit den darunter liegenden Geweben in Verbindung stand, geschlossen, so dass auf diesem Wege kein Wasser in das Innere der Pflanze gelangen kann.

*Euryale ferox*, Salisb.

*Euryale ferox* zeigt zwar hinsichtlich des Knospenbaues eine grosse Uebereinstimmung mit *Nymphaea alba*, weist aber in Bezug auf den Bau und die Verbreitung der Schleimhaare einen wesentlichen Unterschied von derselben auf. So lange die jungen Blätter noch in ihrer Ausbildung begriffen sind, bleiben sie in der Knospe eingeschlossen. Zu seinem besonderen Schutz besitzt ein jedes derselben seine Stipel, welche mit ihrem verbreiterten Grunde dem Rhizome aufsitzt und eine spitz zulaufende Spreite mit flügelartig zurückgeschlagenen Rändern besitzt. Auf der Mitte dieser Blattgebilde befindet sich eine seichte Rinne, welche das zugehörige Blatt derart in sich aufnimmt, dass es auf seiner Vorderseite vollkommen davon bedeckt ist. Zur Ausfüllung der in der Knospe vorhandenen Zwischenräume dienen lange, dünne Haargebilde, welche auf den Internodien des Rhizomes ihren Sitz haben. Ein jedes derselben erhebt sich auf einer Epidermiszelle und besitzt ein kleines Fussstück aus zwei schmalen und niedrigen Zellen, deren Längswände stark verkorkt sind. Auf diesem sitzt der übrige Theil des Haares, welcher aus einer grossen Anzahl von Zellen sich zusammensetzt. Diese übertreffen die Zellen des Fussstückes ganz bedeutend an Länge und Dicke. Ihre Wände bestehen aus Cellulose, welcher offenbar fremdartige Bestandtheile beigemischt sein müssen, da sie selbst bei längerer Einwirkung von Chlorzinkjodlösung nur eine gelbe Färbung annehmen. In frühem Alter besteht der Inhalt dieser sehr dünnwandigen und von einer dünnen Cuticula überzogenen Zellen aus einem feinkörnigen Protoplasma mit einem kleinen linsenförmigen Kern. Dasselbe bildet einen dünnen Wandbeleg und umschliesst eine grosse Vacuole. Im weiteren Verlauf der Entwicklung tritt es in die Bildung des von Raciborski entdeckten Körpers ein, der sich im Innern der Zelle zu grossen Ballen vereinigt.

Die Entwicklungsgeschichte dieser Haare konnte ich in ihrem gesammten Verlauf nicht verfolgen, da mir für meine Untersuchungen keine Keimpflanzen zur Verfügung standen. Es kann indessen kaum einem Zweifel unterliegen, dass die Entwicklung dieser Gebilde in ihren wesentlichsten Zügen ebenso verläuft, wie bei *Nuphar luteum* und *Nymphaea alba*.

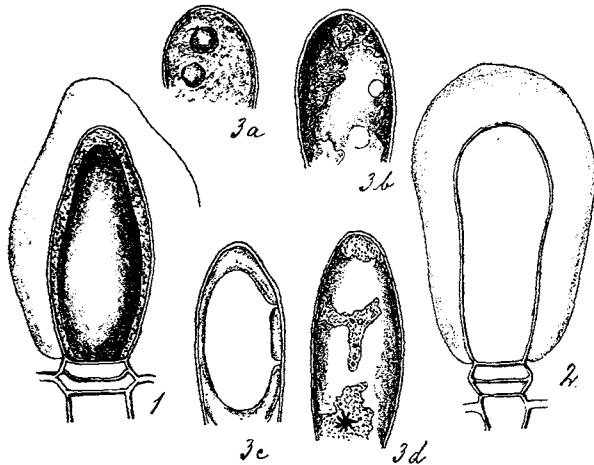
Wenn die Haargebilde ihren Zweck erfüllt haben, werden sie von der Pflanze abgestossen, nachdem zuvor die Verkehrswege, durch welche der Stoffaustausch vermittelt wurde, durch nachträgliche Einlagerung von Korkstoff in die seither unverkorkt gebliebenen Theile der Zellwände verschlossen worden sind. Da keine besondere Ein-

richtung für diesen Zweck getroffen ist, so verbleiben sie unter Umständen noch sehr lange an Ort und Stelle, bis sich der obere Theil des Haares von dem Fussstück lostrennt und verschwindet. Nach einiger Zeit folgt das letztere nach. Die bisher besprochenen Haargebilde sind in ihrer Verbreitung nicht etwa auf die Internodien des Rhizomes beschränkt, sondern finden sich sowohl auf dem Stiel des Blattes, wo sie am Grunde der Stacheln vereinzelt vorkommen, als auch auf der Spreite derselben, wo sie in grosser Anzahl auf den Rippen sitzen. Neben diesen haben noch diejenigen Haargebilde, welche der Schleimbildung dienen, ihren Sitz auf dem Blatt. Dasselbe ist in allen Theilen davon bedeckt. Es bildet in dieser Beziehung *Euryale ferox* und die nachher zu beschreibende *Victoria regia* einen merkwürdigen Gegensatz zu *Nuphar luteum* und *Nymphaea alba*. Während bei jenen also die Ober- und Unterseite des Blattes mit Haaren bedeckt ist, ist bei dieser nur die Unterseite der Blattspreite durch einen solchen Haarbesatz ausgezeichnet. Es lässt sich vermuthen, dass diese Verhältnisse bei *Euryale ferox* und *Victoria regia* durch die neben der Einrollung der ganzen Spreite einhergehende Faltung der zwischen den Rippen liegenden Theile des Blattes bedingt werden. Sie finden sich nämlich nur an den grösseren Blättern, wo sie freilich schon in frühen Entwicklungszuständen anzutreffen sind. Bei den ersten Blättern, welche an der Keimpflanze auftreten; findet noch keine Faltung der Spreite statt, und infolge dessen kommen die Schleimhaare, welche bis jetzt noch die einzige Haarform an denselben bilden, nur auf ihrer Unterseite vor.

Die Blüthe verhält sich in Bezug auf die Verbreitung der beiden erwähnten Haarformen ebenso wie das Blatt. Die Stipeln sind nur mit Schleimhaaren besetzt und zwar befinden sich dieselben nur auf derjenigen Seite, welche dem ihnen zugehörigen Blatte zugekehrt ist.

Die Schleimhaare bestehen aus einem Fussstück, mit welchem sie den Epidermiszellen aufsitzen und aus einer Kopfzelle, welche die Schleimbildung besorgt (Fig. 1 u. 2). Je nach dem früheren oder späteren Auftreten der Blätter zeigen sie einen Unterschied in dem Bau des Fussstückes. An Blättern von Keimpflanzen, deren Spreite wohl zusammengerollt, aber nicht gefaltet ist, entspricht dieser demjenigen, welcher an den Schleimhaaren von *Nymphaea alba* zu beobachten ist. Das Fussstück ist ebenfalls in die Epidermis eingesenkt und tritt infolge der eigenartigen Ausbildung der beiden Fusszellen nur sehr wenig über die Oberfläche derselben hervor (Fig. 1). Bei den später auftretenden Blättern, deren Spreite sowohl eingerollt als auch einge-

faltet ist, sitzt dasselbe frei auf der Epidermiszelle auf (Fig. 2). Es besteht ebenfalls aus zwei Zellen mit verkorkten Längswänden und besitzt kugelhähnliche Gestalt. Die auf demselben aufsitzende Kopfzelle zeigt eine grosse Verschiedenheit in ihrer Form. In der Regel



ist sie in ihrem unteren Theile bauchig erweitert und läuft in ihrem oberen Theile bis zu ihrem stumpf abgerundeten Ende etwas zu. Häufig besitzt sie auch keulenförmige Gestalt. Ihre Wand besteht aus Cellulose, welche auf Behandlung mit Jod die bezeichnenden Reactionen gibt und ist auf ihrer Oberfläche mit einer dünnen Cuticula überzogen. Ihr Inhalt besteht aus einem spärlichen Protoplasma, in welchem ein kleiner unscheinbarer Kern vorhanden ist. Dasselbe umschliesst eine grosse Vacuole. Durch seine Thätigkeit entsteht der Raciborski'sche Körper, welcher anfangs in Form zahlreicher Kügelchen auftritt. Mit zunehmender Vergrösserung fliessen diese zu einem grösseren Ballen, welcher zuweilen den ganzen Innenraum der Zelle ausfüllt, zusammen (Fig. 3a—d). Bei der Einstellung auf den Rand des Haares beobachtet man, dass derartige Ballen einen Hohlraum umschliessen. Da dies manchmal in unvollkommener Weise geschieht, so erscheint die aus Myriophyllin bestehende Hülle von Löchern durchbrochen, wie dies die Figuren 3b—d erkennen lassen. Häufig beobachtet man alsdann das Auftreten kleiner drusenähnlicher Krystallbildungen von grüner Farbe.

Die Bildung des Schleimes geht bei *Euryale ferox* in der gewöhnlichen Weise vor sich. Es löst sich die Cuticula von der Zellwand ab und es wird in dem zwischen beiden dadurch entstehenden

Zwischenraum Schleim gebildet. Dieser Vorgang spielt sich anfangs nur an einzelnen Stellen auf der Oberfläche der Zelle ab. Die dadurch entstehenden Schleimansammlungen vergrössern sich nach und nach und fliessen zuletzt zu einer einzigen Schleimbeule, welche die Kopfzelle des Haares rings umgibt, zusammen. Nach einer Weile wird dieselbe gesprengt und ihr Inhalt tritt heraus. Derselbe fliesst mit den von den benachbarten Schleimhaaren abgeschiedenen Schleimmassen zur Bildung eines Ueberzuges auf den jungen Knospen theilen zusammen. Er ist in Wasser ungemein leicht quellbar, woher es kommt, dass er meistentheils nur mit vieler Mühe an der Stätte seines Ursprungs nachgewiesen werden kann.

Die Entstehung dieser Haarbildungen konnte sich leider nicht bis zu ihren Anfängen zurückverfolgen, da mir nicht das hierzu erforderliche Beobachtungsmaterial zur Verfügung stand. Ich muss daher auf eine Schilderung ihres ersten Auftretens auf den ersten Blattanlagen am Vegetationspunkt an dieser Stelle verzichten. Da bei zunehmender Oberflächenvergrösserung der wachsenden Organe zwischen den bereits vorhandenen Schleimhaaren neue auftreten, so war es dennoch möglich, wenigstens in die Entwicklungsgeschichte derselben einen Einblick zu gewinnen. Dieselbe verläuft in zweierlei Art und Weise, je nachdem ein Schleimhaar mit eingesenktem oder freistehendem Fussstück gebildet wird. In dem einen Falle erfolgt die Bildung desselben auf die gleiche Weise wie bei *Nymphaea alba*. Im andern Falle nimmt seine Entwicklung denselben Verlauf, wie bei *Nuphar luteum*, nur mit dem Unterschied, dass hier ein Fussstück mit cylindrischen Zellen gebildet wird, während dasselbe bei *Euryale ferox* eine kugelige Gestalt erhält.

Wenn die Schleimhaare ihre Bestimmung erfüllt haben, gehen sie nach einiger Zeit zu Grunde. Es wird dies dadurch eingeleitet, dass die Kopfzelle sich von dem Fussstück lostrennt und verschwindet, wenn die Zuleitungsbahnen, wodurch der Stoffaustausch mit den Haaren vermittelt wurde, durch nachträgliche Verkorkung der unverkorkt gebliebenen Membranthteile, welche als grosse Tüpfel auf den Querwänden der Fusszellen bemerkbar sind, unterbrochen worden sind. Die zwischen die Epidermiszellen eingesenkten Fussstücke der Haare verbleiben an Ort und Stelle, die frei auf den Epidermiszellen aufsitzenden treten über kurz oder lang aus dem Verbande mit der Pflanze, sie fallen ab und verschwinden. Bis dahin sind die Blätter und Blüthen schon so weit in ihrer Entwicklung vorgeschritten, dass sie bald über dem Wasserspiegel erscheinen, um sich dort zu entfalten.

*Victoria regia* Lindl.

Bei *Victoria regia*, welche seit ihrer Entdeckung durch Bonpland im Jahre 1801 und namentlich seit ihrer Einführung in die botanischen Gärten Europas um das Jahr 1846 nach den verschiedensten Richtungen durchgearbeitet worden ist, blieb die Bildung von Schleim, womit die jungen Theile in den Knospen stets überzogen sind, bis auf den heutigen Tag unbeachtet. Bei der näheren Durchsicht der im Laufe dieser Zeit über diese Pflanze erschienenen Litteratur<sup>1)</sup> liessen sich nur in einer der monographischen Arbeiten über die Wasserpflanzen von A. Trécul einige wenige Bemerkungen über die Beobachtung der zur Bildung des Schleimes dienenden Haargebilde auffinden. Dieser Forscher bemerkt in seiner unter dem Titel: „Études anatomiques sur la *Victoria regia*“ erschienenen Arbeit<sup>2)</sup> bei der Besprechung der Anatomie des Blattes Folgendes:

Les deux épidermes du limbe sont composés chacun d'une seule couche de cellules; à l'épiderme supérieur sont les stomates enclavés entre les cellules à parois un peu sinueuses à l'épiderme. Celui de la face inférieure n'en porte pas, mais il est muni des cellules arrondies, qui étaient la base de poils tombés dès le premier âge de la feuille, et qui sont dispersées au milieu des cellules polyédriques de cet épiderme de la même manière, qui les stomates le sont de l'autre côté.

Wie also hieraus ersichtlich ist, hat der Verfasser die Schleimhaare, welche während der Entwicklung des Blattes aufgetreten und mit dem Abschluss derselben bis auf die Fusszellen verschwunden sind, bereits beobachtet, ohne sich indessen über deren Zweck irgend welche Kenntniss zu verschaffen.

So lange die jugendlichen Blätter dieser Pflanze in der Knospe eingeschlossen sind, werden sie von Stipeln vollkommen eingehüllt. Diese Blattgebilde sitzen mit ihrem verbreiterten Grunde dem Rhizome so auf, dass sie der Vorderseite des zugehörigen Blattes zugewendet

1) Unger, Einiges über die Organisation der Blätter der *Victoria regia* Lindl. Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Klasse der kais. Akademie der Wissenschaften 1853. Bd. XI, S. 1006 u. ff. — Caspary, Ueber die tägliche Periode des Wachsthumes des Blattes der *Victoria regia* Lindl. und des Pflanzenwachsthumes überhaupt. Flora 1856, Nr. 8—11. — Seidel, Zur Entwicklungsgeschichte der *Victoria regia* Lindl. 1869. — Baillon, Monographie des Nymphaeacées. Histoire de Plantes 1871 pag. 88—89.

2) Annales des sciences naturelles IV série 1 pag. 155 u. 156.

sind. Sie besitzen eine nach oben etwas zulaufende Spreite, deren Ränder flügelartig umgeschlagen sind, und bilden in der Mitte von zwei Leisten begrenzte flache Rinnen, in welche die jungen Blätter zu liegen kommen. Die sämtlichen Bestandtheile der Knospe sind ausserordentlich dicht auf dem Rhizom zusammengedrängt, wodurch die Internodien desselben ganz ungewöhnlich verkürzt sind. Daraus mag es auch wohl zu erklären sein, dass die sonst auf diesen auftretenden Haargebilde, welche bei den übrigen Nymphaeaceen zur Ausfüllung der Zwischenräume in der Knospe dienen, bei dieser Pflanze gänzlich fehlen.

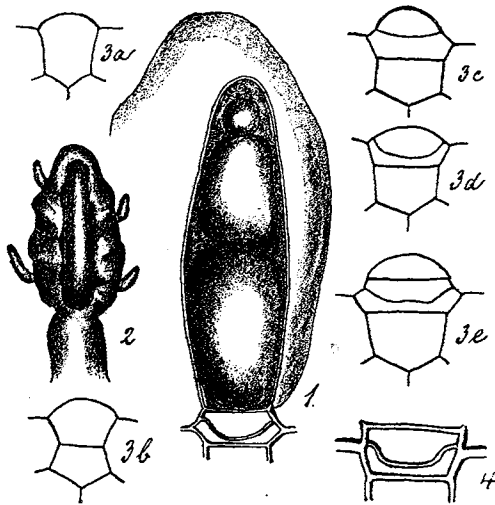
Auf den jungen Blatt- und Blüthenorganen, sowie auf den Stipeln findet eine sehr ausgiebige Haarbildung statt. Das junge Blatt ist sowohl auf seinem Stiel als auch auf der Ober- und Unterseite der Spreite mit einem dichten Haarbesatz versehen. An dem Zustandekommen desselben betheiligen sich Haargebilde von zweierlei Form, wovon die einen, sich über die gesammte Oberfläche des Blattes verbreiten, während die anderen in ihrem Vorkommen nur auf Rippen der Blattspreite beschränkt sind. Diese letzteren sind sehr lang und dünn. Sie sitzen der Epidermiszelle, aus welcher sie hervorgegangen sind, mit einem kleinen Fussstück auf. Dieses besteht aus zwei schmalen und niedrigen Zellen, welche verkorkte Längswände besitzen. Der übrige Theil des Haares setzt sich aus cylindrischen Zellen von beträchtlicher Grösse und Dicke zusammen. Die zarten und dünnen Wände derselben sind aus Cellulose aufgebaut, welche auf Behandlung mit Jod nur eine gelbe Farbe annimmt, da sie scheinbar mit fremden Bestandtheilen durchsetzt ist, wodurch der Eintritt der reinen Zellstoffreaction verhindert wird. Sie sind auf ihrer Oberfläche von einer feinen Cuticula überzogen. Der Inhalt dieser Zellen besteht aus einem feinkörnigen Cytoplasma, in welchem ein kleiner linsenförmiger Kern sich befindet. Dasselbe bildet einen dünnen Beleg an der Wand der Zelle und schliesst in seiner Mitte eine grosse Vacuole ein. Durch seine Thätigkeit wird der Raciborski'sche Körper gebildet, welcher anfangs in Form kleiner Kugeln auftritt und später zu grossen Ballen zusammenfliesst.

Diese Haarbildungen gehen aus den Epidermiszellen auf der Blattrippe hervor, indem diese ihr Wachsthum fortsetzen. Zu diesem Zwecke wölbt sich ihre Aussenwand über die Oberfläche hervor und sie geht, sobald sie eine entsprechende Grösse erreicht hat, in Theilung. Aus der abgeschnittenen Zelle geht nach mehrmaliger Wiederholung dieses Vorganges das lange, dünne Haar hervor, dessen Fussstück im Laufe

der Entwicklung theilweise der Verkorkung unterliegt, während die übrigen Elemente desselben keine tiefergehende Veränderung in der chemischen Beschaffenheit ihrer Wände erleiden.

Wenn das Blatt seine volle Ausbildung nahezu erreicht hat, so haben auch die Haare ihren Zweck erfüllt, sie sterben ab. In der Regel trennt sich alsdann der obere Theil des Haares über dem Fussstück ab und geht zu Grunde, während die beiden Fusszellen noch einige Zeit an Ort und Stelle verbleiben, bis auch sie schliesslich verschwinden.

Die anderen Haargebilde, welche auf der Oberfläche des Stieles sowohl, als auch auf der Ober- und Unterseite der zusammenge-



rollten und zusammengefalteten Spreite des Blattes ihren Sitz haben, haben den Zweck, die Schleimüberzüge, womit die jungen Theile der Pflanze bedeckt sind, zu bilden. Sie zeigen in ihrem Baue eine sehr wesentliche Uebereinstimmung mit denjenigen welche bei *Nymphaea alba* vorkommen (Fig. 1). Sie sitzen mit einem zwischen die benachbarten Zellen eingesenkten Fussstück der Epidermis des Blattes auf

und endigen mit einer grossen Kopfzelle, welche die Bildung des Schleimes besorgt. Was ihre Gestalt anbelangt, so erweitert sich diese Zelle von ihrer Ansatzstelle aus etwas und läuft alsdann bis zu ihrem stumpf abgerundeten Ende allmählich zu. Ihre Wand besteht, von den äussersten Schichten abgesehen, aus Cellulose und ist von einer sehr feinen Cuticula überkleidet. Ihr Inhalt besteht aus einem feinkörnigen Protoplasma, welches einen kleinen unscheinbaren Kern enthält. Dasselbe bildet einen sehr dünnen Beleg an der Wand der Zelle und schliesst eine grosse Vacuole in sich ein. Schon auf einer sehr frühen Entwicklungsstufe tritt die Zelle in die Bildung eines Secretes ein, welches von Raciborski zum ersten Male näher erkannt worden ist. Dasselbe tritt anfänglich in Form kleiner Kugeln auf, welche mit zunehmender Vergrösserung auf Kosten der Vacuolen

sich zu einem grossen Ballen, der zuweilen die ganze Zelle erfüllt, vereinigen. Die Bildung des Schleimes erfolgt hier in der gewöhnlichen Weise. Die Kopfzelle umgibt sich mit einer grossen Schleimbeule, welche dadurch entsteht, dass die Cuticula sich von der Zellwand abhebt und in dem Zwischenraum zwischen beiden Schleim gebildet wird. Durch Zerreißen der Cuticula entleert sich der Inhalt dieser Beule und nimmt alsdann an der Bildung der Schleimüberzüge auf den jungen Blättern und Blüthen Theil. Der gebildete Schleim ist nicht sehr zähe und verquillt daher sehr rasch. Sein Nachweis begegnet daher zuweilen sehr erheblichen Schwierigkeiten. Die Entwicklungsgeschichte dieser Schleimhaare nimmt eben denselben Verlauf, wie bei der Haarbildung an den jungen Theilen von *Nymphaea alba*. Sie lässt sich bis zu ihren Anfängen zurückverfolgen, wenn man die jungen Blattgebilde am Vegetationspunkt daraufhin untersucht (Fig. 1). Es zeigt sich hierbei, dass die jüngsten Blattanlagen noch vollständig kahl sind. Erst wenn das junge Blatt eine solche Grösse erreicht hat, dass auf der Unterseite seiner Spreite die Rippen hervortreten beginnen, treten sie vereinzelt auf (Fig. 2) und nehmen mit Vergrösserung desselben sehr rasch an Zahl zu. Sie entwickeln sich aus Epidermiszellen in derselben Weise, wie dies früher bei *Nymphaea alba* geschildert wurde (Fig. 3a—e).

Wenn die Schleimhaare ihren Zweck erfüllt haben, lösen sie sich von der Pflanze los und gehen zu Grunde. Bei diesem Vorgang trennt sich die Kopfzelle unmittelbar über dem Fussstück ab, welches an Ort und Stelle verbleiben muss (Fig. 4), da es zwischen die benachbarten Epidermiszellen eingekeilt ist. Bevor dies erfolgen kann, müssen diejenigen Theile der Wände, welche als grosse Tüpfel die Zuleitung von Nährstoffen nach der Kopfzelle ermöglichten, einer nachträglichen Verkorkung unterworfen werden, wodurch der Abschluss gegen aussen herbeigeführt wird.

Bei der seitherigen Schilderung wurde ein Blatt zum Muster genommen, wie es an einer älteren Pflanze ausgebildet zu werden pflegt. An den Keimpflanzen weisen die Blätter bezüglich der Vertheilung der Haare ganz andere Verhältnisse auf, welche darauf zurückgeführt werden müssen, dass die Spreite in diesem Alter zwar zusammengerollt, aber noch nicht zusammengefaltet ist. Infolge dessen finden sich nämlich die Schleimhaare auf der Unterseite derselben. Haare von der anderen Form werden bei solchen Blättern auch noch nicht ausgebildet. Ihr Auftreten hängt scheinbar mit der Ausbildung der Spreite zusammen.

Wie bereits flüchtig erwähnt wurde, ist auch die junge Blüthe, welche zwischen den Stipeln der zunächst stehenden Blattorgane versteckt ist, auswendig dicht mit Schleimhaaren besetzt. Dieselben zeigen in ihrem Baue keinen Unterschied im Vergleich zu denjenigen, welche auf der Oberfläche des jungen Blattes ihren Sitz haben. Das Gleiche gilt auch von den Stipulargebilden, welche sie nur auf derjenigen Seite tragen, mit welcher sie das ihnen zugewendete Blatt bedecken.

*Nelumbium speciosum* DC.

Gegenüber den bisher betrachteten Pflanzen nimmt *Nelumbium speciosum* insofern eine ganz eigenartige Stellung ein, als bei demselben keine Schleimbildung stattfindet. Der Aufbau der Knospe erfolgt zwar in derselben Art und Weise, wie bei *Nymphaea alba*, *Euryale ferox* und *Victoria regia*, indem sich auch hier Stipulargebilde an demselben betheiligen, allein es lassen sich nirgends, weder an den Blättern und Blüthen, noch an den Stipeln, im jugendlichen Zustande der Pflanze eine Ausbildung von Schleimhaaren und eine Abscheidung von Schleimmassen beobachten, mag man Keimpflanzen oder bereits ausgewachsene zur Untersuchung heranziehen. Es lässt sich diese Erscheinung leicht verstehen, wenn man in Rechnung zieht, dass beispielsweise das Blatt auf der Unterseite seiner Spreite mit einer ausserordentlich stark entwickelten Cuticula überzogen ist, während es auf deren Oberseite mit einer Epidermis aus höckerartig über seine Oberfläche hervortretenden Zellen, welche vermöge der eigenthümlichen Beschaffenheit ihrer Aussenwände eine Benetzung mit Wasser nicht zulassen, versehen ist. Wenn man die Entstehung der Blattorgane bis zu ihren Anfängen am Vegetationspunkt zurück verfolgt, so bemerkt man, dass sich diese Verhältnisse schon in einem sehr frühen Entwicklungszustande derselben herauszubilden beginnen.

III.

In diese Gruppe gehören die im Wasser lebenden Ranunculaceen und Gentianen, zwei Pflanzenfamilien, welche im natürlichen System weit von einander entfernt stehen. Sie haben das miteinander gemein, dass ihre Blattorgane durch die Verbreiterung ihres Grundes festgeschlossene Scheiden bilden, deren Innenseite einen dichten Besatz von Schleimhaaren aufweist.

*Ranunculus fluitans* Lam.

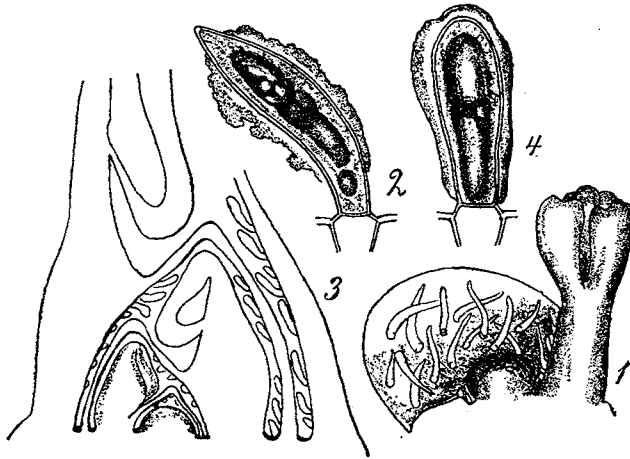
Gegenüber den beiden zuvor behandelten Pflanzen zeigen die mit ihnen in naher Verwandtschaft stehenden Wasserhahnenfüsse sehr

vereinfachte Verhältnisse in Bezug auf die Schleimbildung, welche an den jungen Theilen derselben stattfindet. Zu deren Beobachtung habe ich *Ranunculus fluitans* benutzt. Die Knospen dieser Pflanze sitzen in den Achseln der feinzerteilten Blätter, welche mit ihrem scheidenartig verbreiterten Grunde die Sprossachse umfassen. Innerhalb derselben sind die jungen Blätter derart angeordnet, dass das ältere das jüngere mit seinem verbreiterten Grunde umschliesst, wodurch deren festes Gefüge herbeigeführt wird. Auf der Innenseite der einzelnen Scheiden, welche von dem Grunde eines jeden Blattes gebildet werden, sitzen zahlreiche Schleimhaare, welche die Zwischenräume in der Knospe mit Schleim erfüllen (Fig. 1). An den übrigen Theilen des Blattes finden sich keine derartigen Haargebilde mehr. Auch die Hüllblätter der Blüthe sind auf ihrer Innenseite dicht mit Schleimhaaren besetzt, während sie auf ihrer Aussenseite stark verdickte Haare, welche wohl als Waffen aufzufassen sind, tragen. Durch diese Einrichtung wird die Blütenknospe ebenfalls mit einer dichten Schleimhülle umgeben.

Jedes Schleimhaar hat seinen Sitz auf einer Epidermiszelle, welche sich von ihren Nachbarzellen durch ihre sehr geringe Grösse unterscheidet (Fig. 2). Es wird aber nicht von einem Fussstück getragen, wie es bei *Brasenia peltata*, *Cabomba aquatica* und anderen Wasserpflanzen der Fall ist, sondern sitzt unmittelbar auf der Aussenwand derselben auf. Es besteht nur aus einer einzigen mehr oder minder langen Zelle von keuliger Form, welcher die Bildung des Schleimes obliegt. Die Wand derselben besteht, von den äussersten Schichten abgesehen, aus Cellulose, welche auf Jodbehandlung eine violette Farbe annimmt. Dies spricht dafür, dass sie fremde Bestandtheile in geringer Menge enthält. Welcher Natur dieselben aber sein mögen, lässt sich freilich nicht feststellen. Auswendig ist die Wand von einer feinen Cuticula überzogen. Der Inhalt der Zelle besteht aus einem dünnen Wandbeleg von feinkörnigem Protoplasma, welches einen kleinen unscheinbaren Kern von linsenförmiger Gestalt besitzt und ausserdem noch aus einer grossen oder mehreren kleinen Vacuolen. Ferner beobachtet man darin noch kleine stark lichtbrechende Gebilde von rundlicher Form, über deren Natur ich nichts Näheres mitzutheilen weiss. Daneben enthalten die Zellen der Haare Ballen eines Körpers, welcher dem *Myriophyllum* zwar ähnlich sehen, sich aber von diesem in chemischer Beziehung unterscheidet, indem er bei Behandlung mit Vanillin-Salzsäure keine rothe Farbe annimmt.

Die Bildung des Schleimes geht in der Weise vor sich, dass durch die Loslösung der Cuticula von der Zellwand an einzelnen

Stellen auf der Oberfläche der Zelle kleine blasige Auftreibungen entstehen, innerhalb deren der Schleim gebildet wird. Dieselben nehmen nach und nach an Grösse zu und fliessen schliesslich zu einer grossen Schleimbeule zusammen, welche die Haarzelle rings umgibt. Nach einiger Zeit wird sie gesprengt, da die Cuticula infolge ihrer Spannung



durch die Schleimmassen zerreisst. Diese treten durch die entstandene Oeffnung hervor, um an der Bildung von Schleimüberzügen auf den jungen Theilen der Pflanze Theil zu nehmen. Sie bestehen aus einer zähflüssigen Masse, welche in ihren Eigenschaften von dem Schleim anderer Pflanzen sich nicht unterscheidet.

Die Entwicklungsgeschichte der Schleimhaare zeigt bei der Einfachheit in dem Bau derselben einen dementsprechend einfachen Verlauf. Eine Epidermiszelle bildet sich zu einem solchen Haare aus, indem sie ihre Aussenwand über die Oberfläche der Epidermis emporwölbt und hierauf durch die Bildung einer Querwand eine Zelle abschnürt, welche sich unter bedeutender Vergrösserung zu demselben entwickelt. Dieser Vorgang lässt sich bis zu seinen ersten Anfängen zurück verfolgen, wenn man diejenigen Blätter, welche aus dem Vegetationspunkt jüngst hervorgegangen sind, darauf hin untersucht. Sobald nämlich das Blatt zur Verbreiterung seines Grundes schreitet, findet auf dessen Innenseite auch bereits die Bildung von Haaren statt. Durch die Enge des Raumes, welche innerhalb der Knospe herrscht, werden die Schleimhaare schon während ihrer Entwicklung zu einer derartigen Ausbildung veranlasst, dass sie sich in ihrer ganzen Länge auf die Oberfläche der Blattscheide auflegen.

Mit der Entfaltung des Blattes öffnet sich auch dessen Scheide und nimmt an dem Schutz der von ihr vorher umschlossen gewesenen Knospe keinen Antheil mehr. Infolge dessen sind auch die Haare überflüssig geworden und sterben sehr bald ab. Ihre Abstossung wird durch den Umstand sehr wesentlich gefördert, dass ihre Wände über ihrer Ansatzstelle sehr hinfällig gebaut sind, wesshalb sie an dieser Stelle in sich zusammensinken, sobald der Zellinhalt seine Lebens-thätigkeit aufgegeben hat.

*Caltha palustris* L.

*Caltha palustris* zeigt ebenso, wie die Wasserhahnenfüsse, auf den jungen Theilen in der Knospe Schleimbildung, die von Haarbildungen auf der Innenseite des stark verbreiterten Blattgrundes ausgeht (Fig. 3). Ein jedes Blatt bildet auch bei dieser Pflanze durch Verbreiterung seines Grundes eine Scheide von grosser Vollkommenheit, wie sie selbst die Ranunkeln nicht aufzuweisen haben. Mit dieser umfassen die älteren Blätter die jüngeren und überdecken sie sowohl von den Seiten, als auch von oben, so dass dadurch der Vegetationspunkt mit den jungen Blattanlagen ganz und gar von der Aussenwelt abgeschlossen ist. Dieser Abschluss wird dadurch noch wesentlich erhöht, dass die innerhalb der Knospe befindlichen Zwischenräume durch die Thätigkeit der Schleimhaare vollkommen mit Schleim ausgefüllt werden.

Die Schleimhaare auf den Blättern dieser Pflanze stimmen in Bezug auf ihr Vorkommen, sowie auf ihren Bau vollständig mit denjenigen, welche auf der Scheide des Blattes von *Ranunculus fluitans* zu finden sind, überein (Fig. 4). Sie sitzen einer Epidermiszelle auf, welche sich durch ihre geringere Grösse von ihren Nachbarzellen unterscheidet. Sie entbehren ebenfalls eines Fussstückes und es besteht demnach das Haar aus einer einzigen Zelle von keuliger Form und dem oben für *Ranunculus* beschriebenen Bau; auch die Art der Entwicklung und der Schleimabsonderung ist dieselbe.

*Limnanthemum nymphaeoides* Lk.

In dem dritten Bande seiner Pflanzen-Biologischen Schilderungen hat Goebel auch auf die Schleimbildung an den jungen Theilen der im Wasser lebenden Gentianeen hingewiesen. Ich habe daher auch sie in den Bereich meiner Untersuchungen gezogen und gefunden, dass bei den beiden Vertretern der Gattung *Limnanthemum*, welche mir für diesen Zweck zu Gebote standen, eine so ausgiebige Schleim-

bildung stattfindet, wie ich sie nur noch bei *Brasenia peltata* und *Polygonum amphibium* angetroffen habe. Soweit sich bei der Durchsicht der älteren und neueren Arbeiten über diese Pflanzen feststellen liess, ist diese Erscheinung bis jetzt fast gänzlich unbeachtet geblieben. Nur R. S. Hoffmann<sup>1)</sup> hatte am Grunde des Blattstieles von *Villarsia odorata* und *Villarsia Crista galli* gegliederte Haare, welche er auch abgebildet hat, aufgefunden. Er fügte dazu eine Bemerkung, welche genug des Interessanten bietet, um an dieser Stelle wörtlich angeführt zu werden. Sie lautet: Herr Prof. Meyen, der diese Arten auch untersuchte, äusserte die Vermuthung, dass die gegliederten (Haare) wohl Conferven gewesen sein könnten, was um so wahrscheinlicher ist, als wir nur das unterste Ende des Rhizomes von *V. ovata* damals untersuchen konnten. Da der ebengenannte Forscher diese Gebilde nur am Grunde des Blattstieles, wo die Schleimhaare vorzugsweise ihren Sitz haben, angetroffen hat, so kann es kaum einem Zweifel unterliegen, dass er in den vermeintlichen Conferven nichts anderes vor sich gehabt hat, als jene Haargebilde, welche die Abscheidung des Schleimes besorgen.

Bei *Limnanthemum nymphaeoides* wird der feste Zusammenschluss der einzelnen Bestandtheile der Knospe wesentlich dadurch zu Stande gebracht, dass ein jedes Blatt durch die Verbreiterung seines Grundes eine Scheide bildet, womit eines das andere vollkommen umschliesst. Auf der Innenseite derselben befinden sich zahlreiche Schleimhaare, welche durch ihre Thätigkeit die Zwischenräume in der Knospe mit Schleim ausfüllen. Durch diese Einrichtung werden die jungen Blätter und Blüthen auf allen Seiten mit einer schützenden Hülle umgeben. Daraus lässt es sich leicht erklären, dass diese Haarbildungen ausser der bereits genannten an keiner anderen Stelle des Blattes mehr anzutreffen sind, als auf der Unterseite der eingerollten Spreitenhälften, da diese Räume, die ebenfalls mit Schleim ausgefüllt werden müssen, zwischen sich lassen. Bei der Enge des Raumes, welche infolge des festen Zusammenschlusses der einzelnen Scheiden innerhalb der Knospe herrschen muss, sind die Haare so eingerichtet, dass sie sich ihrer ganzen Länge nach an die Oberfläche des betreffenden Organes, auf welchem sie ihren Sitz haben,

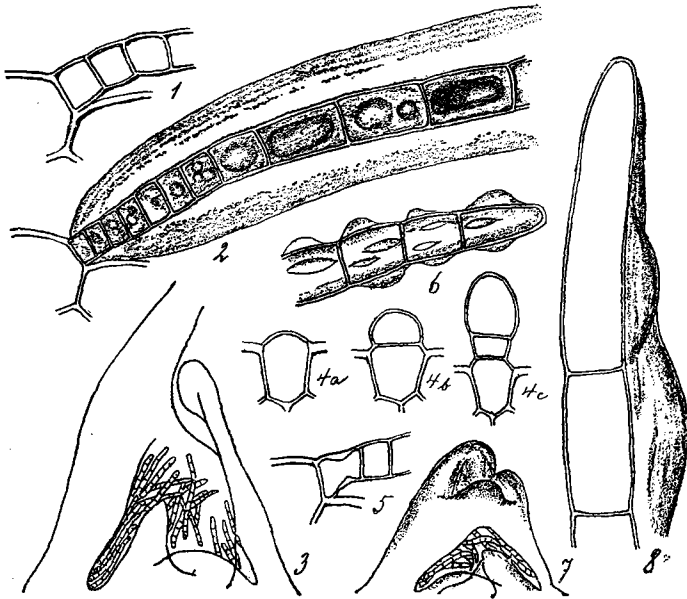
1) Dr. Grisebach u. Dr. Hoffmann, Beobachtung der Luftröhrenhaare bei *Limnanthemum Gmelin* und *Villarsia Venten.* *Linnaea* XII, Bd. 6, 1838, pag. 681—685. — Dr. S. F. Hoffmann, Nachtrag zu der Beobachtung der Luftröhrenhaare bei *Limnanthemum Gmelin* u. *Villarsia Venten.* *Linnaea* XIII, 1839, pag. 291—296.

dicht anlegen. Dies wird dadurch erreicht, dass die Epidermiszelle, auf welcher das Haar aufsitzt, unter schwacher Hervorwölbung ihrer Aussenwand im oberen Theile eine Ansatzstelle für dasselbe bildet, welche so stark geneigt ist, dass es die eben bezeichnete Lage einnehmen muss (Fig. 1).

Das Haar besitzt die Form eines langen, dünnen Fadens und besteht aus einer grösseren Anzahl von Zellen, welche von seinem Ansatz bis zu seiner Spitze an Grösse zunehmen (Fig. 2). Die Wände derselben bestehen aus nahezu reiner Cellulose, wenn man von den äussersten Schichten derselben, welche aus einem anderen Stoff aufgebaut zu sein scheinen, absieht. Denn sie nehmen in Behandlung mit Chlorzinkjod eine hellblaue Färbung an und lösen sich in Berührung mit conc. Schwefelsäure sofort auf. Sie sind von einer dünnen Cuticula überzogen. Der Inhalt dieser Zellen besteht aus einem äusserst feinkörnigen Protoplasma, das einen deutlich wahrnehmbaren, linsenförmigen Kern, sowie kleine rundliche Gebilde von unbekannter Beschaffenheit enthält. Dasselbe bildet einen dünnen Beleg an der Wand und umschliesst meistens eine einzige grosse Vacuole. Die Bildung eines besonderen Stoffes, wie das „Myriophyllin“, scheint auch bei dieser Pflanze stattzufinden. Indessen unterscheidet sich derselbe von dem Raci borski'schen Myriophyllin sehr wesentlich, indem er auf Einwirkung von Vanillinsalzsäure die bezeichnende Färbung nicht annimmt.

An der Bildung des Schleimes nehmen sämtliche Zellen des Haares Theil. Es löst sich bei diesem Vorgang die Cuticula an einzelnen Stellen des Haares von der darunterliegenden Zellwand ab und es entstehen auf diese Weise zwischen beiden kleinere oder grössere Räume zur Ansammlung des gebildeten Schleimes, welche nach und nach noch an Grösse zunehmen, bis sie schliesslich zur Bildung einer grossen einheitlichen Schleimbeule, welche das Haar vollständig umgibt, vereinigen. Der darin angesammelte Schleim ist, wie bereits hervorgehoben wurde, eine sehr zähflüssige Masse, welche bei noch nicht zu weit vorgeschrittener Verquellung in der Regel geschichtet erscheint. Es ist dies offenbar darauf zurückzuführen, dass er durch Umbildung einzelner Zellwandschichten hervorgegangen sein muss. Nach längerer Einwirkung von Chlorzinkjod nimmt er eine hübsche blaue Färbung an, eine Erscheinung, welche bei Schleimen sehr selten zu beobachten ist. Sie liefert für den vorliegenden Fall den sicheren Beweis, dass in demselben sehr viel Cellulose noch vorhanden sein muss. In einem späteren Abschnitt wird sich Gelegenheit bieten, auf diese Verhältnisse noch näher einzugehen.

Da die Cuticula auf die Dauer dem starken Druck, welcher infolge der Verquellung des Schleimes auf ihr lastet, nicht mehr das Gleichgewicht zu halten vermag, so muss die Schleimbeule schliesslich platzen. Ihr Inhalt fliesst infolge dessen ab, um sich mit denjenigen Schleimmassen, welche von den anderen Schleimhaaren gebildet wurden, zu vereinigen. Wenn die Verschleimung der Zellwand zu Ende ist, so zeigt das Haar, welches zuvor eine scharf hervortretende Wand besass, nur noch eine schwach sichtbare Hülle, welche bei Behandlung mit Jod in schwach blauer Färbung erkennbar ist. Ein Vergleich zwischen unverschleimten und verschleimten Haaren lässt unzweideutig einen Verlust an Wandmasse bei diesen erkennen, woraus der Schluss gezogen werden darf, dass die Schleimbildung nur auf Kosten der Zellwand erfolgt.



Die Bildung der Schleimhaare findet schon auf einer sehr frühen Entwicklungsstufe des Blattes statt. Die ersten Anfänge derselben lassen sich bis zu den noch in voller Ausbildung begriffenen Scheiden der jungen Blattanlagen zurück verfolgen (Fig. 3). Sie verläuft in der Weise, dass eine Epidermiszelle an ihrem einen Ende ihre Aussenwand über die Oberfläche ihrer Nachbarzellen hervorzuwölben beginnt (Fig. 4a—c). Die hiedurch entstandene Erhebung nimmt nach und nach an Grösse zu und wird schliesslich von der Epidermiszelle durch

eine Querwand abgetrennt. Aus dieser neugebildeten Zelle geht durch wiederholte Theilungen das lange, dünne Haar hervor, welches sich durch besondere Wachsthumsvorgänge in den untersten Zellen auf eine Seite hinneigt und zuletzt auf die Oberfläche des betreffenden Blatttheiles, auf welchem es sitzt, auflegt.

Die Schleimbildung tritt in der Regel schon in früher Zeit ein und ist alsdann schon längst vorüber, wenn sich die Scheiden öffnen, um ein junges Blatt zur Entfaltung kommen zu lassen. Am spätesten verschwindet der Schleim in den eingerollten Hälften der Blattspreite, welche sich ja auch dann erst entfaltet, wenn sie durch Verlängerung des Stieles den Wasserspiegel erreicht hat. Wenn die Schleimhaare ihren Zweck erfüllt haben, gehen sie meistentheils schon nach einiger Zeit zu Grunde. Eine besondere Einrichtung zu ihrer Abstossung scheint nicht getroffen zu sein, denn die vorhandenen Ueberreste lassen deutlich erkennen, dass an den Haaren keine Stelle, an welcher sie aus dem Verband mit der Pflanze treten könnten, bezeichnet ist. Durch die Zerstörung der Zellen in der Nähe der Ansatzstelle wird das Abfallen derselben herbeigeführt (Fig. 5).

*Limnanthemum Humboldtianum* Grieseb.

Um einen allgemeinen Ueberblick über die Verbreitung der Schleimbildung im Bereich der Gattung *Limnanthemum* zu gewinnen, durften die vorliegenden Untersuchungen nicht auf *Limnanthemum nymphaeoides*, dem alleinigen Vertreter der Section *Waldschmidtia* Wigg oder *Schweykertia* Gmel. beschränkt bleiben, sondern mussten auch auf einen der zahlreichen Angehörigen der Section *Nymphaeanthe* ausgedehnt werden. Ich habe zu diesem Zweck *Limnanthemum Humboldtianum*, welches mir im hiesigen botanischen Garten in genügender Menge zur Verfügung gestellt werden konnte, auf diese Verhältnisse näher untersucht, wobei sich ergab, dass auch bei dieser Pflanze die jungen Organe in der Knospe vollkommen in Schleim eingehüllt sind. Derselbe stammt ebenfalls von besonderen Haargebilden, welche in ihrem Bau und in ihrer Verbreitung eine vollkommene Uebereinstimmung mit denjenigen der zuvor besprochenen Art zeigen. Sie finden sich sowohl auf der Innenseite der ebenfalls stark verbreiterten Scheide, als auch auf der Unterseite der Spreite des Blattes. Ausserdem sind sie in grosser Zahl an den Perigonblättern der jungen Blüthe aufzufinden. Ihre Entstehung lässt sich bis an die ersten Blattanlagen an dem Vegetationspunkt zurückverfolgen. Schon an der zweiten und dritten Blattanlage zeigt sich auf den noch in lebhafter

Ausbildung begriffenen Scheiden ein dichter Besatz von Schleimhaaren, durch deren Thätigkeit die jüngsten Theile in der Knospe vollkommen in Schleim eingehüllt werden.

*Menyanthes trifoliata* L.

*Menyanthes trifoliata* zeigt in der Art und Weise der Schleimbildung eine sehr grosse Uebereinstimmung mit den beiden ihm nahe verwandten Vertretern der Gattung *Limnanthemum*.

Bei dieser Pflanze ist der Vegetationspunkt sowie die jungen Blätter und Blüthen vereinigt zu einer Knospe, welche sie durch den festen Zusammenschluss der mit ihren Rändern theilweise verwachsenen Blattscheiden gegen die Aussenwelt vollkommen abschliesst. Um die Zwischenräume zwischen den einzelnen Bestandtheilen derselben mit Schleim auszufüllen, ist die Scheide eines jeden Blattes auf ihrer Innenseite mit einem Besatz von Schleimhaaren versehen (Fig. 7). Auch auf der Unterseite des dreitheiligen Blattes finden sich vereinzelte Schleimhaare, um die durch seine Einrollung entstehenden Zwischenräume ebenfalls mit Schleim auszufüllen. Diese Gebilde, welche einer Epidermiszelle aufsitzen und sich dicht auf die Oberfläche der Pflanzentheile auflegen, sind sehr dünn und lang (Fig. 8). Sie bestehen aus einer grossen Anzahl von Zellen, die nicht durchweg von gleicher Länge und Dicke sind, sondern am Grund meist etwas kleiner ausgebildet sind, als im übrigen Theile des Haares. Sie stimmen in ihrem Bau vollständig mit denjenigen, welche die Schleimhaare der beiden *Limnanthemum*arten zusammensetzen, überein. Auch die Schleimbildung vollzieht sich hier in ganz derselben Weise wie dort. Es löst sich zu diesem Zweck an einzelnen Stellen auf der Oberfläche des Haares die Cuticula von der Zellwand ab und zwischen beiden bildet sich der Schleim. Diese Schleimansammlungen vergrössern sich nach und nach und fliessen zuletzt zu einzelnen grösseren zusammen, welche durch Zerreissung der nicht sehr widerstandsfähigen Cuticula ihren Inhalt entleeren. Dieser zeichnet sich gegenüber den Schleimmassen, welche von den Schleimhaaren der beiden *Limnanthemum*arten gebildet werden, durch eine geringere Widerstandsfähigkeit gegen Wasser aus. Sobald er mit diesem in Berührung kommt, verquillt er so stark, dass er nur in spärlichen Resten oftmals noch mit einer Lösung von Methylenblau oder einer anderen Anilinfarbe, welche er in grossen Mengen in sich aufspeichert, nachgewiesen werden kann.

Die Anfänge der Haarentwicklung lassen sich bis zu den jüngsten Blattanlagen zurückverfolgen. Der Vegetationspunkt, aus welchem kaum eine neue Blattanlage hervorgegangen ist, wird von dem nächst-ältesten Blatte vollständig überwölbt, denn die Blattscheide zieht sich rings um ihn herum, da ihre Ränder auf eine grössere Strecke miteinander verwachsen. Der Blattstiel ist noch sehr verkürzt, er trägt aber an seinem Ende bereits die Anlage der dreitheiligen Blattspreite in Gestalt dreier Höcker. Durch die etwas übergeneigte Stellung desselben entsteht über dem Vegetationspunkt ein Gewölbe, welches auf seiner Innenseite mit Schleimhaaren ausgekleidet ist (Fig. 8). Dieselben gehen aus einer Epidermiszelle hervor, welche ihre Aussenwand über die Oberfläche ihrer Nachbarzellen hervorwölbt und eine kurze und schmale Zelle abschnürt. Aus dieser geht alsdann durch mehrfach wiederholte Theilungen das Schleimhaar hervor, welches, sobald es seine Bestimmung erfüllt hat, abstirbt. Auch hier erleidet durch die Verschleimung die Zellwand zuweilen einen sehr bedeutenden Verlust an Masse, welcher einen weiteren Beweis dafür liefert, dass die Bildung des Schleimes auf Kosten der Zellwand geschieht. Da das Haar eine besondere Einrichtung zu seiner Abstossung nicht besitzt, so fällt es in der Regel unter Zurücklassung grösserer oder kleinerer Ueberreste nach einiger Zeit ab.

#### IV.

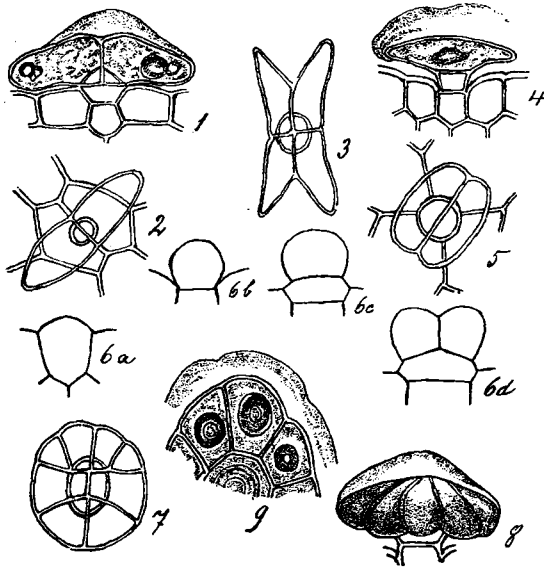
Bei der Vereinigung der im nachfolgenden behandelten Wassergewächse, welche in systematischer Beziehung keine Verwandtschaft untereinander zeigen, war der Umstand maassgebend, dass die bei ihnen vorkommenden Schleimorgane Gebilde, welche aus einer grösseren oder geringeren Anzahl von Zellen zusammengesetzt sind, darstellen.

#### *Aldrovandia vesiculosa* Monti.

Diese Pflanze, welche den einzigen Wasserbewohner in der Familie der Droseraceen darstellt, umhüllt ihre jungen Organe, so lange sie in der Knospe eingeschlossen bleiben, mit Schleim, welcher von besonderen Drüsen abgeschieden wird.

Die Knospe umschliesst den Vegetationspunkt, unterhalb dessen sich die jungen Blätter in Wirteln um die noch verkürzte Sprossaxe anordnen. Die schleimbildenden Drüsen befinden sich auf der Oberfläche des Stammes, sowie der Blätter, wo sie nicht nur auf dem kurzen Stiel und dessen langen borstenförmigen Anhängen, sondern auch auf der Blattspreite ihren Sitz haben. Auf deren Unterseite sind

sie nur in geringer Anzahl zu finden, ebenso beschränkt sich auf der Oberseite ihr Verbreitungsbezirk nur auf eine kleine Zone am Rande,



wo ausserdem noch dreibis vierarmige Haargebilde, welche in ihrem Bau im Wesentlichen mit ihnen übereinstimmen, ihren Sitz haben (Fig. 3). Nach Goebel's Vermuthung sind auch diese dazu bestimmt, Schleim zu bilden, wodurch die kleinen Thiere zum Betreten der als Falle dienenden Blattfläche veranlasst werden sollen <sup>1)</sup>. Eine ähnliche Einrichtung besteht bekanntermaassen auch bei den Utricularien. <sup>2)</sup>

Die Schleimdrüse erhebt sich auf einer Epidermiszelle, welche in ihrem Wachsthum hinter den umliegenden Elementen zurückgeblieben ist (Fig. 1 u. 2). Sie sitzt derselben mit einem Fussstück auf, welches ebenso wie diese zwischen den anstossenden Zellen der Epidermis eingesenkt ist. Dasselbe besteht aus einer einzigen Zelle, deren Längswände der Verkorkung unterliegen, während deren Querswände keiner chemischen Veränderung unterworfen werden. Während es mit seinem unteren Theile mit der Epidermis fest verbunden ist, ragt es mit seinem oberen über dieselbe hervor und bildet damit die Ansatzstelle für die beiden wurstförmigen Endzellen der Drüse, welche sich dicht an die Oberfläche des betreffenden Pflanzentheiles anschmiegen. Die Wände derselben bestehen, abgesehen von den äussersten Schichten, aus Cellulose, welche in Behandlung mit Chlorzinkjod eine hellviolette Färbung annimmt. Sie sind auf ihrer Aussenseite mit einer feinen Cuticula überzogen. Der Inhalt besteht in einem feinkörnigen, einem kleinen, deutlich hervortretenden Kern enthaltenden Protoplasma, welches einen dünnen Wandbeleg bildet und eine oder

1) Goebel, Pflanzenbiologische Schilderungen II. Th. I pag. 69—72.

2) Büsgen, Ueber die Art und Bedeutung des Thierfanges bei *Utricularia vulgaris* L. (Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 1888.)

mehrere kleine Vacuolen umschliesst. Myriophyllin findet sich theils in Form einzelner kleiner Ballen innerhalb der Zelle vor, theils ist es in gleichmässiger Vertheilung im Protoplasma mit Hilfe von Vanillinsalzsäure nachzuweisen. Die Schleimbildung nimmt bei den Schleimhaaren dieser Pflanze ganz denselben Verlauf, wie in allen bisher betrachteten Fällen. Es entsteht nämlich innerhalb der Zellwand beider Endzellen ein Zwischenraum, in welchem sich der Schleim bildet. Er kommt dadurch zu Stande, dass die Cuticula sich von der Zellwand abhebt. Er vergrössert sich in dem Maasse, als die Schleimbildung fortschreitet und bildet schliesslich eine mehr oder minder umfangreiche Schleimbeule, deren Inhalt sich nach der Sprengung der Cuticula nach aussen entleert.

Die Schleimbildung an den jungen Theilen von *Aldrovandia vesiculosa* ist keineswegs eine besonders ausgiebige. Daher mag es wohl auch kommen, dass sich dieser Vorgang in seinen Einzelheiten nur mit vieler Mühe verfolgen lässt. Die Auffindung einer in der Schleimbildung begriffenen Drüse ist manchmal mit grossen Schwierigkeiten verknüpft, da der gebildete Schleim äusserst vergänglich ist. In seinen Eigenschaften stimmt dieser mit denjenigen Schleimmassen überein, welche bei anderen Wasserpflanzen eingehend beschrieben worden sind, so dass eine Wiederholung des dort mitgetheilten an dieser Stelle unterbleiben kann.

Die Entwicklung der Schleimdrüse geht in der Weise vor sich, dass eine Epidermiszelle, welche in ihrer Grösse hinter ihren Nachbarzellen zurückbleibt, zunächst ihre Aussenwand über die Oberfläche der Epidermis emporwölbt und alsdann durch Quertheilung in zwei Zellen zerfällt, wovon die untere zwischen ihren Nachbarzellen versenkt bleibt, während die obere sich zur Drüse entwickelt. Durch eine Querwand theilt sie sich desshalb in zwei Zellen, wovon die untere zur Fusszelle wird, während aus der oberen durch Längstheilung die beiden Endzellen hervorgehen. Wenn die betreffenden Theile der Pflanze ausgewachsen sind, fallen die Schleimhaare, welche die Oberfläche derselben seither bedeckten, ab. Von den einzelnen Bestandtheilen derselben verschwinden nur die beiden Endzellen. Denn die Fusszelle ist mit ihrem unteren Theile zwischen ihre Nachbarzellen eingekeilt. Sie kann daher nicht aus dem Verband mit der Pflanze treten. Durch Einlagerung von Korkstoff in ihre bisher noch unverkorkt gebliebenen Querwände, durch welche die Ernährung der Drüse erfolgte, schliesst sie sich nach aussen vollkommen ab, so dass ein Eindringen des Wassers an diesen Stellen unmöglich ist.

*Utricularia vulgaris* L.

Auf die Schleimbildung an den Knospen der Utricularien hat bereits Goebel sowohl in seinen „Morphologischen und biologischen Studien“<sup>1)</sup>, als auch in seinen „Pflanzenbiologischen Schilderungen“<sup>2)</sup> zu wiederholten Malen aufmerksam gemacht. Die in den Knospen eingeschlossenen Sprossspitzen dieser Pflanzen endigen in einen stark eingekrümmten Vegetationspunkt, unterhalb dessen die jüngsten Blattanlagen in zwei Reihen angeordnet sind. Derselbe wird von den älteren Blättern, die muschelförmig gekrümmt sind, umschlossen. Diese sind bis an den Vegetationspunkt hinan dicht mit Schleimhaaren besetzt, gleichwie die in der Streckung begriffene Sprossachse. Ferner sind die Blasen, welche im ausgewachsenen Zustande zum Thierfang dienen, auf ihrer Aussenseite sehr dicht damit besetzt und nicht minder auch die merkwürdigen Krallen, welche am unteren Ende der Inflorescenz wahrzunehmen sind.

Diese Schleimdrüsen, wie sie Goebel bezeichnet hat, sitzen auf Epidermzellen, welche sich von den ihnen benachbarten Elementen durch ihre geringere Grösse auffallend unterscheiden, mit einem kleinen Fussstück auf (Fig. 4 und 5.) Dieses besteht aus einer einzigen Zelle, welche verkorkte Längswände besitzt, während ihre Querwände keine besonderen chemischen Veränderungen erfahren. Der übrige Theil der Schleimdrüse setzt sich aus zwei Zellen, welche in der Aufsicht einen halbkreisförmigen Umriss zeigen, zusammen. Von oben gesehen macht derselbe den Eindruck einer kreis- bis eirunden Scheibe. Die Wände dieser beiden Zellen bestehen, abgesehen von den äussersten Schichten, aus Cellulose, welche offenbar mit fremden Bestandtheilen ausserordentlich stark durchsetzt sein muss, da sie auf längere Einwirkung von Chlorzinkjod ebenso wenig eine diesbezügliche Reaction gibt wie unter Anwendung von Schwefelsäure und Jodjodkaliumlösung. Sie sind auf ihrer Oberfläche mit einer feinen Cuticula überzogen. Der Inhalt der beiden Zellen besteht aus einem dünnen Wandbeleg aus dichtem, feinkörnigem Protoplasma, welches einen kleinen und unscheinbaren Kern enthält, und aus einer oder mehreren Vacuolen, welche von demselben umschlossen sind. Ein besonderer Körper, wie er in den Schleimhaaren bei den Nymphaeaceen und Cabombeaceen sich vorfindet, ist in den Schleimdrüsen dieser Pflanze nirgends nachzuweisen gewesen.

1) K. Goebel, Morphologische und biologische Studien. Annales du jardin botanique de Buitenzorg vol. IX, 41—119.

2) K. Goebel, Pflanzenbiologische Schilderungen, II. Th. I.

Ueber den Vorgang der Schleimbildung hat G o e b e l schon nähere Mittheilungen, welche durch entsprechende Abbildungen erläutert sind, in seinen oben angeführten Werken gemacht. Ich habe denselben auf Grund eigener Beobachtungen nichts mehr hinzuzufügen, da dieser Vorgang hier und bei allen übrigen Utricularien in ganz derselben Weise verläuft wie bei allen bis jetzt daraufhin untersuchten Wasserpflanzen. Es werden nämlich die Schleimmassen, welche die jungen Theile dieser Gewächse bedecken, in einem Zwischenraume gebildet, der dadurch entsteht, dass sich die Cuticula von der Zellwand der beiden Endzellen der Drüse löst. Dieser Vorgang führt zur Bildung einer Schleimbeule, welche die Drüse rings umgibt.<sup>1)</sup> Durch die Zerreissung der Cuticula wird dieselbe geöffnet und ihr Inhalt tritt heraus. Derselbe bildet eine zähflüssige Masse von denselben Eigenschaften wie der Schleim, welcher von den Schleimhaaren anderer Wassergewächse abgeschieden wird.

Die Entwicklungsgeschichte dieser schleimabsondernden Drüsen lässt sich bis zu ihren Anfängen zurückverfolgen (Fig. 6a—d), wenn man die jungen Blattgebilde, welche sich um den Vegetationspunkt herumlegen, daraufhin untersucht. Hierbei ergibt es sich, dass sie aus einer Epidermiszelle besteht, welche in ihrer Grösse hinter ihren Nachbarzellen zurückbleibt. Sie wölbt ihre Aussenwand über die Oberfläche der Epidermis hervor und schnürt mittelst einer periclinen Wand eine kleine Zelle ab, aus welcher die Drüse hervorgeht. Sie bildet ein kleines, knopfförmiges Gebilde, welches nach erlangter Grösse sich auf die gleiche Weise theilt. Von den hierbei entstandenen Zellen wird die untere zur Fusszelle, während aus der oberen durch Theilung mittelst einer anticlinen Wand die beiden Endzellen der Drüse hervorgehen. Jene unterliegt im Laufe ihrer Entwicklung der Verkorkung, welche sich nur auf ihre Längswände erstreckt, während diese die Schleimbildung bewirken, die sich an den jungen Theilen der Pflanze geltend macht. Am auffallendsten tritt diese an den Winterknospen hervor.

Wenn die Entwicklung der jungen Pflanzentheile ihren Abschluss gefunden hat, haben die Schleimdrüsen ihre Bestimmung erfüllt. Sie sterben daher nach kurzer Zeit ab. Von den einzelnen Bestandtheilen

---

1) Auf die nämliche Weise entstehen auch die mächtigen Schleimbeulen an den sitzenden und gestielten Haargebilden, welche sich an dem Eingange der Blasen befinden, wie M. Büsgen in einem 1888 in den Berichten der Deutschen botanischen Gesellschaft erschienenen Aufsatz: „Ueber die Art und die Bedeutung des Thierfanges bei *Utricularia vulgaris* L.“ dargelegt hat.

derselben können nur die beiden Endzellen aus dem Verband mit der Pflanze treten, da die Fusszelle zwischen ihre Nachbarzellen eingesenkt ist. Jene fallen daher ab, sobald die Verkorkung, welche bisher nur auf die Längswände der Fusszelle sich erstreckt hat, nachträglich auch noch auf deren Querswände vorgeschritten ist.

Die gleichen Verhältnisse, wie sie im Vorstehenden für *Utricularia vulgaris* ausführlich dargelegt worden sind, finden sich bei allen übrigen einheimischen Vertretern dieser Pflanzengruppe, wie vergleichende Untersuchungen, welche namentlich an *Utricularia intermedia* und *Utricularia minor* angestellt wurden, ergeben haben. Wie aus den Schilderungen Goebels zu entnehmen ist, ist die Erscheinung der Schleimbildung bei den tropischen Formen, welche im Wasser leben, und bei *Genlisea* allgemein verbreitet.

*Callitriche vernalis* Kütz.

Auch *Callitriche vernalis* zeigt an den jungen Blättern, welche in decussirter Stellung um den Vegetationspunkt des Sprosses stehen, eine reichliche Bildung von Schleim, der durch besondere Drüsenorgane abgeschieden wird. Diese Gebilde haben ihren Sitz auf der Oberfläche der Sprossaxe und der Blätter, ferner auch auf der Aussen-seite der Blüthe.

Die Schleimdrüse<sup>1)</sup> hat eine mützen- bis schüsselförmige Gestalt (Fig. 7 u. 8). Sie entspringt einer Zelle der Epidermis, die sich von ihren Nachbarzellen durch ihre erheblich geringere Grösse unterscheidet. Auf dieser sitzt sie mit einem kleinen Fussstück auf, welches aus einer einzigen Zelle besteht. Die Längswände derselben unterliegen schon sehr frühzeitig der Verkorkung, wogegen ihre Querswände, auf welchen ein grosses Tüpfel wahrzunehmen ist, sich in chemischer Beziehung vor der Hand nicht weiter verändert. Das mützen- bis schüsselförmige Endstück der Drüse setzt sich aus einer Anzahl von vier bis acht Zellen zusammen, deren Wände bis auf die äussersten Schichten, welche unter der Cuticula liegen, aus Cellulose aufgebaut sind. In Behandlung mit Chlorzinkjod nehmen sie erst nach längerer Dauer der Einwirkung eine violette Färbung an, die dafür spricht, dass ihr fremde Bestandtheile beigemischt sein müssen. Der Inhalt der Drüsenzellen besteht aus einem hyalinen, einen kleinen, unscheinbaren Kern führenden Protoplasma, welches einen dünnen

1) In seiner „Monographie der Gattung *Callitriche*“ hat Hegelmaier diese Haarbildungen sehr genau beschrieben. Von der biologischen Bedeutung derselben hat er dagegen nichts erwähnt.

Beleg an der Innenseite der Wände bildet und eine oder mehrere Vacuolen umschliesst.

Myriophyllin scheint in diesen Schleimorganen nicht gebildet zu werden, da auf Behandlung derselben mit Vanillin-Salzsäure ein Auftreten der rothen Färbung nicht zu beobachten war.

Die in den Blattachsen sitzenden Drüsen weichen in ihrem Bau von den soeben beschriebenen insofern ab, als sie die Form von Schuppen haben. Auf der Stielzelle erheben sich 4—8 in einer und derselben Ebene fächerförmig gestellte Haarzellen, die in ihren sonstigen Eigenschaften vollkommen mit den oben erwähnten übereinstimmen. Die Schleimbildung durch diese Drüsenorgane geschieht in der nämlichen Weise, wie bei allen übrigen bisher beobachteten Wasserpflanzen. Sie vollzieht sich auch hier zwischen der Cuticula und den Zellwänden der einzelnen Drüsenzellen, wodurch auf der Oberfläche der Drüse kleinere oder grössere Schleimbeulen entstehen, deren Inhalt nach erfolgter Zerstörung der Cuticula austritt. Die Ueberreste der letzteren sind besonders an derjenigen Stelle, wo die Drüse dem Fussstück aufgesetzt ist, noch zu erkennen.

Der gebildete Schleim unterscheidet sich, soweit sich dies nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse nachweisen liess, in keiner Weise von denjenigen Schleimmassen, welche von den Schleimhaaren anderer Wasserpflanzen abgeschieden werden. Er ist von geringer Widerstandsfähigkeit gegen äussere Einflüsse, woraus es sich erklären lässt, dass sein Nachweis zuweilen grossen Schwierigkeiten begegnet. Die Entwicklung der Drüsen, welche sich bis in die unmittelbare Nähe des Vegetationspunktes zurückverfolgen lässt, geht in der Weise vor sich, dass eine Epidermiszelle ihre Aussenwand über die Oberfläche der Epidermis emporwölbt und durch Quertheilung in zwei Zellen zerfällt, wovon die untere zwischen ihren Nachbarzellen eingesenkt bleiben muss, während die obere sich weiter entwickelt. Hat sie dabei die Form eines runden Knöpfchens erreicht, so theilt sie sich ebenfalls durch eine Querwand, wobei wiederum zwei Zellen entstehen müssen, wovon die untere zum Fussstück wird, während die obere durch in verschiedener Richtung verlaufende Längstheilungen in eine grössere oder kleinere Anzahl von Zellen zerfällt, welche den schleimabsondernden Theil der Drüse darstellen. Derselbe erlangt, sobald er den Abschluss seiner Entwicklung erreicht hat, eine mützen- bis schüsselförmige Gestalt. Wenn die Pflanzentheile ausgewachsen sind, sterben die Drüsen auf denselben ab und verschwinden. Ihre Abtrennung erfolgt über dem Fussstück, welches mit der Pflanze in Verbindung

bleibt, da es mit ihm fest verwachsen ist. Doch bevor dies geschehen kann, werden die bisher unverkorkt gewesenen Theile seiner Wände einer nachträglichen Verkorkung unterworfen, welche den vollständigen Abschluss dieser Zelle nach aussen hin bewirkt.

*Myriophyllum spicatum* L.

Bei den Myriophyllen ist der Vegetationspunkt mit den jüngsten Blattanlagen von den älteren Blattorganen, welche muschelförmig nach einwärts gekrümmt sind, eingehüllt. An diesen sitzen zahlreiche Schleimorgane, durch deren Thätigkeit die jungen Organe mit einer Hülle von Schleim versehen werden. Dieselben sitzen vor allem am Grund und an der Spitze der Blattfiedern und sind aber auch an deren Seiten in beträchtlicher Anzahl vorhanden. Es sind trichomatische Auswüchse des Blattes, die sich von unten nach oben etwas verjüngen und in eine stumpfliche Spitze auslaufen. Sie sind stets gerade gerichtet. Die an den Seiten der Fiedern befindlichen legen sich dicht an die Oberfläche des Blattes an. Sie sind aus einer grösseren Anzahl dünnwandiger Zellen aufgebaut, deren Aussenwände stark hervorgewölbt sind, wodurch das ganze Gebilde ein sehr eigenthümliches Aussehen erhält. Dieses wird noch durch das starke Lichtbrechungsvermögen der Wände und des Inhaltes derselben erhöht. Jene bestehen, abgesehen von den äussersten, unter der Cuticula liegenden und später der Verschleimung unterworfenen Schichten, aus Cellulose, welche auf Behandlung mit Chlorzinkjod nach kurzer Einwirkung eine tief violette Farbe annimmt. Dieser setzt sich aus einem homogenen, stark lichtbrechenden Protoplasma zusammen, welches einen dünnen Beleg an den Wänden bilden. Es enthält einen ausserordentlich kleinen Zellkern und eine oder mehrere Vacuolen. In diesen ist der hier von Raciborski<sup>1)</sup> zuerst aufgefundene Secretstoff, welcher daher als Myriophyllin bezeichnet worden ist, in Form einzelner grösserer Ballen, welche sich in Behandlung mit Vanillin-Salzsäure kirschroth färben, aufgehäuft.

Die äussersten Schichten der Zellwand erleiden später eine Umwandlung in Schleim, welcher zwischen Cuticula und Zellwand angesammelt wird, bis er aus seiner Umhüllung heraustritt, um sich in die Zwischenräume in der Knospe zu ergiessen (Fig. 9). Er bildet eine zähflüssige Masse, welche unter Zutritt von Wasser leicht verquillt. Er wird besonders an Winterknospen in grosser Menge gebildet.

1) Raciborski, l. c.

Die Entwicklung der Schleimorgane lässt sich bis an die jüngsten Blattanlagen am Vegetationspunkt zurückverfolgen, wobei sich ergibt, dass sie aus einer Epidermiszelle des Blattes hervorgehen. Diese theilt sich zunächst in 2—3 Zellen, aus denen durch vielfache Längs- und Quertheilung das Schleimorgan hervorgeht. Nach Erfüllung ihrer Function sterben diese trichomatischen Gebilde ab und verschwinden unter Zurücklassung einer kleinen Narbe, welche als kleiner brauner Fleck auf dem Blatte erkennbar bleibt.

Die vorstehend betrachtete Form lebt unter Wasser. Es gibt aber auch solche, welche später ihre Sprosse über das Wasser emporheben. Dahin gehört *Myriophyllum proserpinacoides*, eine sehr verbreitete Gewächshauspflanze. Dieselbe besitzt, so lange sie noch unter Wasser bleibt, ebensolche Schleimorgane wie die oben geschilderte Pflanze, sobald sie aber ihre Sprosse über das Wasser erhebt, bildet sie dieselben alsbald zurück, da sie sich ähnlich wie *Nelumbium speciosum* nicht mehr von Wasser benetzen lässt. Es muss dabei erwähnt werden, dass die Wasserform der Pflanze erst auftritt, wenn die Pflanze in tieferes Wasser gesetzt wird, wie dies in den Culturen von Professor Goebel hier geschah; gewöhnlich trifft man von dieser Pflanze nur die Luftform.

#### *Ceratophyllum demersum* L.

Schleimorgane von ganz demselben Bau wie diejenigen der von mir untersuchten *Myriophyllum*-arten besitzt auch *Ceratophyllum demersum*. Dieselben finden sich am Grunde und an der Spitze der Blätter. Es sind ebenfalls Haarbildungen, welche sich aus einer grossen Anzahl von Zellen zusammensetzen. Diese besitzen Wände aus Cellulose und einen spärlichen protoplasmatischen Inhalt. Ausserdem finden sich darin grosse Mengen von Myriophyllin.

Der Vorgang der Schleimbildung verläuft in der nämlichen Weise wie bei den Schleimorganen der *Myriophyllum*-arten. Dasselbe gilt auch in Bezug auf das Auftreten und Verschwinden dieser Haargebilde.

#### V.

Bei den hierher gehörigen Gewächsen bildet das Blatt an seinem Grunde eine stengelumfassende Scheide, welche als Tute, ochrea, bezeichnet zu werden pflegt. Auf der gesammten Oberfläche der jungen Pflanzentheile findet eine reichliche Bildung von Schleim statt, welche durch besondere Haarbildungen, Zotten, veranlasst wird.

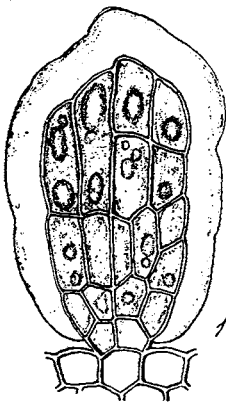
Flora 1894.

*Polygonum amphibium* L. und *Rumex maritimus* L.

Bei einigen Vertretern dieser beiden sowohl Land- als auch Wasserbewohner umfassenden Gattungen *Polygonum* und *Rumex* ist die Bildung von Schleim durch eigenthümliche Oberhautanhängsel von Joh. Hanstein schon im Jahre 1868 zum Gegenstande einer eingehenden Untersuchung gemacht worden und seine Beobachtungen sind von solcher Vollständigkeit, dass uns eine ausführlichere Darlegung dieser Verhältnisse unter Hinweis auf seine in der „Botanischen Zeitung“ abgedruckte Abhandlung erlassen bleiben kann.

Die beiden bei meinen Untersuchungen verwendeten Vertreter der beiden Gattungen zeigen in Bezug auf die Schleimbildung an den Knospentheilen eine solche Uebereinstimmung unter einander, dass es mir zweckmässig erscheint, beide gemeinsam zu betrachten.

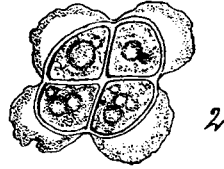
Die Ochrea eines jeden Blattes bildet stets eine festgeschlossene Scheide um die jüngeren Knospentheile, so dass der Vegetationspunkt, sowie die sämtlichen noch in der Ausbildung begriffenen



Blattgebilde in der Knospe durch diese Einrichtung vollständig von der Aussenwelt abgeschlossen sind. Um noch obendrein die innerhalb der Knospe vorhandenen Zwischenräume auszufüllen, findet zwischen den einzelnen Theilen derselben eine reichliche Bildung von Schleimmassen statt. Dieselbe wird durch besondere Haarbildungen, welche Hanstein als „Zotten“ bezeichnet hat, veranlasst. Sie sind in zweierlei Form ausgebildet. Hanstein gibt von den Zotten der einen Art (Fig. 1) folgende Schilderung: „Sie entspringen

mit einer Zelle aus der Oberhaut zwischen den übrigen Zellen derselben; auf diese eine folgen zwei, darauf meist vier vierzellige Reihen, welche alle ziemlich in einer Ebene liegen, deren obere aber weniger und deren mittlere mehr Zellen enthalten können. Die Zellen nehmen nach oben an Länge zu und das Ganze stellt ein längliches, nach beiden Enden verschmälertes Läppchen dar, welches, zwischen den genäherten Blattflächen der Knospe aufwärts gerichtet, mit seiner Breitseite gegen die Blattscheidenfläche gewendet ist.“ — „Unter Wasser oder Alkohol betrachtet, erscheinen die Zellwände ziemlich dünn, die Zellräume stark mit plasmatischen Stoffen erfüllt. Unter quellenden Reagentien schwellen jene erheblich auf, während diese sich zusammenziehen.“ Ueber die Zotten der anderen

Art (Fig. 2) äussert er sich folgendermassen: (Es) „finden sich (besonders in der Gattung *Polygonum*) auf der nicht mit bandförmigen Zotten besetzten Seite der jungen Blätter kleine, knopfförmige Zotten, welche meist aus vier auf einem zweizelligen Stielchen regelmässig nebeneinander stehenden Zellen bestehen (aber auch mehr dergleichen haben oder unregelmässig gebildet sein können), deren jede eine oder ein Paar Schleimbeulen entwickelt, die sich gerade so verhalten wie die der langen Zotten.“ Mit dieser Schilderung ist eigentlich alles das erschöpft, was über die Gestaltungsverhältnisse dieser Haarbildungen zu bemerken ist. Was die chemische Beschaffenheit, welche die Wände der diese zusammensetzenden Zellen betrifft, so wäre hinzuzufügen, dass die beiden Zellen, welche auf der Epidermiszelle aufsitzen und den übrigen Theil der Zotte tragen, nach Art der Fussstücke an den Schleimhaaren anderer Wasserpflanzen, Längswände besitzen, welche der Verkorkung unterliegen, während ihre Querswände keiner besonderen chemischen Veränderung unterworfen werden. Der übrige Theil der Zotte besteht aus Zellen, deren Wände bis auf die unter der Cuticula liegenden Schichten aus Cellulose aufgebaut sind. Es muss diese jedoch sehr stark mit fremden Bestandtheilen durchsetzt sein, da sie auf Chlorzinkjod nicht sofort eine blaue Färbung annimmt. Was den Inhalt dieser Zellen anbelangt, so hat Hanstein bereits hervorgehoben, dass „die Zellräume stark mit plasmatischen Stoffen erfüllt seien.“ Dieselben sind innen mit einem Beleg dichten Protoplasmas, welches einen kleinen, deutlich bemerkbaren Kern enthält, ausgekleidet. Innerhalb desselben befinden sich eine oder mehrere Vacuolen. Ferner beobachtet man darin kleinere oder grössere Ballen eines scheinbar ebensolchen Körpers, wie er sich in den Schleimhaaren mancher anderer Wasserpflanzen vorfindet. Ob derselbe indessen mit dem „Myriophyllin“ übereinstimmt, konnte ich bedauerlicher Weise nicht entscheiden, da mir für meine Untersuchungen nur Alkoholmaterial zur Verfügung stand. Die Beobachtung dieses Körpers ist nämlich nur an frischem Material vorzunehmen, weil er in Alkohol sich derart verändert, dass er in Behandlung mit Vanillin-Salzsäure die bezeichnende Reaction nicht mehr gibt.<sup>1)</sup>



1) Bei der Untersuchung dieses Inhaltsstoffes an frischem Material hat sich ergeben, dass derselbe bei längerer Einwirkung von Vanillin-Salzsäure die Eigenschaften des Raciborski'schen Myriophyllin's zeigt.

Ueber die Art und Weise der Schleimbildung hat Hanstein auch bereits nähere Mittheilungen gemacht, welche ich hier folgen lassen will. „Bei voller Vegetation und genügendem Wasserzutritt erblickt man nun auf den nach aussen gekehrten Seitenwänden der Zellen blasenförmige Auftreibungen, die bald einen Theil, bald die ganze Wand einnehmen, bald auf einzelnen, bald auf fast allen Zellen desselben Läppchens zugleich erscheinen. Dieselben werden durch Abheben einer Cuticula von der darunter liegenden Zellhautschicht mittelst einer sich verflüssigenden und dabei aufblähenden Substanz hervorgerufen. Erst niedrig, wölbt sich die Blase allmählich auf und endlich findet man sie auf dem Scheitel geöffnet, ihren Inhalt entleerend oder schon leer. Der Inhalt der Blase ist durchaus farblos wie die Zellwand selbst. Er wird durch Jod weder blau, noch gelb, noch braun gefärbt, auch nicht durch Chlorzinkjod. Wohl aber quillt er in Wasser zu vollkommen bis zu vollkommen klarer Lösung auf und erhärtet beim Eintrocknen zu durchsichtiger amorpher Masse.“ Mehr als dies meine eigenen Worte vermögen, halte ich diesen Vorgang durch Hanstein's Schilderung für hinreichend gekennzeichnet; zwar bezieht sich diese Schilderung nur auf die schuppenförmigen Zotten, allein auch über die knopfförmigen bemerkt der Verfasser, dass „jede eine oder ein Paar Schleimbeulen entwickelt, die sich gerade so verhalten wie die der langen Zotten.“

Auch die Entwicklung der Schleimzotten wurde von Hanstein bei *Rumex Patientia* bis zu ihren Anfängen zurückverfolgt, wobei sich herausstellte, dass die jungen Knospentheile, welche den Vegetationspunkt umgeben, bereits „dichtzottig“ erscheinen. Sie entspringen aus Zellen der Epidermis, welche den übrigen Elementen dieser Gewebeschicht an Grösse nachsteht, und entwickeln sich auf die Weise, dass diese ihre Aussenwand über die Oberfläche emporwölbt und durch eine Querwand in zwei Zellen zerfällt, wovon die untere zwischen ihren Nachbarzellen versenkt bleibt, während die obere die weitere Ausbildung der Zotte übernimmt. Durch eine Längswand zerfällt diese in zwei Zellen, welche sich ihrerseits wieder durch eine Querwand theilen, so dass anfänglich vier neu entstandene Zellen vorhanden sind. Von diesen werden die unteren zu den Fusszellen, während aus den oberen durch entsprechende Theilungen eine schuppenförmige oder knopfförmige Zotte hervorgeht. Dies richtet sich nämlich danach, ob die ferneren Längstheilungen, welche an diesen Zellen stattfinden, stets in der gleichen Ebene sich vollziehen wie die zuerst erfolgte, oder ob neben diesen auch solche eintreten, bei welchen

die Theilungsebene einen rechten Winkel zu der ursprünglichen bildet. Da in dem einen Falle verschiedene Quertheilungen bei diesen Vorgängen mit im Spiele sind, im anderen dagegen nicht, so muss dort eine schuppen- und hier eine knopfförmige Zotte sich aus den beiden Zellen, von welchen die Bildung des schleimabsondernden Theiles derselben ihren Ausgang genommen hat, entwickeln.

Wenn die jungen Pflanzentheile ausgewachsen sind, haben die Zotten ihren Zweck erfüllt. Sie fallen daher schon nach einiger Zeit ab, indem sich der Theil derselben, welcher der Schleimbildung gedient hat, über dem Fussstück abtrennt, bevor dieses in den bisher noch unverkorkt gewesenen Wandtheilen einer nachträglichen Verkorkung unterworfen worden ist.

Zum Schlusse verdient noch darauf hingewiesen zu werden, dass sich Land- und Wasserbewohner innerhalb der beiden untersuchten Gattungen in Beziehung auf die Bildung von Schleimzotten nicht von einander unterscheiden, da Hanstein's Untersuchungen an *Rumex Patientia*, einer ausgesprochenen Landform, angestellt worden sind.

## VI.

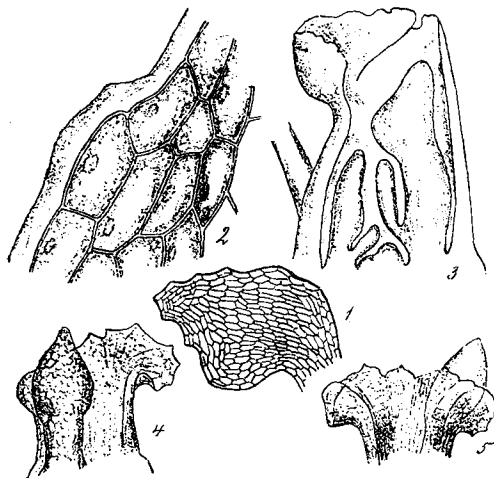
In diese Gruppe gehören solche Gewächse, bei denen die Schleimbildung durch den Rand der scheidenartigen Nebenblätter veranlasst wird. Dahin müssen die Pontederiaceen (untersucht wurden: *Heteranthera reniformis* und *zosterifolia*, *Pontederia crassipes* und *cordata*) gestellt werden.

### *Heteranthera reniformis* R. et P.

Zur Bildung jener Schleimüberzüge, welche die jungen Theile dieser Pflanze in solcher Mächtigkeit bedecken, dass dies bereits für das bloße Gefühl wahrnehmbar hervortritt, besitzt diese Pflanze eine in ihrer Art wohl einzig dastehende Einrichtung. Die Bildung des Schleimes geschieht nämlich in diesem Falle durch merkwürdige Anhänge, welche an den „intrapetiolären Stipeln“ auftreten. Die letzteren sind als häutige Blattgebilde, welche den Stengel, mit dem sie am Grunde etwas verwachsen sind, rings umfassen, ausgebildet. An ihrem Ende befindet sich eine gestielte Drüse, deren Zellen mit „Myriophyllin“ erfüllt sind; zu beiden Seiten derselben ist der Blatt- rand der Stipel in je zwei Lappen zertheilt, welche als die schleimbildenden Organe der Pflanze zu betrachten sind<sup>1)</sup> (Fig. 1). Die-

1) Einen Unterschied von der oben beschriebenen Art macht ein anderer Vertreter dieser Gattung, *Heteranthera zosterifolia*, insofern, als dort eine Zertheilung des Randes an einzelne Lappen nicht stattfindet. Die Schleimbildung wird in diesem Falle von dem unzertheilten Rande der Stipel besorgt.

selben sind bei der gegenständigen Anordnung der jungen Blätter innerhalb der geschlossenen Knospe so gestellt, dass sie mit ihrer Innenseite der Vorderseite des betreffenden, noch fest zusammenge- rollten Blattes zugewandt ist. Sie umschliesst dieses derart, dass die vier Schleimlappen es rings umgeben und es durch ihre Thätigkeit allseitig mit Schleim umhüllen. Die Zellen, welche diese merkwürdigen Gebilde zusammensetzen, besitzen dünne Wände, welche bis auf die unmittelbar unter der Cuticula liegenden Schichten aus reiner Cellulose und einen dichten protoplasmatischen Inhalt, in dem ein kleiner Kern deutlich wahrnehmbar ist, und das Myriophyllin scheinbar nicht gebildet wird (Fig. 2).



Die Bildung des Schleimes geschieht in der gewöhnlichen Weise, indem zwischen der Cuticula und der Zellwand der Schleim durch Verquellung der äussersten Membranschichten gebildet wird. Dieser Vorgang vollzieht sich anfangs nur auf einzelnen Stellen der zweischichtigen Zellfläche und schreitet nach und nach über die gesamte Oberfläche derselben fort. Nach der

Zerreissung der Cuticula ergiesst sich der gebildete Schleim, welcher in diesem Falle eine sehr zähflüssige Masse bildet, über die jungen Organe und umhüllt sie mit einem mächtigen Ueberzug.

Die Stipeln werden am Grunde der jüngsten Blattanlage, welche aus dem Vegetationspunkt hervorgegangen ist, schon als einfacher Zellkörper angelegt (Fig. 3). Im Laufe der Entwicklung geht daraus ein merkwürdiges Blattgebilde hervor, welches mit seinen seitlichen Rändern das zugehörige Blatt bereits zu umschliessen beginnt, während an seiner Spitze eine deutliche Zertheilung in vier Schleimlappen wahrzunehmen ist. Hinter demselben ragt mit ihm am Grunde verwachsen die Drüse als ein keulenförmiges Gebilde hervor (Fig. 4 und 5).

Nach erlangter Ausbildung treten die Lappen in die Bildung der Schleimmassen, welche die jungen Theile in der Knospe einhüllen,

ein und gehen nach der Erfüllung dieses Zweckes sammt dem übrigen Theil der Stipel zu Grunde.

*Pontederia crassipes Mart. und Pontederia cordata L.*

Wie bei *Heteranthera reniformis*, so bildet auch bei *Pontederia crassipes* und *cordata* der obere, in mehrere Lappen zertheilte Rand der Nebenblätter das Organ für die Schleimbildung. An dem oberen Ende dieser scheidenartig verbreiterten Blattgebilde befindet sich eine Drüse, deren Zellen aussen stets mit Schleim umgeben sind und innen grosse Ballen von Myriophyllin enthalten. Zu den beiden Seiten derselben bemerkt man je zwei unregelmässig umrandete Lappen, deren Zellen die Schleimbildung im Innern der Knospe veranlassen. Unter diesen finden sich einzelne, welche von Myriophyllin fast vollständig ausgefüllt sind, wie deren viele auf das ganze Nebenblatt vertheilt sind. Besonders die an dem Rande der Schleimorgane liegenden Zellen enthalten einen tief violetten Farbstoff.

In ihrem Bau und in ihrer Entwicklung zeigen diese Schleimorgane eine so wesentliche Uebereinstimmung mit denjenigen von *Heteranthera reniformis*, dass auf ein näheres Eingehen auf dieselben hier verzichtet werden kann.

## VII.

„Die sog. „Intravaginalschuppen“, trichomatische Auswüchse an der Blattbasis mancher Wasser- und Sumpfpflanzen werden sich bei genauerer Betrachtung wohl auch als Schleimorgane herausstellen.“ Mit diesen Worten äusserte sich Goebel<sup>1)</sup> über die muthmassliche Bedeutung jener eigenartigen Gebilde, welche innerhalb des verbreiterten Blattgrundes mancher Wasser- und Sumpfpflanzen zu finden sind. Diese Vermuthung hat sich bei der näheren Untersuchung derselben, deren Ergebnisse den Gegenstand des Folgenden bilden sollen, vollkommen bestätigt gefunden.

*Vallisneria spiralis L.*

Bei *Vallisneria spiralis* sind die Blätter, welche der äusserst verkürzten Sprossaxe aufsitzen, an ihrem Grunde derart verbreitert, dass sie die jüngeren Organe in der Knospe wie eine Scheide umschliessen. In den Zwischenräumen, welche sich zwischen den einzelnen Bestandtheilen der Knospe finden, bemerkt man lappenähnliche Gebilde, welche in der Regel nur aus zwei Zellschichten bestehen (Fig. 1). Sie sind

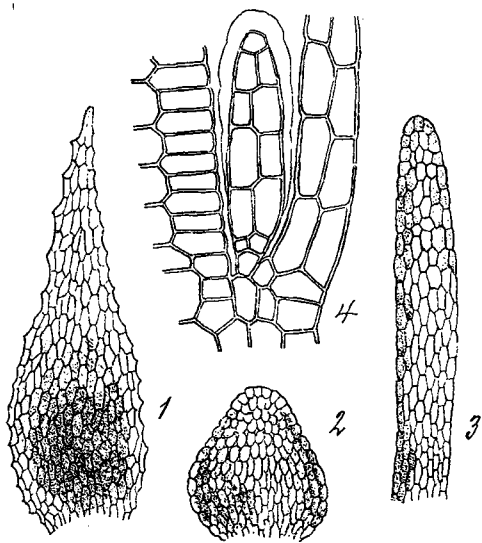
1) Goebel, Pflanzenbiologische Schilderungen Bd. II, II. Hälfte, p. 233.

an der Basis des Blattes festgewachsen und erreichen eine beträchtliche Länge. Sie sind am Grunde sehr stark verbreitert und werden nach oben hin schmaler und endigen in eine abgestumpfte Spitze. Sie umhüllen die jungen Pflanzentheile, welche in der Knospe entstehen, von ihrer ersten Anlage bis zu einer gewissen Entwicklungsstufe, da sie in grosser Anzahl rings um dieselben angeordnet sind. Sie neigen sich, so lange sie dieselben noch an Grösse überragen, mit ihrem Ende über denselben zusammen, und richten sich gerade, sobald diese sie an Grösse überholt haben.

Die Zellen dieser trichomatischen Gebilde besitzen dünne Wände, welche bis auf die unmittelbar unter der Cuticula liegenden Schichten aus Cellulose bestehen. Der Inhalt derselben besteht aus einem dünnen Wandbeleg von dichtem, einen kleinen, leicht erkennbaren Zellkern führenden Protoplasma, in welchem eine oder mehrere kleinere oder grössere Vacuolen eingeschlossen sind. Obschon das Myriophyllum an anderen Theilen der Pflanze in Masse gebildet wird, so liess sich dessen Auftreten in diesen Zellen nirgends nachweisen.

Die Intravaginalschuppen bezwecken die Bildung der ungeheuren Schleimmassen, welche die jungen Theile der Pflanze, so lange sie noch in der Knospe eingeschlossen sind, umhüllen. Dieser Vorgang

vollzieht sich in der Weise, dass zwischen der Cuticula und der Zellwand ihrer einzelnen Zellen Schleim gebildet wird, der aus der Verquellung der äussersten Membranschicht hervorgeht. Man findet daher, dass auf der ganzen Oberfläche der Schuppe eine gleichmässige, zuweilen noch auf grössere oder kleinere Strecken von der Cuticula überzogenen Schleimschicht lagert. Durch sie werden die Zwischenräume, welche zwischen den einzelnen Bestandtheilen der



Knospe sich befinden, mit einer zähflüssigen Masse ausgefüllt.

Die Intravaginalschuppen gehen aus einer kleinen Zellgruppe an der Basis der jungen Blätter hervor. Sie eilen diesen letzteren in

ihrer Entwicklung voraus, um durch die Ausscheidung von Schleim eine dichte Hülle um dieselben zu bilden.

Nach Erfüllung dieses Zweckes verbleiben sie an Ort und Stelle, da sie eine besondere Einrichtung zur Abstossung nicht besitzen. Sie gehen erst dann zu Grunde, wenn auch das zugehörige Blatt abstirbt. Bei einem anderen Vertreter dieser Gattung, *Vallisneria alternifolia* hat Goebel<sup>1)</sup> sogar Schleimbildung im Innern des Gewebes beobachtet. Es vollzieht sich dieser Vorgang in besonderen Zellen, welche sich vor den übrigen Gewebeelementen durch ihre bedeutendere Grösse auszeichnen. Leider war das Material, welches Herr Prof. Goebel in einem Teiche im Küstengebiet des indischen Festlandes gesammelt hat, nicht mehr zur Stelle, so dass mir eine nähere Untersuchung dieser Verhältnisse unmöglich war.

*Hydrocharis morsus ranae* L. und *Trianea bogotensis* Karst.

Intravaginalschuppen finden sich auch bei *Hydrocharis morsus ranae* und *Trianea bogotensis*, welche bekanntlich der nämlichen Pflanzenfamilie angehören wie *Vallisneria spiralis*. Sie sitzen ebenfalls an der Basis der Blätter, deren Grund sich zu einer häutigen Scheide entwickelt. Es sind lappenförmige Auswüchse trichomatischer Natur, welche aus nur zwei Zellschichten bestehen. Bei der einen der beiden Pflanzen besitzen sie eine schmallanzettliche (Fig. 2), bei der anderen eine breitherzförmige Gestalt (Fig. 3), erreichen aber keine solche Grösse wie die Intravaginalschuppen von *Vallisneria spiralis*.

Die Schleimmassen, welche sich im Innern der Knospe vorfinden, sind auf die Thätigkeit dieser Organe zurückzuführen. Ihre Entwicklung geht ebenfalls von einer Zellgruppe an der Basis der Blätter aus und führt schliesslich zur Ausbildung einer zweischichtigen Zellfläche von lappenförmiger Gestalt.

Im Gegensatz zu *Vallisneria spiralis*, wo sie nach der Erfüllung ihrer Bestimmung an Ort und Stelle verbleiben, bis sie mit dem zugehörigen Blatte zu Grunde gehen, verschwinden die Intravaginalschuppen bei diesen beiden Pflanzen scheinbar sehr bald. Denn es gelang mir trotz eifrigen Suchens nicht, sie an der Basis der älteren Blätter noch aufzufinden.

*Elodea canadensis* Casp.

Bei *Elodea canadensis* beobachtet man in den Achseln der jüngeren Blätter kleine, lappenförmige Gebilde. Es sind dies ebenfalls Intra-

1) Goebel, Pflanzenbiol. Schilderungen II, pag. 233.

vaginalschuppen, welche zur Bildung von Schleim dienen (Fig. 4). Sie bestehen aus zwei Schichten von Zellen, welche sehr dünne, auf ihrer Aussenwand von einer feinen Cuticula überzogene Wände und einen dichten protoplasmatischen Inhalt mit Kern und Vacuole besitzen. Durch Umwandlung der äussersten Membranschichten bildet sich zwischen der Cuticula und der Zellwand der Schleim, welcher das ganze Gebilde als allseits geschlossene Beule so lange umgibt, bis deren Umhüllung gesprengt wird.

Die Intravaginalschuppen werden schon sehr frühzeitig am Vegetationspunkt angelegt und verschwinden, sobald die Blätter, in deren Achseln sie sitzen, am Abschluss ihrer Entwicklung angelangt sind.

*Hydrocleis Commersonii* Rich., *Alisma Plantago* L. und *Sagittaria lancifolia* L.

Die Alismaceen zeigen im Allgemeinen dieselben Einrichtungen zum Schutze ihrer jungen Organe wie die zuvor beschriebenen Hydrocharideen, denen sie ja auch in systematischer Hinsicht sehr nahe stehen. Obschon die Systematiker diese Pflanzengruppe in zwei Abtheilungen, die Butomeen und die Alismeen, zerlegen, wovon die eine neben *Butomus umbellatus* *Hydrocleis nymphaeoides* und die andere *Alisma Plantago* und *Sagittaria sagittaeifolia* und *lancifolia* umfasst, so werde ich sie doch im Folgenden gemeinsam vornehmen, da die von mir untersuchten Vertreter derselben in Bezug auf den Aufbau der Knospe, sowie der Beschaffenheit der schleimbildenden Organe eine sehr wesentliche Uebereinstimmung unter einander aufweisen.

Bei sämmtlichen von mir untersuchten Pflanzen besitzen die Blätter einen stark verbreiterten Grund, mittelst dessen die älteren die jüngeren wie mit einer Scheide umschliessen. Organe anderer Art, wie z. B. Stipeln, sind an dem Aufbau der Knospe nicht betheilt. Die Bildung der im Inneren der Knospe vorhandenen Schleimmassen geht von intravaginalen Schuppen, welche an der Basis der Blätter ihren Sitz haben und um diese in beträchtlicher Zahl angeordnet sind. Sie haben bei allen hierher gehörigen Gewächsen die Gestalt eines langgestreckten, von unten nach oben spitz zulaufenden Läppchens. Sie überragen vermöge ihrer bedeutenderen Länge die jugendlichen Blätter um ein Beträchtliches. Sie bestehen aus zwei Zellschichten, deren einzelne Elemente dünne Wände aus Cellulose und einen dichten protoplasmatischen Inhalt mit Kern und Vacuole besitzen. Besondere Secretstoffe wie das Raciborski'sche Myriophyllin waren in diesem nicht nachzuweisen.

Sämmtliche Zellen der Intravaginalschuppen sind auf ihrer Oberfläche von einer einheitlichen Cuticula überzogen, welche sich von der darunter befindlichen Zellwand löst, sobald die äussersten Schichten der letzteren in Schleim umgewandelt werden. Auf diese Weise entstehen auf der Aussenseite der Schuppen Schleimansammlungen, welche sich theils nur auf einzelne Stellen, theils auf die ganze Oberfläche derselben erstrecken. Nach der Zerstörung der Cuticula ergiesst sich deren Inhalt in die Zwischenräume der Knospe, so dass die einzelnen Bestandtheile derselben bis an den Vegetationspunkt hinan mit einem dichten Schleimmantel umhüllt werden.

Die Intravaginalschuppen werden schon sehr früh als ein kleiner Höcker an der Basis der jungen Blätter angelegt und wachsen sehr rasch heran, um in die Bildung des Schleimes einzutreten. Nach der Erfüllung dieses ihres Zweckes werden sie nicht sogleich abgestossen, sondern verweilen so lange noch an Ort und Stelle, bis das betreffende Blatt, an dessen Basis sie ihren Sitz haben, zu Grunde geht.

*Potamogeton natans* L. und *Potamogeton rufescens* Schrad. *Zostera marina* L.

Zur Bildung von Schleimüberzügen, womit sie ihre jungen, noch in der Knospe eingeschlossenen Organe einhüllen, besitzen die der Familie der Najadeen angehörigen Gewächse Intravaginalschuppen von ebensolcher Beschaffenheit, wie wir sie soeben bei den Hydrocharideen und Alismaceen kennen gelernt haben. Dies zeigte sich bei der näheren Untersuchung von *Potamogeton natans* und *rufescens*, sowie von *Zostera marina*, welche in dieser Hinsicht eine auffallende Uebereinstimmung mit einander zeigen.

Im Gegensatz zu den zuvor betrachteten Pflanzen sind bei diesen Gewächsen Nebenblattgebilde von häutiger Beschaffenheit, die vermöge ihrer gegenständigen Stellung die am Grunde scheidenartig verbreiterten Blätter rings umfassen, am Aufbau der Knospe theilhaftig. In der von jedem Blatt und seinem Nebenblatt gebildeten doppelten Umhüllung sind die jüngeren Knospentheile eingeschlossen. Rings um dieselben sind in regelmässiger Vertheilung mehrere lange und schmale, nach oben spitz zulaufende Schuppen angeordnet, welche durch ihre Thätigkeit die von ihnen umhüllten Organe mit einem Schleimmantel versehen. Dieser kommt dadurch zu Stande, dass die Elemente dieser zweischichtigen Zellflächen die äussersten Schichten ihrer Wände in Schleim verwandeln, welcher sich zwischen der Cuticula und der Zellwand ansammelt. Durch die Zerstörung der ersteren

werden die so auf den Schuppen entstandenen Schleimbeulen gesprengt und ihr Inhalt ergießt sich in die Zwischenräume der Knospe und umhüllt die eingeschlossenen jungen Theile der Pflanze.

Ebenso wie bei den zuvor behandelten Hydrocharideen und Alismaceen gehen die Intravaginalschuppen aus einer kleinen Gruppe von Zellen an der Basis der Blätter hervor. Sie wachsen sehr rasch heran und treten sehr bald in die Bildung des Schleimes ein. Nachdem sie diesen Zweck erfüllt haben, verbleiben sie noch fernerhin an ihrer Stelle, bis sie mit dem Blatte, an dessen Basis sie sitzen, zu Grunde gehen.

### Cryptogamen.

Dass die Schleimbildung im Kreise der zu den Cryptogamen gehörigen Wasser- und Sumpfpflanzen eine weite Verbreitung besitzt, ist von früheren Arbeiten her hinlänglich bekannt.

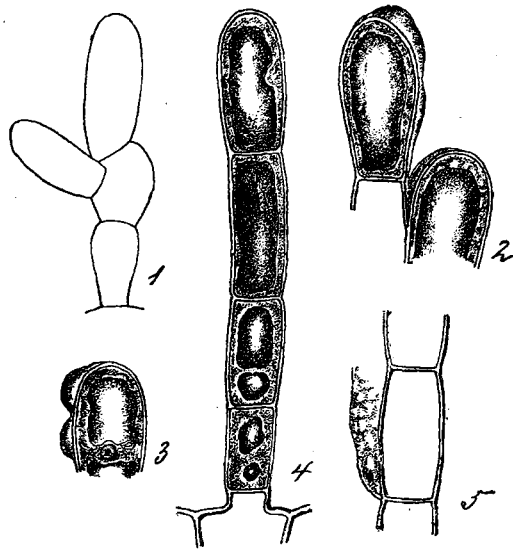
Was ihr Auftreten bei den Gefäßcryptogamen anbelangt, so begegnet uns diese Erscheinung sowohl bei den Pteridophyten, als auch bei den Bryophyten.

Unter den Pteridophyten zeichnen sich namentlich die Hydropteriden, welche die beiden Familien der Salviniaceen und Marsiliaceen umfassen, durch eine mehr oder minder ausgiebige Schleimbildung am Vegetationspunkt, sowie an den jungen Blattanlagen aus, wie im Folgenden näher dargelegt werden soll.

#### *Azolla caroliniana* W. und *Azolla filiculoides* Lam.

Bei den beiden Arten der Gattung *Azolla* trägt der durch Seitenknospen reich verzweigte Stamm auf der Bauchseite die Wurzeln, auf der Rückenseite die in zwei Reihen angeordneten Blätter, welche in je einen oberen, rückenständigen und einen unteren, bauchständigen Lappen zertheilt sind. Während dieser stets untergetaucht ist, schwimmt jener auf der Oberfläche des Wassers. Er besitzt eine Höhlung, welche in der Regel von einer Cyanophyce, *Anabaena Azollae* bewohnt wird; sie ist zugleich der Ort, wo die Bildung von Schleim stattfindet. An älteren Blättern ist zwar gewöhnlich nichts mehr von diesem zu finden, was wohl Zelinka veranlasst haben mag, das Vorhandensein desselben gänzlich in Abrede zu stellen. Bei den jugendlichen Blättern, welche sich um den Vegetationspunkt des Stammes schaaren, sind dagegen diese Höhlungen dicht mit Schleim angefüllt, wie Goebel schon vor längerer Zeit gezeigt hat. Dieser Schleim stammt von den merkwürdigen Haarbildungen, welche aus den Zellen

der Wand entspringen und in die Höhlung weit hineinragen. In ihrem oberen Theile verzweigen sie sich nach allen Richtungen (Fig. 1). Sie setzen sich aus mehreren Zellen zusammen. Die äusserst dünnen Wände derselben sind, abgesehen von deren äussersten, unmittelbar unter der Cuticula liegenden Schichten, aus Cellulose, welche erst nach längerer Einwirkung von Chlorzinkjodlösung eine schwachblaue Färbung annimmt, zusammengesetzt. Der Inhalt derselben besteht aus einem dünnen Wandbeleg aus feinkörnigem Protoplasma, das einen kleinen Kern enthält und eine



oder mehrere mit Myriophyllin erfüllte Vacuolen umschliesst (Fig. 2).

Die Schleimbildung vollzieht sich in der nämlichen Weise wie bei allen zuvor betrachteten Pflanzen (Fig. 3). Es entsteht der Schleim zwischen Cuticula und Zellwand durch eine Umwandlung, welche die äussersten Membranschichten erfahren und bildet eine zwar auch sehr zähflüssige, aber dennoch nicht sehr widerstandsfähige Masse, denn er verschwindet sehr bald wieder, woher es kommt, dass er in den Höhlungen älterer Blätter nicht mehr nachzuweisen ist.

Die Entstehung der Schleimhaare lässt sich leicht bis zu ihren Anfängen verfolgen. Es gehen dieselben aus einer Zelle der die Höhlung auskleidenden Wand hervor, indem dieselbe ihre Aussenwand emporwölbt und nach und nach unter wiederholten Theilungen zu einem reich verästelten Gebilde heranwächst.

In den Höhlungen älterer Blätter bleiben diese Haargebilde noch lange Zeit erhalten, wenn auch der Schleim längst schon verschwunden ist. Wie es scheint, gehen sie erst dann zu Grunde, wenn das Blatt abstirbt.

#### *Salvinia natans* L.

Bei *Salvinia natans* tragen die jugendlichen Blätter, welche den Vegetationspunkt des Stammes umgeben, neben mit scharfer Spitze

versehenen, derbwandigen Haaren noch Schleimorgane. Es sind dies ebenfalls mehrzellige, unverzweigte Haargebilde, welche auf der Aussenwand der Epidermiszellen aufsitzen (Fig. 4). Die einzelnen Elemente derselben zeigen bei grosser Uebereinstimmung in ihrem äusseren Aussehen eine auffallende Verschiedenheit in dem Bau ihrer Wände. Diese sind zwar bei allen aus Cellulose aufgebaut, welche auf Jodbehandlung die bezeichnende Reaction gibt, aber bei näherer Betrachtung findet man, dass die Wand der untersten Zelle keine solche Derbheit besitzt wie diejenigen der übrigen. Dieser Umstand scheint für die nach der Schleimbildung stattfindende Abstossung des Haares von besonderer Bedeutung zu sein. Der Inhalt der einzelnen Zellen des Haares besteht in einem dünnen Wandbeleg aus Protoplasma, welches einen deutlichen Zellkern erkennen lässt und in einer oder mehreren Vacuolen, welche vollkommen mit Myriophyllin angefüllt sind.

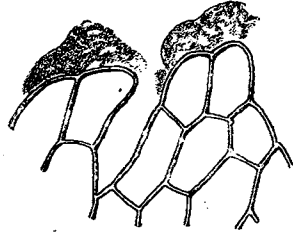
Die Bildung des Schleimes erfolgt auch bei diesen Haargebilden zwischen der Cuticula und der Zellwand durch eine Umwandlung, welcher die äussersten Membranschichten unterworfen werden (Fig. 5).

Die Haare entwickeln sich aus den Epidermiszellen der jugendlichen Blätter, welche unter wiederholten Theilungen zu kürzeren oder längeren Schleimorganen sich entwickeln. Sobald diese ihren Zweck erfüllt haben, kommen sie zur Abstossung. Durch die unterste Zelle, die durch den Besitz besonders zart gebauter Wände vor den übrigen Elementen der Haare ausgezeichnet ist, wird dieser Vorgang wesentlich gefördert. Wenn daher das junge Blatt dem Abschluss seiner Entwicklung entgegengeht, so sind die sämtlichen Schleimorgane schon längst entfernt. Auf seiner Oberfläche gewahrt man nur noch jene mit scharfer Spitze versehenen, derbwandigen Haargebilde, welche offenbar als eine Waffe für die ausgewachsene Pflanze dienen.

#### *Selaginella Martensi Sprg.*

Die Gattung *Selaginella* hat man von den Lycopodiaceen abgetrennt, um sie mit der Gattung *Isoëtes* zu einer eignen Pflanzengruppe zu vereinigen. Alle hierher gehörigen Gewächse wurden von Sachs als *Ligulaten* bezeichnet, weil ihre Blätter auf der Oberseite in der Nähe des Grundes eine sog. *Ligula* besitzen, ein Gebilde, über dessen Bedeutung wir bis jetzt noch nicht näher unterrichtet waren. Es dient zur Bildung von Schleim. Es besteht aus einer Schuppe von etwa herzförmigem Umriss, die mit einem vielzelligen Gewebekörper,

dem Glossopodium, auf dem Blatte aufsitzt. In seinem oberen Theile geht es in eine einzige Schicht von Zellen über, welche in ihrem ganzen Verhalten eine grosse Uebereinstimmung mit den Elementen anderer Schleimorgane, besonders der Intravaginalschuppen zeigen.



Die Schleimbildung nimmt allem Anscheine nach einen sehr raschen Verlauf, da es nur mit vieler Mühe gelang, sie nachzuweisen. Die gebildeten Schleimmassen verschwinden offenbar schon in sehr kurzer Zeit, weil sie nur noch in geringen Spuren aufzufinden waren. Ueber die Entwicklungsgeschichte der Ligula liegen bereits nähere Untersuchungen von einigen Forschern vor, wesshalb mir ein näheres Eingehen auf dieselbe an dieser Stelle wohl erspart bleiben kann. Nach Erfüllung ihres Zweckes geht die Ligula sehr bald verloren, da sie vermöge einer besonderen Einrichtung von der Pflanze abgestossen werden kann.

*Isoëtes lacustris* L.

Auch die Ligula auf den Blättern von *Isoëtes lacustris* muss als Schleim absonderndes Organ der Pflanze angesehen werden. Denn auf der Oberfläche derselben zieht sich eine mehr oder minder hohe Lage von Schleim hin, welche offenbar durch die Zellen dieses Organes aus den subcuticularen Schichten ihrer Wände gebildet worden sind.

Was die Bryophyten anbelangt, so ist auch bei dieser Pflanzengruppe die Schleimbildung eine sehr verbreitete Erscheinung, wie aus den Arbeiten von Leitgeb und Goebel sich ergibt. Erst kürzlich hat sich der zuletzt genannte Forscher hierüber mit folgenden Worten geäußert: „Wer die Entwicklung der foliosen Lebermoose kennt, weiss, dass die schleimabsondernden Drüsen (die theils wie bei *Frullania* am *Stylus auriculæ*, theils an anderen Stellen vorkommen) nur functioniren, so lange die Theile noch sehr jugendlich sind. Sie liefern den Schleim, welcher das zarte Gewebe des Vegetationspunktes und der jüngsten Blattorgane schützend überzieht, wie dies auch bei thallosen Lebermoosen geschieht; selbst bei Laubmoosen scheinen solche Schleimhaare vorzukommen (z. B. bei *Diphyscium*).“<sup>1)</sup>

Es konnte keineswegs in meiner Aufgabe liegen, die Verbreitung

1) Goebel, K., Archegoniatenstudien. 5. Die Blattbildung der Lebermoose und ihre biologische Bedeutung. Flora 1893, pag. 442.

der Schleimbildung innerhalb dieser Pflanzengruppe festzustellen. Ebensovienig hätte ich es unternehmen dürfen, die Art und Weise ihres Auftretens bei den einzelnen Pflanzenformen näher zu untersuchen, um nicht über den engeren Rahmen dieser Arbeit hinauszugehen.

Unter den Thallophyten findet sich Schleimbildung hauptsächlich bei den Algen. Bei den Characeen tritt diese Erscheinung zuweilen sehr auffallend hervor, wie ich mich bei der Untersuchung von *Nitella cernua*, einer tropischen Form, welche Herr Prof. Goebel von seinen Reisen mitgebracht hat, überzeugen konnte. Diese Pflanze umgibt nämlich ihre Geschlechtsorgane besonders mit einer mächtigen Hülle von äusserst zähflüssigem Schleim. Auch bei unseren einheimischen Formen soll eine derartige Bildung von Schleim stattfinden.

Bei den Meeresalgen tritt die Schleimbildung in allgemeiner Verbreitung auf. Wie aus den Untersuchungen von Guignard<sup>1)</sup> hervorgeht, vollzieht sich bei den Laminarien dieser Vorgang im Innern der Pflanze. Die gebildeten Schleimmassen gelangen zur Einhüllung des Thallus an die Oberfläche derselben. Ferner kommt sie bei den Süsswasseralgen zwar nicht in allgemeiner, aber doch wenigstens in sehr grosser Verbreitung vor. Sie findet sich besonders bei den Conjugaten, Protococcoïdeen und Flagellaten. Es besitzen diese Organismen bekanntlich mehr oder minder mächtig entwickelte Gallertscheiden, deren Organisation Klebs<sup>2)</sup> einer näheren Untersuchung unterworfen hat.

Diese kurzen Andeutungen mögen zum Beweis für die Thatsache dienen, dass die Schleimbildung auch unter den Kryptogamen eine sehr grosse Verbreitung besitzt.

### Die Bildung des Schleimes.

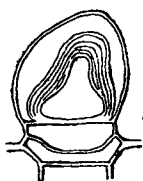
Wenn wir die Ergebnisse der mitgetheilten Untersuchungen in Kürze zusammenfassen, so finden wir, dass die Schleimbildung unter den Wasser- und Sumpfpflanzen eine sehr weit verbreitete Erscheinung ist. (Es lässt sich wohl erwarten, dass sie auch noch bei anderen Gewächsen, welche ich nicht in den Kreis meiner Untersuchungen ziehen konnte, vorkommt. Ebenso dürfte es auch wohl kaum ausgeschlossen sein, dass sich ausser *Nelumbium speciosum* noch weitere Pflanzen finden lassen mögen, wo sie durch anderweitige Schutzvor-

1) Guignard, L., Observations sur l'appareil mucifère des Laminariacées, Annales des sciences Botaniques. Tome XV. Paris 1892.

2) Klebs, Ueber die Organisation der Gallerte bei einigen Algen und Flagellaten. Untersuchungen a. d. Tübinger Institut, II, 1886.

richtungen überflüssig geworden ist.) Sie geht von bestimmten Organen aus, welche bei der Verschiedenheit in ihrer äusseren Form doch eine sehr wesentliche Uebereinstimmung im Bau ihrer Elemente aufweisen. Diese besitzen in der Regel mehr oder minder dünne Wände, welche auf ihrer Aussenseite mit einer zarten Cuticula überzogen sind, so lange sie noch nicht in die Schleimbildung eingetreten sind. Dieselben zeigen zuweilen eine zarte Schichtung, welche deutlicher hervortritt, wenn man sie durch Essigsäure zur Quellung bringt. Ferner besitzen sie ein eigenthümliches Lichtbrechungsvermögen, woran sie leicht als Zellwände von Schleimorganen zu erkennen sind. Sie bestehen ihrer Hauptmasse nach aus Cellulose. Denn sie lösen sich unter Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure sofort ohne Hinterlassung eines Rückstandes auf, ausserdem nehmen sie bei Behandlung mit Jodjodkalium und Schwefelsäure oder mit Chlorzinkjod eine tiefblaue Färbung an. Diese Reaction bleibt in vereinzelt Fällen, z. B. bei den Schleimdrüsen von *Utricularia vulgaris* aus, in anderen tritt sie dagegen wieder in vollem Umfange ein. In der Mehrzahl der Fälle entspricht jedoch die eintretende Färbung nicht ganz derjenigen, wie sie bei der Cellulösereaction in der Regel einzutreten pflegt. Anstatt eines violetten Farbentones tritt vielfach nur eine azurblaue Färbung der Zellwand ein. Dies hat seinen Grund darin, dass neben Cellulose noch andere Bestandtheile in der Zellmembran sich vorfinden. Es sind dies der Hauptsache nach Pectinstoffe, die neben anderen, später näher zu erörternden Eigenthümlichkeiten sich dadurch auszeichnen, dass ihre Gegenwart eine reichliche Aufspeicherung von gewissen Anilinfarben in den davon durchdrängten Zellwänden bedingt. Hieraus erklärt es sich denn auch, dass die Wände derjenigen Zellen, welche sich an dem Aufbau der Schleimorgane betheiligen, sich in Berührung mit einer wässerigen oder alkoholischen Lösung von Methylenblau ausserordentlich stark färben. In reinem Zustande, wie sie uns in Form von Schleim entgegentreten, nehmen die Pectinstoffe, über deren chemische Natur wir bis jetzt noch so gut wie gar nicht unterrichtet sind, bei Behandlung mit Chlorzinkjodlösung nur eine gelbe Färbung an. Da der Gehalt derselben von den innersten bis zu den äussersten Schichten der Zellwände zunimmt, so zeigen diese dementsprechend eine allmähliche Abnahme in der Intensität der Blaufärbung, welche durch dieses Reagens veranlasst wird. Es sind daher in der Regel die subcuticularen Membranschichten, sowohl vor, als auch nach ihrer Umwandlung in Schleim entweder völlig farblos oder färben sich höchstens schwach gelb, während die innersten eine tief azurblaue Farbe anzu-

nehmen pflegen. Auf diese Erscheinung hat bereits Hanstein<sup>1)</sup> hingewiesen, denn er hatte sie bei der Untersuchung der Schleimzotten bei *Rumex Patientia* ebenfalls beobachtet. Um einen näheren Einblick in diese Verhältnisse zu gewinnen, habe ich den Versuch gemacht, die Methoden, welche Mangin<sup>2)</sup> und Gilson<sup>3)</sup> zum Nachweis der Cellulose einerseits und der Pectinstoffe andererseits angegeben haben, für meine Untersuchungen nutzbar zu machen, allein der Erfolg entsprach nicht den gehegten Erwartungen. Denn es wollte mir nicht gelingen, bei Schleimhaaren von *Limnanthemum nymphaeoides*, welche auf Behandlung mit Chlorzinkjod einen schwachen Anflug einer blavioletten Färbung zeigen, die Cellulose mit Kupferoxydammoniak aus den Zellwänden zu entfernen. Ebenso wenig war dies mit den Pectinstoffen, welche durch eine wässrige Lösung von oxalsaurem Ammon aufgelöst werden, der Fall. Nur schien es mir, als ob nach längerem Erhitzen der Schnitte in dieser Lösung die Reaction auf Cellulose deutlicher hervorgetreten wäre, was einer theilweisen Auflösung der Pectinstoffe zugeschrieben werden müsste. Es kann hiernach keinem Zweifel unterliegen, dass beiderlei Stoffe an dem Aufbau der Zellwand theilhaftig sind. Dass aber die subcuticularen Membranschichten kurz vor ihrer Umwandlung in Schleim nur aus Pectinstoffen bestehen, geht unter Anderem auch aus deren Verhalten gegen concentrirter Essigsäure hervor. Durch deren Einwirkung werden dieselben nämlich binnen kürzester Zeit zerstört, so dass infolge dessen die Cuticula von der darunterliegenden Zellwand abgehoben wird (Fig. 1). Bei nachträglicher Behandlung mit Chlorzinkjod beobachtet man, dass die zurückgebliebene Zellwand aus einer von Pectinstoffen durchsetzten Cellulose besteht, welche in ihrer azurblauen Färbung eine zarte Abstufung von ihren innersten bis zu ihren äussersten Schichten erkennen lässt.



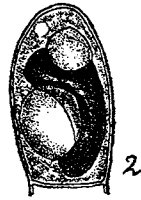
Was den Inhalt der schleimbildenden Zellen betrifft, so zeigt derselbe trotz der äusseren Verschiedenheit in der Ausbildung der

1) Hanstein, l. c.

2) Mangin, Louis, Sur la présence des composés pectiques dans les végétaux, Bull. d. l. Soc. bot. de France T. 109, 1889, II, p. 579. — Mangin, Louis, Sur les réactifs colorants des substances fondamentales de la membrane, ib. 1890, II, T. 111, p. 120. — Mangin, Louis, Sur la substance intercellulaire, ib. T. 110, p. 295 (nach A. Zimmermann's Botanischer Mikrotechnik).

3) Gilson, E., La cristallisation de la cellulose et la composition chimique de la membrane cellulaire végétale. La Cellule t. IX, 2 fasc., p. 397—441. (Ref. i. d. Bot. Ztg. 1893, 20, p. 309—314.

Schleimorgane bei den einzelnen Wassergewächsen, doch eine wesentliche Uebereinstimmung in seinem Aufbau. Ein meist feinkörniges Protoplasma bildet einen dünnen Beleg an der Innenseite der Zellwand. Es enthält einen kleinen, in der Regel linsenförmig ausgebildeten Zellkern, welcher in der Mehrzahl der Fälle ohne besondere Schwierigkeiten aufzufinden ist. In seinem Inneren umschliesst es eine grössere oder mehrere kleinere Vacuolen. Von anderen Inhaltskörpern in diesen Zellen ist nur eines Secretes, welches zwar nicht in den Schleimorganen aller, aber doch immerhin der meisten untersuchten Wassergewächse vorkommt, zu gedenken. Es geht aus der Thätigkeit des Protoplasmas hervor und sammelt sich in grösseren oder geringeren Massen in der Zelle an. Es bildet alsdann vielfach mehrere einzelne Ballen von unregelmässig kugelig Form. Zuweilen fliesst es aber auch zu grossen einheitlichen Ballen, welche unter Verdrängung der Vacuolen fast den ganzen Innenraum der Zelle erfüllen, zusammen (Fig. 2). Es hat dieser bei den Wassergewächsen sehr verbreitete Körper schon früher die Aufmerksamkeit verschiedener Forscher, wie Benjamin, Eichler und Vöchting auf sich gelenkt. Eine nähere Kenntniss desselben haben wir erst den neuesten Untersuchungen von M. Raciborski, welche vor kurzem in den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft<sup>1)</sup> zur Veröffentlichung gekommen sind, zu verdanken.



Sowohl in ihrer Entstehung, als auch in ihrem Aussehen zeigen die Ballen dieses Secretes eine grosse Aehnlichkeit mit Gerbstoffvacuolen, mit denen sie auch in anderer Beziehung manche Uebereinstimmung zeigen. So theilen sie mit einander das Vermögen aus verdünnten Lösungen Methylenblau in reichlichen Mengen in sich aufzuspeichern. Ferner erfahren sie sowohl bei Einwirkung von Osmiumsäure, als auch bei Behandlung mit Eisensalzlösungen eine unzweideutige Schwärzung. Diesen Reactionen ist indessen kein besonderer Werth beizumessen. Denn aus dem Verhalten des Secretes bei Behandlung mit warmer concentrirter Eisenchloridlösung geht ohne weiteres hervor, dass in diesen Ballen weder ein eisenbläuender, noch ein eisengrünender Gerbstoff vorhanden ist. Bei Einwirkung dieses Reagens färbt sich nämlich dieser Körper niemals tiefschwarz, sondern nur braun.

Aus dem übereinstimmenden Verhalten, welches die Ballen im Inneren der Schleimhaare mit den zwischen Cuticula und Zellwand

1) M. Raciborski, l. c.

angesammelten Schleimmassen bei Einwirkung von Essigsäure gezeigt haben, hat Schrenk<sup>1)</sup> den Schluss gezogen, dass diese Ballen als Schleim zu betrachten seien, welcher im Inneren der Zellen entstände und durch die Zellwand hindurch nach aussen trete. Für eine derartige Auffassung sprach namentlich die Speicherung von Pierin-Nigrosin durch das Secret, worin nach den Angaben von W. Gardiner und T. Ito<sup>2)</sup> ein besonders geeignetes Erkennungsmittel für Schleim zu erblicken sei. Dass man auch dieser Reaction ebenso wie so manchen anderen für diesen Zweck vorgeschlagenen kein besonderes Vertrauen entgegenbringen darf, beweist das merkwürdige Verhalten des Secretes einer grossen Anzahl anderer Reagentien gegenüber. In dieser Richtung hat bereits Vöchting eine Reihe von Beobachtungen gemacht, aus denen sich die Löslichkeit dieses Körpers in Alkohol, Glycerin und Kalilauge ergeben hat. Raciborski hat diese Untersuchungen noch auf eine grosse Reihe von anderen Substanzen ausgedehnt. Aus denselben ging hervor, dass er auch in Chloralhydrat, Ammoniak und Eisessig löslich ist, während er in concentrirter Salz-, Schwefel- und Salpetersäure keinerlei Veränderungen erleidet. Durch die Einwirkung dieser letztgenannten Flüssigkeiten nimmt er eine gelbe Farbe an, die unter gelindem Erwärmen in eine braune übergeht. Anilinsulfat und Kalinitrat verleihen ihm anfangs eine gelbe, später rothbraune Farbe. Bei Einwirkung von Diphenylamin und Schwefelsäure färbt er sich zuerst gelb, dann roth und zuletzt braun. Am bemerkenswerthesten ist aber die Erscheinung, welche das Secret unter Einwirkung von Vanillin und Coniferin, sowie von Salicyl-, Zimmt- und Anisaldehyd, Kreosol und Cuminol in Verbindung mit concentrirter Salzsäure zeigt. Es erhält dadurch eine kirschrothe Färbung, welche bekanntlich für die Gegenwart von Phloroglucin spricht. Es mag dahingestellt bleiben, ob das Secret mit diesem Glucosid in näherer oder entfernterer Beziehung steht. Nähere Aufschlüsse über die chemische Zusammensetzung desselben sind erst noch von der Zukunft zu erhoffen. Jedenfalls sprechen aber unsere seitherigen Erfahrungen für die wichtige Thatsache, dass wir in diesem Körper keinen Schleim vor uns haben, wie Schrenk seinerzeit angenommen hat.

Die an einer grossen Reihe von Wasserpflanzen ausgeführten Beobachtungen haben zu dem übereinstimmenden Ergebnisse geführt,

1) J. Schrenk, l. c.

2) W. Gardiner und T. Ito, on the structure of the mucilage-secreting cells of *Blechnum occidentale* L. and *Osmunda regalis* L. *Annals of Botany* I 1887/88.

dass bei der Verschiedenheit in der äusseren Form der Organe die Schleimbildung überall auf ein und dieselbe Art und Weise verläuft. Es löst sich an den hierzu bestimmten Zellen die Cuticula von der Zellwand ab, wodurch zwischen beiden ein Raum zur Ansammlung des gebildeten Schleimes entsteht. Letzterer besteht in einer mehr oder minder dichten und zähflüssigen Masse; er wird durch stark wirkende Säuren und Alkalien zerstört. Unter Einwirkung von Essigsäure geht er schon binnen kürzester Frist in Lösung. In Behandlung mit Jodjodkalium oder Chlorzinkjod nimmt er in der Regel nur eine gelbe Färbung an. Nur in ganz vereinzelt dastehenden Fällen ist eine Blaufärbung desselben wahrgenommen worden. Durch basisch essigsaures Bleioxyd entsteht eine Fällung in den Schleimmassen. Es bildet sich hierbei eine noch nicht näher bekannte Bleiverbindung, welche sich mit verdünnter Kaliumbichromatlösung in das gelbe Chromblei umsetzt. Diese Reaction hat sich zum Nachweis von Schleim in hervorragender Weise bewährt. Auf Einwirkung von salpetersaurem Quecksilberoxyd entsteht eine ähnliche Fällung, welche meines Wissens für diesen Zweck noch nicht weiter nutzbar gemacht worden ist.

Der Schleim hat die weitere Eigenschaft, gewisse Anilinfarbstoffe, wie Methylenblau, aus verdünnten Lösungen in reichlichen Mengen in sich aufzuspeichern. Es wird dies von Mangin als eine besondere Eigenthümlichkeit der Pectinstoffe bezeichnet. Es kann auch keinem Zweifel unterliegen, dass wir in dem Schleim, mit welchem die Wassergewächse ihre jungen Theile überziehen, einen derartigen Körper in mehr oder minder feinem Zustande vor uns haben. Es spricht hierfür der Umstand, dass er in einer Lösung von oxalsaurem Ammon, welche als ein ausschliessliches Lösungsmittel für Pectinstoffe gilt, ohne Hinterlassung des geringsten Rückstandes nach kurzer Dauer der Einwirkung aufgelöst wird.

Der Schleim besitzt nur eine sehr begrenzte Widerstandsfähigkeit gegen die verquellenden Wirkungen des Wassers. Indessen verhält er sich in dieser Beziehung bei den verschiedenen Wassergewächsen äusserst verschieden. So bildet er bei den meisten Nymphaeaceen eine sehr leicht verquellbare, bei den Gentianen und Polygonaceen dagegen eine gegen Wasser weit widerstandsfähigere Masse.

Die Bildung des Schleimes ist eine Streitfrage, welche, soweit sie sich auf die Pflanzenschleime überhaupt bezieht, seit einer Reihe von Jahrzehnten der Gegenstand vielseitiger Erörterungen gewesen ist. In Folge dessen liegt eine ausserordentlich umfangreiche Litte-

ratur hierüber vor, so dass an dieser Stelle auf ein näheres Eingehen auf dieselbe verzichtet werden muss. Was im Besonderen die Schleimbildung an den jungen Theilen der Wassergewächse angeht, so wurde auch diese Frage während dieser Zeit zu wiederholten Malen erörtert, ohne dass man dabei über denjenigen Standpunkt hinausgekommen wäre, welchen bereits der erste Forscher auf diesem interessanten Gebiete eingenommen hat. Es ist dies Joh. Hanstein<sup>1)</sup>, welcher im Jahre 1869 den Vorgang der Schleimbildung an den Schleimzotten einiger Polygonaceen in seinen Einzelheiten verfolgt hat. Er sagt hierüber Folgendes: Die Entstehung des Schleimes findet offenbar innerhalb der Zellmembran statt. Oft ist die Schleimbeule nicht allein nach aussen zu von einer scharf umschriebenen Cuticula umgeben, sondern auch gegen den Zellraum hindurch von einer wirklichen, von doppelter Linie gezeichneten Membran umgrenzt. Zuweilen aber auch verschwindet die innere Zellhautschicht gegen den Schleim und die Umgrenzung des Protoplasmas zu allmählich ohne scharfen Umriss. In anderen Fällen sieht man die Blasenbildung dadurch eingeleitet, dass die äussere Wand einer Zottenzelle sich durch feine Längsspalten in zwei Blätter zu theilen beginnt, die alsdann aus einander treten. Nimmt man hierzu den Umstand, dass bei Behandlung mit Chlorzinkjod zuweilen die innere Lage der aufquellenden Zellhaut bis zu einer scharfen Grenzlinie gebläuet wird, während die äussere Hälfte farblos bleibt, so erhellt eben, dass die schleimgebende Substanz, das „Collagen“, zunächst als eine mittlere Zone in der Wand auftritt.

Für die Richtigkeit seiner Auffassung sprechen vielerlei Gründe. Vor allem kann es bei ausgedehnten Beobachtungen nicht leicht entgehen, dass die Haargebilde, welche bereits der Schleimbildung unterlagen, einen merkbaren Verlust an Wandmasse aufweisen, welche nur aus der Verquellung eines Theiles der Membranschichten zu erklären ist. Ferner spricht der Umstand, dass die schleimgebende Schicht, das Collagen, vor Eintritt der Verquellung durch Essigsäure zerstört werden kann, dafür, dass der Schleim bereits als vorgebildete Masse in der Zellwand vorhanden ist.

Dass der Schleim aus dem Inneren der Zelle stammen könne, ist neuerdings von Schrenk ebenfalls in Frage gezogen worden. Dieser Forscher hat einen Vergleich zwischen der Schleimbildung, welche er an den Schleimhaaren von *Brasenia peltata* näher unter-

1) Hanstein, l. c.

sucht hat, und jenen Vorgängen, die sich in Drüsenhaaren bei der Abscheidung des Secretes abspielen, gezogen. Obwohl de Bary in seiner vergleichenden Anatomie sich dahin äusserte, dass das Auftreten der Secrete zwischen Cuticula und Zellwand nicht im Sinne eines Durchganges grosser optisch definirbarer Massen durch die Membran gedeutet werden dürfte, so glaubte Schrenk in Bezug auf den Schleimbildungsvorgang dennoch gegentheilliger Ansicht sein zu müssen. Er sucht dies in folgender Weise zu begründen: „I venture to suggest that the hairs of *Brasenia* may form another exception. In the first place we do observe „large optically determinable masses“ in the interior of the hair which are similar to the secreted masses diminishing as the secretion — in the sac — increases, and which finally disappear. Moreover we have seen that by destroying the restrictive power of the enclosing protoplasm, we can cause the rapid passage of those masses through the cellulose of the wall; for we cannot well believe that in the very short time during which this passage is completed, a transformation of a portion of the cell wall into mucilage has taken place. As another proof for the direct passage of the mucilage through the wall must be considered the absence of any swelling or striation of the cellulose layer after the rupture of the sac and while the mucilage in the hair continues to diminish and disappear. We may therefore, assume that the increasing turgor inside of the hair forces the mucilage through the surrounding protoplasm and through the cellulose layer of the wall.“

Der Verfasser dieser Zeilen hat also das in der Zelle eingeschlossene Secret und den Inhalt der dieselbe umgebenden Schleimbeule auf ihr übereinstimmendes Verhalten gegenüber der Einwirkung von Essigsäure, sowie anderer Stoffe für ein und denselben Körper angesehen, während sie doch ihrer chemischen Zusammensetzung nach von einander grundverschieden sind. Dass das als „Myriophyllin“ bezeichnete Secret zur Schleimbildung in keiner engeren Beziehung steht, geht unter Anderm aus der Thatsache hervor, dass es sich z. B. bei *Nuphar luteum* auch in solchen Haargebilden, welche niemals zur Schleimbildung dienen, vorfindet. Andererseits gibt es aber auch Schleimorgane, in deren Zellen dieser Körper niemals gebildet wird. In Hinblick auf die bereits früher über die chemischen Eigenschaften des Schleimes einer- und des Secretes andererseits mitgetheilten Thatsachen werde ich es mir wohl ersparen können, weitere Beweise gegen die Richtigkeit der von Schrenk vertretenen Anschauungen zu erbringen.

Da die Vorstellungen, welche sich Schrenk über den Verlauf der Schleimbildung gebildet hatte, den thatsächlichen Verhältnissen nicht entsprechen, so bleibt die von Hanstein vertretene Auffassung dieses Vorganges vor der Hand noch zu Recht bestehen. Wenn demnach der Schleim aus der Umwandlung der subcuticularen Schichten der Zellwände hervorgeht, so muss derselbe in irgend einer Form schon vor dem Eintritt der Verquellung an Ort und Stelle sein. Dass dies thatsächlich der Fall ist, geht aus der Thatsache hervor, dass die subcuticularen Membranschichten eines noch nicht zur Schleimbildung übergegangenen Haares durch Essigsäure zerstört werden können. Es tritt nun an uns die auch bereits von Hanstein aufgeworfene Frage heran, ob die Masse dieser schleimgebenden Schichten schon als solche in der Zellwand abgelagert worden ist oder aber erst aus der Umwandlung von Cellulose hervorgeht. Da diese Frage zu eng mit den molecularen Vorgängen beim Wachsthum der Zellwände zusammenhängt, so begegnet deren Beantwortung sehr grossen, ja unüberwindlichen Schwierigkeiten. Nach der Auffassung von Walliczek<sup>1)</sup> (dem übrigens die Angaben über die Schleimbildung bei Wasserpflanzen ganz unbekannt geblieben sind), würde der Schleim thatsächlich als solcher in der Zellwand abgelagert und unter Zutritt von Wasser aus dem zuvor festen in den zähflüssigen Zustand übergehen. Wie bei allen derartigen Fragen lässt sich auch bei dieser ein unmittelbarer Beweis vom Gegentheil nicht erbringen, sondern höchstens einige Thatsachen sammeln, welche für oder gegen eine solche Auffassung sprechen. Man sollte eigentlich annehmen, dass es an der Hand der Entwicklungsgeschichte möglich sein müsste, das Auftreten der Schleimschicht in der im Wachsthum begriffenen Zellwand in seinen Anfängen festzustellen. Es würde indessen dadurch ebenso wenig eine sichere Handhabe zur Entscheidung dieser Frage gewonnen, da sich auch auf diesem Wege nicht ermitteln lassen wird, ob auf der gefundenen Entwicklungsstufe des Haares das Auftreten der später verschleimenden Membranschichten durch einen Vorgang der einen oder der anderen Art bedingt ist. Nur ein einziges Moment scheint mir für die Entscheidung dieser Frage von besonderer Bedeutung zu sein. Es spricht dafür, dass der Schleim aus der Umwandlung von Cellulose hervorgeht. In der Regel färbt sich derselbe in Behandlung mit

---

1) H. Walliczek, Studien über die Membranschleime vegetativer Organe. Pringsheims Jahrbücher f. wissenschaftliche Botanik Bd. XXV, Heft 2, p. 209—277.

Chlorzinkjodlösung nur gelb. In ganz vereinzeltten Fällen ist jedoch auch eine Bläuung desselben durch die Einwirkung dieses Reagens beobachtet worden. Eine derartige Wahrnehmung hat z. B. Hanstein an dem Schleim, welcher von den Schleimzotten von *Rumex Patientia* gebildet wird, in einem einzigen Falle gemacht. Bei der Untersuchung des Schleimes von *Limnanthemum nymphaeoides* habe ich diese Erscheinung ebenfalls ein einziges Mal wahrgenommen. Ich kann mir das Zustandekommen derselben nicht anders erklären, als dass bei der Bildung dieser Schleimmassen eine unvollständige Umwandlung von Cellulose in Pectinstoffe stattgefunden hat. Aus dem gleichzeitigen Vorhandensein dieser beiden Stoffe in dem Schleim erklärt sich das Auftreten jener prachtvollen azurblauen Färbung, welches die Behandlung desselben mit Chlorzinkjodlösung zur Folge hatte.

### Die Bedeutung des Schleimes für das Leben der Pflanze.

Es ist in der jüngsten Zeit mehrfach die Frage nach der Bedeutung des Schleimes für das Leben der Wassergewächse erörtert worden. Stahl<sup>1)</sup> glaubte den Zweck desselben in dem Schutz der jungen Pflanzentheile vor den Angriffen von Thieren erblicken zu sollen, während er seine angebliche Bedeutung als Regulator der Wasserabgabe solange noch in Zweifel ziehen möchte, als nicht beweiskräftigte Versuche hierüber vorliegen. Dagegen sieht Goebel<sup>2)</sup> aber gerade die hervorragendste Aufgabe des Schleimes in seiner Eigenschaft, eine äusserst langsam verlaufende Wasserverschiebung in seinem Inneren zu ermöglichen. In seinen Pflanzenbiologischen Schilderungen hat er eine Reihe von Versuchen mitgetheilt, durch welche er zu beweisen versuchte, dass Schleim in Form von Agar-Agargallerte nur äusserst langsam von Salz- und Farbstofflösungen durchdrungen werden kann. Er zog hieraus den Schluss, dass auch der Schleim auf den jungen Theilen der Wassergewächse als ein Mittel zum Schutz derselben vor der unmittelbaren Berührung mit dem nassen Elemente betrachtet werden muss. Zur Verhinderung von Thierfrass und Algenbesiedelung kann nach seiner Ansicht der Schleim wohl das Seinige beitragen, allein seine Rolle in dieser Beziehung kann nur eine untergeordnete sein.

Diese Ansicht wurde von manchen Seiten als ungenügend begründeterachtet. Namentlich hat Schenck<sup>3)</sup> Einwände gegen Goebel's

1) Stahl, Pflanzen und Schnecken (Jena 1888) pag. 180.

2) Goebel, Pflanzenbiologische Schilderungen II. Bd., 2. Hlfte., p. 232 ff.

3) Schenck, H., Bot. Ztg. 1893, Nr. 24, pag. 375.

Beweisführung erhoben und sich zu Stahl's Auffassung von der Bedeutung des Schleimes als Schutzmittel gegen den Angriff von Thieren und die Besiedelung durch Pflanzen bekannt, ohne für diese Auffassung Gründe beizubringen und ohne Beachtung der von Goebel gegebenen Hinweise auf das Verhalten der Wurzelhaare, der Samen mancher Wasserpflanzen, vieler Algen und Wasserthiere.

Zur Entscheidung darüber, welche von den beiden geäußerten Auffassungen mehr Berechtigung für sich in Anspruch nehmen kann, sind über die Verbreitung der Schleimbildung, sowie über die verschiedene Art und Weise ihres Auftretens umfassendere Untersuchungen nothwendig, als sie bis dahin hierüber vorlagen. Denn es lässt sich von vornherein erwarten, dass sich hierbei wohl nähere Beziehungen zwischen Knospensbau und Schleimbildung finden lassen würden. Unter Umständen konnten dieselben mancherlei Anhaltspunkte für die Entscheidung der vorliegenden Fragen bieten. Es hat sich nun bei den hierüber angestellten Untersuchungen ergeben, dass nur bei verhältnissmässig wenigen Pflanzen, die noch zuvor in der Knospe eingeschlossenen Blätter und Blüthen bei ihrer Entfaltung noch mit Schleimüberzügen bedeckt sind. Hierzu gehören vor allem die beiden Vertreter der Familie der Nymphaeaceae-Calomeae, deren Knospen in ihrem Aufbau die Eigenthümlichkeit aufweisen, dass die einzelnen Bestandtheile derselben in freier Stellung um den Vegetationspunkt herum angeordnet sind. Die Entwicklung dieser Organe vollzieht sich also nicht unter dem Schutze solcher Gebilde, wie sie die Knospen bei der Mehrzahl der übrigen Wassergewächse zu diesem Zwecke besitzen. Die neugebildeten Pflanzentheile treten daher schon sehr frühzeitig aus der offenen Knospe hervor. Da deren Entwicklung in ihrem ganzen Verlaufe von der Schleimbildung begleitet ist, so sind dieselben noch mit einem Schleimüberzug bedeckt, wenn sie schon um ein beträchtliches Stück zwischen den übrigen Bestandtheilen der Knospe hervorragen. Nur in einem solchen Falle wäre es denkbar, dass sie einem Angriff von Thieren oder einer Besiedelung durch Pflanzen, welche allenfalls durch die vorhandenen Schleimüberzüge verhindert werden könnte, ausgesetzt sein dürfte. Bei den Utricularien und Myriophyllen, welche auch bei dem Aufbau ihrer Knospen keine besonderen Einrichtungen zum Schutz ihrer jungen Blätter und Blüthen treffen, liegen die Verhältnisse insofern schon wesentlich anders, als der Vegetationspunkt mit seinen jüngsten Blattanlagen von den älteren muschelartig geformten Knospentheilen fest umschlossen wird. Da namentlich die Winterknospen dieser Pflanzen auf ihrer Oberfläche mit einer mächtigen

Schleimschicht bedeckt sind, so wäre es auch in diesem Falle nicht als ausgeschlossen zu betrachten, dass sie dadurch von dem Angriff von Thieren oder vor der Besiedelung durch Pflanzen geschützt werden.

Der geringen Anzahl von Pflanzen, welche in ihrem Knospenbau solch einfache Verhältnisse aufweisen, wie sie soeben dargelegt worden sind, treten diejenigen Wassergewächse gegenüber, bei denen zum Zustandekommen eines festen Zusammenschlusses ihrer jungen Theile innerhalb der Knospe die Ausbildung der verschiedenartigsten Nebenorgane herangezogen wird. Ich erinnere hier nur an die Entwicklung von Stipulargebilden bei den Nymphaeaceen, an die Verbreiterung des Blattgrundes zu einer stengelumfassenden Scheide bei den Ranunceln und Gentianen, an die Entstehung einer Tute durch Verwachsung von Nebenblättern mit dem Blattstiel bei den Polygoneen u. s. w. Einrichtungen, durch deren Mitwirkung an dem Aufbau der Knospe an und für sich schon ein Angriff von Thieren auf die jungen Theile der betreffenden Pflanzen oder eine Besiedelung derselben durch Algen fast gänzlich ausgeschlossen erscheint. Zur Erreichung dieses Zweckes dürfte die Mitwirkung des Schleimes in solchen Fällen kaum in Betracht kommen, denn die Bildung desselben vollzieht sich schon zu einer Zeit, wo die jungen Theile der Pflanze noch in der Knospe eingeschlossen zu sein pflegen. Sie hat alsdann meistens in demjenigen Theile der letzteren, wo die Blätter und die Blüthen am Abschluss ihrer Entwicklung angelangt sind, ihr Ende längst erreicht. Die vorhandenen Schleimmassen verschwinden alsdann in der Regel, sobald die beginnende Entfaltung dieser Organe den Zutritt des Wassers zu demselben gestattet. Zur Beobachtung dieser Erscheinung bieten z. B. *Limnanthemum nymphaeoides*, *Potamogeton natans* und *rufescens*, sowie *Vallisneria spiralis* die beste Gelegenheit. In demjenigen Entwicklungszustande, in welchem beispielsweise eine Besiedelung durch Algen stattfinden könnte, besitzen die jungen Blätter und Blüthen dieser Gewächse ihre Schleimüberzüge in der Regel nicht mehr. Auf Grund dieser Wahrnehmungen erscheint wohl die Annahme gerechtfertigt, dass die Bedeutung des Schleimes als Schutzmittel der Pflanzen gegen den Angriff von Thieren und gegen die Besiedelung durch Algen nur eine untergeordnete sein kann.

Aber nicht nur auf indirectem, sondern auch auf directem Wege lässt sich der Beweis erbringen, dass sich dies so verhält. Was zunächst die Bedeutung des Schleimes zum Schutz der Wasserpflanzen gegen Thierfrass betrifft, so hat sich bei der Untersuchung der Winterknospen von *Elodea canadensis* herausgestellt, dass trotz des Schleimes der

darin eingeschlossene Vegetationspunkt in vielen Fällen durch kleine Thiere zerfressen war. Eine ähnliche Beobachtung hat Raciborski an *Nuphar advena*, welche in den zusammengerollten Hälften ihres Blattes neben einer reichen Flora von Bakterien eine Unzahl von Anguillulen beherbergte,<sup>1)</sup> gemacht.

Was die Besiedelung der jungen Pflanzentheile durch Algen anbelangt, so dürfte dieselbe durch die Bildung des Schleimes wohl kaum verhindert werden können. Denn durch die Untersuchungen von Reinke<sup>2)</sup> und Merker<sup>3)</sup> ist festgestellt worden, dass die Schleimkanäle in dem Stamm von *Gunnera macrophylla* die Niststätte für den einwandernden *Nostoc Gunnerae* bildet. In gleicher Weise ergreift auch der *Nostoc Azollae* von den schleimerfüllten Höhlen des Blattes von *Azolla caroliniana* und *Azolla filiculoides* Besitz. Nach der von Stahl vertretenen Ansicht wäre eher das Gegentheil zu erwarten.

Dass die Bedeutung des Schleimes darin zu suchen ist, die unmittelbare Berührung der jungen Pflanzentheile mit Wasser so lange zu verhüten, bis die Cuticularbildung den nöthigen Schutz vor dessen Eindringen in die jungen Zellen zu gewähren vermag, hat Goebel durch eine Reihe von Versuchen, welche er mit Schleim in Form von Agar-Agargallerte angestellt hat, wahrscheinlich zu machen gesucht.

Um in dieser Frage zu unanfechtbareren Ergebnissen zu kommen, habe ich meine Versuche mit Hilfe der mir zur Gebote stehenden Methoden an den Pflanzen selbst vorgenommen. Es war daher nothwendig, der Flüssigkeit, in welcher sie sich befanden, eine derartige Zusammensetzung, welche ihr Vordringen in den Schleim zu verfolgen gestatten würde, zu geben. Dies konnte zunächst durch Zusatz eines Farbstoffes, welcher aus sehr verdünnten Lösungen durch den Schleim in reichlicher Menge gespeichert wird, geschehen. Zu diesem Zwecke schien sich das von Pfeffer zur Lebendfärbung verwendete Methylenblau in wässriger Lösung am besten zu eignen. An Knospen von *Limnanthemum nymphaeoides*, welche bisher in Alkohol aufbewahrt und zur Entziehung des letzteren auf einige Zeit in Wasser gelegt worden waren, wurde diese Versuchsanstellung auf ihre Brauchbarkeit geprüft. Durch den hierbei erzielten Erfolg wurde meine Erwartung noch weit übertroffen, da der durch Alkohol fixirte Schleim eine

1) Nach einer mündlichen Mittheilung des Herrn Raciborski.

2) Reinke, Untersuchungen über die Morphologie der Vegetationsorgane von *Gunera*. Morphologische Abhandlungen. Leipzig 1873.

3) Merker, *Gunera macrophylla* Bl. Flora 1889, pag. 227 u. ff.

Speicherung des Farbstoffes nur an denjenigen Stellen erkennen liess, welche mit der Lösung sich in unmittelbarer Berührung befanden. Ein tieferes Eindringen derselben in die äusserst zähflüssige Masse hatte selbst nach 3—4 tägiger Versuchsdauer nicht stattgefunden.

Zu dem nämlichen Ergebniss führten auch die Versuche mit lebenden Pflanzen. Bei der Beschreibung derselben beschränke ich mich wohl der Einfachheit halber auf die Wiedergabe meiner Aufzeichnungen, welche ich mir über jeden einzelnen Versuch gemacht habe.

### *Limnanthemum nymphaeoides.*

#### I. Versuch.

Eine Pflanze wurde auf 24 Stunden in eine Lösung von Methylenblau in Wasser gebracht. Bei der Untersuchung ergab sich, dass die Knospe soeben im Begriff stand, die Scheide des sie umschliessenden Blattes zu öffnen. Auf dem Querschnitt durch den oberen Theil derselben zeigte sich, dass die Schleimmassen nur da den Farbstoff gespeichert hatten, wo sie mit ihm in unmittelbarer Berührung standen. Im unteren Theile der Knospe hatte die Farbstofflösung keinen Zutritt zu den Schleimmassen gefunden, wesshalb hier von einer Färbung derselben nichts zu bemerken war.

#### II. Versuch.

Zugleich mit dieser wurde noch eine andere Pflanze in dieselbe Farbstofflösung gebracht. Ihre Untersuchung wurde erst nach  $3 \times 24$  Stunden vorgenommen. Nach Entfernung der ausgewachsenen Blätter, an denen kein Schleim mehr aufzufinden war, zeigte die Knospe, welche noch vollends in der Scheide des sie umschliessenden Blattes eingehüllt war, auch nur eine Färbung des Schleimes an denjenigen Stellen, wo die Farbstofflösung ungehindert zutreten konnte. Ein tieferes Eindringen derselben in den Schleim war nicht zu beobachten.

#### III. Versuch.

Weiterhin wurde noch eine junge Pflanze, die  $6 \times 24$  Stunden in einer verdünnten Methylenblaulösung verweilt hatte, untersucht. Die Knospe war durch den scheidenartig verbreiterten Grund eines Blattes vollkommen eingeschlossen. Eine Färbung der vorhandenen Schleimmassen war nur an derjenigen Stelle, wo die Farbstofflösung unmittelbar hinzutreten konnte, zu beobachten.

*Vallisneria spiralis.*

## I. Versuch.

Eine ältere Pflanze wurde auf die Dauer von 24 Stunden in eine wässrige Lösung von Methylenblau gebracht. Bei ihrer Untersuchung zeigte sich, dass eine Färbung des Schleimes nur in demjenigen Theile der Knospe zu beobachten war, zu welchem die Lösung zutreten konnte.

## II. Versuch.

Zur gleichen Zeit wurde eine andere Pflanze in eine Lösung von derselben Zusammensetzung eingesetzt, aber erst nach Ablauf von  $3 \times 24$  Stunden der Untersuchung unterworfen. Der Erfolg war der nämliche.

## III. Versuch.

Auch nach Verweilen von  $6 \times 24$  Stunden liess sich kein tieferes Eindringen der Farbstofflösung in das Innere der Knospe beobachten.

Gegen das in den bisherigen Versuchen angewandte Verfahren liesse sich vielleicht einwenden, dass an den oberflächlich gelegenen Schichten des Schleimes die einzelnen Theilchen des Farbstoffes bei ihrem Eindringen festgehalten werden, während die entfärbte Flüssigkeit unbemerkt nach innen vorzudringen vermag. Um einem derartigen Einwurf zu begegnen, schien es mir geboten, die Versuchspflanzen in eine Lösung eines für diese unschädlichen Salzes, welches beim Zusammentreten mit einem anderen Körper eine leicht ausführbare Reaction gibt, zu bringen. Durch die Ermittlungen, welche von einer Reihe von Forschern über die Wege des Transspirationstromes gemacht worden sind, haben wir einige Methoden kennen gelernt, wodurch die Wanderung des durch die Wurzeln aufgenommenen Wassers im Inneren der Pflanzen verfolgt werden kann. Dieselben beruhen grösstentheils auf der Anwendung von Eisensalzen. Nach dem Vorgange mancher Forscher das leicht zersetzbare Eisenchlorid für meine Versuche zu verwenden, um mit Ferrocyankalium die Bildung von Berliner Blau zu veranlassen, schien mir um deswillen nicht geboten, da dieses Eisensalz nicht im Stande sein soll, die Zellwände zu durchdringen. Ich benutzte daher die von Bokorny<sup>1)</sup> vorgeschlagene Lösung von Eisenvitriol in Wasser im Verhältniss von 1:500 oder 1:1000, welche in das Innere der Zelle vorzudringen im Stande ist, ohne dass dadurch eine Störung in den Lebensvorgängen

1) Th. Bokorny, Die Wege des Transpirationstromes in der Pflanze. Pringsheim's Jahrbuch Bd. XXI (1890) pag. 472.

der Versuchspflanze hervorgerufen würde. Bei Anwendung dieses Verfahrens lässt sich von vornherein erwarten, dass der Schleim, falls auch er ebenso wie die Zellwand für eine derartige Eisensalzlösung durchdringbar ist, eine etwa stattfindende Wasserverschiebung durch die Bildung von Turnbull's Blau bei Zusatz von Ferridcyankaliumlösung, welche mit etwas Salzsäure zuvor angesäuert worden ist, erkennen lassen müsste. Auch diese Methode wurde an Knospen von *Limnanthemum nymphaeoides*, welche bis zu ihrer Verwendung in Alkohol aufbewahrt und zur Entziehung desselben auf längere Zeit in Wasser gelegt worden waren, auf ihre Brauchbarkeit geprüft, wobei sich herausstellte, dass der Eisenvitriol einer sehr raschen Zersetzung unterliegt. Es ist daher nothwendig, die angewandte Lösung in kurzen Zeiträumen wieder auf ihren Gehalt zu prüfen und nach Bedarf für deren Erneuerung zu sorgen. Die für die Versuche verwendeten Gefässe wurden bis zum Rande mit der Eisenvitriollösung angefüllt und gehörig verschlossen, um den unmittelbaren Zutritt der atmosphärischen Luft zu verhindern.

Auch an dieser Stelle beschränke ich mich nur auf die einfache Wiedergabe meiner Aufzeichnungen über die von mir angestellten Versuche.

### *Limnanthemum nymphaeoides.*

#### I. Versuch.

Eine junge Pflanze wurde auf 24 Stunden in eine Lösung von Eisenvitriol in Wasser (1 : 500) gebracht. Sie besass bereits mehrere vollkommen ausgewachsene Blätter ausser demjenigen, welches mit seinem verbreiterten Grunde eine Scheide um die Knospe bildete. Die mikroskopische Untersuchung der Pflanze zeigte auf dem Querschnitt der Knospe auf Zusatz von angesäuerter Ferridcyankaliumlösung nur an denjenigen Stellen, wo eine unmittelbare Berührung mit der Eisensulfatlösung stattgefunden hatte, die Bildung von Turnbull's Blau.

#### II. Versuch.

Eine austreibende Pflanze, deren Knospe von der Scheide eines Blattes vollkommen eingeschlossen war, wurde untersucht, nachdem sie dreimal 24 Stunden in der Eisenvitriollösung gelegen hatte. Es stellte sich auch hierbei heraus, dass ein tieferes Eindringen in die vorhandenen Schleimmassen nicht stattgefunden hatte.

#### III. Versuch.

Dasselbe Ergebniss hatte ein Versuch mit einer anderen Pflanze von gleicher Beschaffenheit nach sechsmal 24 Stunden.

*Vallisneria spiralis.*

## I. Versuch.

Auch bei dieser Pflanze fand nach 24stündigem Verweilen in einer Eisensulfatlösung eine Bildung von Turnbull's Blau auf Zusatz von Ferridcyankalium nur in den im äusseren Theil der Knospe befindlichen Schleimmassen statt. Weiter in das Innere der Knospe war die Lösung nicht vorgedrungen.

## II. Versuch.

Die Untersuchung einer Pflanze, welche dreimal 24 Stunden in der Eisensalzlösung sich befunden hatte, ergab nur in den oberflächlich gelegenen Schichten des Schleimes eine blaue Färbung auf Zusatz von angesäuertem Ferridcyankalium.

## III. Versuch.

Dasselbe Ergebniss hatte der Versuch mit einer Pflanze, welche auf die Dauer von sechsmal 24 Stunden in der Lösung verweilt hatte.

Wenn wir in Kürze die Ergebnisse dieser Versuche zusammenfassen, so kommen wir zu dem Schluss, dass der Schleim, welcher die jungen Theile der Wassergewächse umhüllt, kein Eindringen von Wasser in das Innere der Knospe gestattet. Es dürfte daher der Zweck desselben in dem Schutz der jugendlichen Pflanzenorgane gegen die unmittelbare Berührung des Wassers zu suchen sein. Es ist ja eine bekannte Thatsache, dass die Wasserpflanzen sich mit wenigen Ausnahmen vor den Landpflanzen durch den Besitz einer von einer dünnen Cuticula überzogenen Epidermis auszeichnen. Zwischen der Entwicklung derselben und der Schleimbildung dürfte aller Wahrscheinlichkeit nach eine Wechselbeziehung aufzufinden sein. Die jungen Pflanzentheile umgeben sich nur während ihrer Entwicklung mit Schleim, also offenbar nur so lange, bis ihre Epidermis in ihrer Ausbildung so weit vorgeschritten ist, dass sie ihnen den nöthigen Schutz vor dem Eindringen des Wassers in die noch zarten Gewebe zu gewähren vermag. Für das Bestehen einer Wechselbeziehung zwischen Oberhautentwicklung und Schleimbildung spricht die Art und Weise, wie diese Erscheinungen bei den verschiedenen Wassergewächsen auftreten. Pflanzen von zartem Bau, wie *Brasenia peltata*, *Limnanthemum nymphaeoides*, *Polygonum amphibium*, behalten ihre Schleimüberzüge so lange, bis die jungen Organe am Abschluss ihrer Entwicklung nahezu angelangt sind, während solche von derbem Bau, wie *Potamogeton natans*, *Zostera marina*, *Victoria regia* u. a. m., sie

schon sehr frühzeitig verlieren. Ein bis jetzt wohl ganz einzig dastehendes Beispiel für die Folgerichtigkeit, mit welcher das Ausbleiben der einen Erscheinung das Eintreten der anderen bedingt, ist *Nelumbium speciosum*, dessen Blätter wegen der eigenthümlichen Beschaffenheit ihrer Oberfläche keine Benetzung mit Wasser zulassen. Da in diesem Falle die Ausbildung der cuticularen Verdickungen auf der Aussenseite der Epidermiszellen schon im frühesten Jugendzustande der Blätter beginnt, so unterbleibt bei dieser Pflanze die Schleimbildung, welche bei allen übrigen Nymphaeaceen ausnahmslos offenbar deshalb anzutreffen ist, weil diesen der Besitz einer solch' mächtigen Cuticularbildung abgeht. Diese Verhältnisse lassen uns also erkennen, dass — gemäss der von Goebel vertretenen Anschauung — die Schleimbildung kaum einen anderen Zweck haben kann, als den unmittelbaren Zutritt des Wassers zu den jungen Pflanzentheilen so lange zu verhindern, bis diese in der Ausbildung ihres Oberhautgewebes so weit vorgeschritten sind, dass sie des Schleimes zu ihrem Schutze nicht mehr bedürfen. Durch den Verlauf ihrer Entwicklung mag es wohl bedingt werden, dass unter den verschiedenen Wassergewächsen diejenigen von derbem Bau schon zu früherer Zeit ihre Schleimbildung einstellen als solche, welche einen sehr zarten Bau aufweisen.

### Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die im Vorstehenden mitgetheilten Untersuchungen haben zu folgenden Ergebnissen geführt:

1. Die Bildung von Schleimüberzügen auf den noch in ihrer Entwicklung begriffenen Theilen ist eine bei den Wassergewächsen allgemein verbreitete Erscheinung.
2. Die Organe, welche zu diesem Zwecke dienen, sind bei den einzelnen hier in Betracht gezogenen Pflanzengruppen in den mannigfaltigsten Formen ausgebildet. Sie sind sammt und sonders trichomatischer Natur, denn sie besitzen die Gestalt von Haaren, Zotten, Schuppen u. s. f.
3. Die Bildung des Schleimes geschieht auf Kosten der Zellwand, deren äusserste Schichten zu diesem Zweck einer Umwandlung unterworfen werden. Es sammeln sich daher die gebildeten Schleimmassen stets zwischen der Cuticula und der Zellwand an. Die im Inneren mancher Schleimorgane vorkommenden Ballen eines bis jetzt noch nicht näher erforschten Inhaltsstoffes

(Raciborski's Myriophyllin) stehen mit diesem Vorgang in keiner näheren Beziehung.

4. Der Schleim ist als Schutzmittel der jungen Pflanzentheile gegen die unmittelbare Berührung mit Wasser anzusehen. Er erweist sich für Lösungen gewisser Salze und Farbstoffe in Wasser völlig undurchlässig, so lange er noch nicht in Verquellung begriffen ist. Er wird wahrscheinlich von der Pflanze nur so lange gebildet, bis die Entwicklung des Epidermalgewebes sowie der Cuticula so weit vorgeschritten ist, bis diese seine Aufgabe übernehmen können. Seine Rolle als Schutzmittel vor Thierfrass und Algenbesiedelung kann nur von untergeordneter Bedeutung sein.
-