

Systematisch-anatomische Untersuchung des Blattes der Hydrocharitaceen.

Von

H. Solereder, Erlangen.

Mit 53 Abbildungen im Text.

Anläßlich der Bestimmung einer zur Hydrocharitaceen-Gattung *Ottelia* gehörigen Pflanze, welche aus madagaskarischen, durch August Loher zugekommenen Samen im hiesigen botanischen Garten zur Blüte gelangt war, beobachtete ich Sekretzellen (Fig. 43 u. 46—47), die durch ihre Gestalt, ihren Chlorophyllgehalt und die Art der Sekretion sich besonders auszeichneten. Dieselben haben eine ellipsoidische, hantelförmige oder kugelige Gestalt, liegen in den einzellschichtigen Scheidewänden der Interzellularräume, wölben sich mit ihren beiden Seitenflächen in die Interzellularräume hinein und bringen an der Außenseite der Seitenflächen je einen Tropfen ätherischen Öles zur Ausscheidung. Eine Umschau nach der Verbreitung dieser Sekretionsorgane, die nur noch bei der Gattung *Boottia* (Fig. 50—53) konstatiert wurden, zeigte mir, daß bei anderen Hydrocharitaceen Sekretzellen von anderer Natur vorkommen, die zum Teil schon in der Literatur erwähnt sind, Sekretzellen mit hellem, harzigem oder öligem Inhalt und verschieden gestaltete gerbsäurehaltige Sekretzellen, deren Sekret in der lebenden Pflanze hell ist und die sogenannte Lindtsche Reaktion gibt, in der getrockneten Pflanze dagegen braungefärbt ist. Die Feststellung der Sekretzellen von Gattung zu Gattung erforderte eine genaue Untersuchung des Blattes, die im Herbarmaterial recht oft wegen der vielen anhaftenden Algen und des Zusammentrocknens des interzellularen Blattgewebes besondere Präparationsmaßnahmen notwendig machte. So dehnte sich die geplante Umschau weiter aus und es entstand die vorliegende Abhandlung. Beschäftigt mit Vorarbeiten für eine Systematische Anatomie der Monokotyledonen, wollte ich auch die Gelegenheit benützen, die Blattanatomie einer monokotylen Familie, die größtenteils submerse

Gewächse enthält, durch eigene systematische Untersuchung kennen zu lernen. Es ergaben sich hierbei auch spezielle systematische Resultate, welche namentlich in den Gattungskapiteln von *Halophila*, *Elodea*, *Lagarosiphon*, *Vallisneria*, *Ottelia* und *Hydrocharis* enthalten sind und für den künftigen Monographen der Familie von einigem Wert sein dürften.

Untersucht wurden alle Gattungen. Von *Blyxa*, *Lagarosiphon*, *Ottelia* und *Boottia* stand mir nur geringes Artmaterial zur Verfügung; die Untersuchung des gesamten nach den von mir gesichteten Verhältnissen möchte ich an dieser Stelle empfehlen. Das von mir benutzte Herbarmaterial stammt größtenteils aus dem Münchener Herbar (H. M.), dann auch aus dem hiesigen (H. E.). Material von *Elodea*-Originalien erhielt ich aus Kew und Paris, von *Lagarosiphon muscoides* aus Leipzig.

Allgemeiner Teil.

Die Hydrocharitaceen umfassen bekanntlich Süßwasser- und Meerespflanzen, deren Blätter eine verschiedene Gestalt und Größe haben, dabei entweder ganz untergetaucht bleiben oder sich ganz oder teilweise über dem Wasserspiegel erheben oder mit ihren Spreiten schwimmen. Für eine richtige Würdigung der anatomischen Struktur des Blattes für die Systematik ist es notwendig, die äußeren Gestaltungs- und die Lebensverhältnisse des Blattes zu berücksichtigen, weshalb zunächst kurz auf diese eingegangen werden muß. Einem ersten und einfachsten Blattpus gehören die untergetauchten, stiellosen, längeren oder kürzeren, einnervigen Blätter der Gattungen *Hydrilla*, *Elodea* und *Lagarosiphon* an. Ein zweiter Blattpus vereinigt die Familienangehörigen mit submersen, längeren bis sehr langen, grasblattartigen oder bandförmigen Blättern, die von mehreren Längsnerven durchzogen werden und auch Quernerven besitzen. Es sind dies zunächst die Gattungen *Vallisneria* (inkl. *Nechamandra*), *Blyxa*, *Enalus* und *Thalassia*. Diesen schließen sich noch an *Stratiotes*, dessen Blätter zum Teil über Wasser, zum Teil in ihrer ganzen Länge oder mit dem größten Teil ihrer Länge submers sind, und bestimmte *Ottelia*- und *Boottia*-Arten¹⁾ mit ihren submersen bandförmigen Blättern. Der dritte Blattpus zeigt die vorgeschrittene Differenzierung in einem Blattstiel und in eine verschieden gestaltete, stets stärker in die Breite entwickelte, mit mehreren Längsnerven und gewöhnlich auch Quernerven versehenen Spreite. Dahin gehören die untergetauchten Blätter von *Halophila*²⁾, die untergetauchten Blätter, sowie die Luft- und Schwimmblätter bei bestimmten *Ottelia*- und *Boottia*-Arten, die Schwimm- und Luftblätter von *Hydrocharis*, *Limnobium* und *Hydromystria*.

¹⁾ Bezüglich der Blätter von *Ottelia* und *Boottia* siehe Gürke, in Festschrift für Ascherson. Leipzig 1904. p. 534.

²⁾ *H. spinulosa* Aschers. hat nach Ascherson und Gürke (15) wenigstens einen verschmälerten Spreitengrund.

Die Mehrzahl der Hydrocharitaceen hat submerse Blätter. Dementsprechend findet sich bei der größeren Zahl der Gattungen eine Reihe von Strukturverhältnissen, welche den Blättern der submersen Pflanzen überhaupt eigen sind und welche bekanntlich durch H. Schenck (13) und andere festgestellt wurden. Dahin sind zu rechnen: Der Chlorophyllgehalt der Epidermis, der übrigens als vererbter Charakter allen Hydrocharitaceen zukommt, der Mangel der Stomata, das Fehlen von typischen Tracheen in den Nervenleitbündeln, die Entwicklung großer, oft luftgangartig ausgebildeter und dann von charakteristischen „perforierten Querdiaphragmen“ durchsetzter Interzellularräume, das Fehlen von Palisadengewebe und typischem Schwammgewebe, die Ausbildung des Mesophylls aus „erweiterten, tangential gestreckten“ Zellen, die meist in einschichtige, durch die Lufträume voneinander getrennte Gewebelamellen vereinigt sind, das seltene und meist auf den Blattrand beschränkte Vorkommen von Trichomen der Deckhaarform und das Fehlen von Drüsenhaaren, abgesehen von den weitverbreiteten sogenannten „Achselhäppchen“, die bisweilen Schleim sezernieren. Die einfachste Blattstruktur tritt bei den Blättern des ersten Typus, sowie bei der Gattung *Halophila* entgegen, bei welchen der größte Teil des Blattes, nämlich abgesehen von der nächsten Umgebung der Nerven, nur aus den beiden Epidermisplatten besteht, die fast ausschließlich die Assimilationsarbeit besorgen. Palisadengewebe und Spaltöffnungen finden sich nur in den aus dem Wasser hervortretenden Blatteilen von *Stratiotes* und in den Luft- und Schwimmblättern des dritten Typus. Was man nach den Ausführungen von Schenck (13, p. 9), der für die meisten submersen Blätter und Stengel das Fehlen der inneren Sekretbehälter hervorhebt, nicht erwarten konnte, das ist das häufige Vorkommen von Sekretzellen, welche nur bei vier Gattungen fehlen.

Besondere anatomische Verhältnisse, welche die ganze Familie charakterisieren und von anderen monokotylen Familien unterscheiden lassen, sind nicht vorhanden. Man kann in dieser Hinsicht nur anführen, daß der oxalsaure Kalk nie in Form von typischen Raphidenbündeln ausgeschieden ist und daß, wo Stomata vorkommen, in der Regel die Schließzellenpaare an beiden Längsseiten von je einer zum Spalt parallelen Nebenzelle begleitet sind. Dagegen haben sich zahlreiche Strukturverhältnisse, so insbesondere die nähere Beschaffenheit der Sekretzellen und ihres Sekretes, und dann die verschiedene Ausbildung der mechanischen Elemente, welche nicht überall in Einklang mit dem mechanischen Prinzip entwickelt sind (siehe auch Sauvageau [16]), als wertvoll für die Abgrenzung der Gattungen und Arten und die Bestimmung von sterilem Material herausgestellt.

Ich gehe nun zur näheren Besprechung der Blattstruktur über und beginne mit der Epidermis. Die Gestalt der gewöhnlichen Epidermiszellen, womit die Zellen der Blattfläche, ausschließlich der am Rand und über den Nerven gelegenen verstanden sein sollen, ist verschieden. Es lassen sich in dieser Hinsicht

namentlich in der Flächenansicht annähernd isodiametrische Epidermiszellen mit geradlinigen oder mit schwach oder etwas stärker gebogenen Seitenrändern und in der Flächenansicht vierseitige, in der Längsrichtung des Blattes gestreckte und dann zu meist in dieser Richtung reihenweise angeordnete unterscheiden. Mehr oder weniger isodiametrische Epidermiszellen mit geradlinigen Seitenrändern, also polygonal in der Flächenansicht, sind bei Arten von *Halophila*, *Elodea*, *Lagarosiphon*, *Vallisneria*, *Blyxa*, *Stratiotes*, *Ottelia*, *Boottia*, *Hydrocharis*, *Limnobium* und *Hydromystria* beobachtet, mehr oder weniger isodiametrische mit schwach welligen Seitenrändern bei Arten von *Halophila*, *Ottelia*, *Boottia*, *Hydrocharis*, *Limnobium* und *Hydromystria*, annähernd vierseitige und in deutliche Längsreihen angeordnete, kurz- bis langgestreckte bei Arten von *Hydrilla*, *Elodea*, *Lagarosiphon*, *Vallisneria*, *Blyxa*, *Enalus*, *Thalassia* (hier fast isodiametrisch), *Stratiotes* und *Boottia*. Die vierseitigen, in Längsreihen angeordneten Epidermiszellen finden sich namentlich in den schmalen Blättern, die besonders dem Wassertypus entsprechen. Die Anordnung der Zellen in Längsreihen parallel zur Blattlänge ist mitunter auch bei Arten, deren Zellen isodiametrisch-polygonal sind (Arten von *Elodea*, *Lagarosiphon*, *Vallisneria*, *Blyxa* und *Boottia*) oder wellige Seitenränder haben (*Ottelia Baumii*), zu beobachten. Tief und dabei breit wellig gebuchtete Seitenränder kommen nirgends vor. Die Zellen der oberseitigen Epidermis in den Schwimm- und Luftblättern von *Hydrocharis*, *Limnobium* und *Hydromystria* und in den Schwimmblättern von *Boottia Schinxiiana* haben kleinwellige bis kleinzackige Seitenränder, welche bei tiefer Einstellung geradlinig sind und bisweilen leistenförmige Vorsprünge in den Winkelscheiteln der Zacken zeigen. Von besonderen Verhältnissen der Epidermis sind die folgenden anzuführen. Bei *Hydrilla*, den meisten *Elodea*-Arten, *Lagarosiphon* und *Blyxa radicans* sind die Epidermiszellen der Blattunterseite in auffallender Weise nur etwa einhalbmal so breit als die oberseitigen, mitunter noch schmaler, so daß das Breitenverhältnis beider 1:3 ist. Die unterseitigen Zellen sind dabei mehr oder weniger stark gestreckt und machen oft den Eindruck eines mechanischen Gewebes. Eine typisch und hoch papillöse Epidermis auf beiden Blattseiten hat Balfour für die von ihm unter dem Namen *Halophila stipulacea* untersuchten Art (= *H. Balfouri* m.) angegeben. Bei bestimmten Arten von *Halophila*, *Elodea* und *Lagarosiphon* findet sich eine bemerkenswerte Struktur der Außenwände (Fig. 1—2). Man beobachtet in der Mitte der Außenwand in vielen oder einzelnen Epidermiszellen ein kreisförmig oder elliptisch abgegrenztes Mittelfeld, das nach der bei *Halophila* ausgeführten näheren Untersuchung von einer verdünnten Wandstelle gebildet wird. Bei *Lagarosiphon densus* sieht man zuweilen zwei einander sehr genäherte und konzentrische Kreis- oder Ellipsenlinien statt einer einzigen als Außengrenze eines körnigen Mittelfeldes. Ein ganz besonders bemerkenswertes Vorkommnis ist die faserförmige Ausbildung der am Blattrand gelegenen unterseitigen Epidermiszellen (Fig.

6—7) bei allen *Elodea*-Arten außer *E. densa* und *Najas*, deren Zugehörigkeit zu *Elodea* noch in Frage steht, und bei *Lagarosiphon muscoides* und *Schweinfurthii*. Diese Faserzellen schließen sich an die Blattkantenzellenreihe an, sind typisch prosenchymatisch, meist dickwandig und englumig, liegen zu 2—6 nebeneinander oder schieben sich wenigstens mit ihren Enden nebeneinander und erreichen bisweilen (*E. guianensis*) eine Länge von fast 1 mm. Sie erstrecken sich gewöhnlich vom Blattgrund ab den ganzen Rand hinauf bis zur Blattspitze, greifen aber um diese nicht herum. Bei *E. callitrichoides* wurde ein stellenweises Aussetzen dieser Randfasern längs des Blattrandes beobachtet; bei *E. guianensis* beginnen sie erst in einer Entfernung von $4\frac{1}{2}$ — $5\frac{1}{2}$ mm von der Blattbasis. Die in Rede stehenden Randfasern hat bereits Schenck (13, p. 17) für *E. canadensis* angegeben. Mögen sie das zarte Blatt gegen Einreißen schützen, auffallend und in systematischer Beziehung bemerkenswert ist, daß *Hydrilla verticillata*, welche so oft mit *E. canadensis* verwechselt wird, diese Randfasern nicht hat, wenn auch mitunter (siehe unter *Hydrilla*) die unterseitigen Randzellen stark gestreckt und in der Flächenansicht mit den Enden nach Art des Prosenchyms ineinander gekeilt sein können. Durch langgestreckte und stärkerwandige, aber parenchymatische Randzellen auf der Blattunterseite ist auch *Halophila ovata* var. *major* ausgezeichnet. Chlorophyllkörper trifft man überall in den Zellen der beiderseitigen Epidermis an. Sie finden sich nicht nur in der Epidermis der submersen Blätter und Blatteile, sondern auch in der Epidermis der über dem Wasserspiegel hervortretenden Blätter und Blatteile von *Stratiotes*, der Schwimmblätter von *Boottia Schinziana*, der Luft- und Schwimmblätter von *Hydrocharis*, *Limnobium* und *Hydromystria*. Nur erscheinen sie in den nicht-submersen Blättern und Blatteilen oft weniger zahlreich und heller grüngefärbt, wie z. B. schon die Untersuchung der Epidermis in den verschiedenen Teilen eines mit seinem Ende in die Luft ragenden und sonst submersen Blattes von *Stratiotes* zeigt.

Spaltöffnungen sind nur da entwickelt, wo die Blätter nicht ausschließlich submers sind. Sie fehlen am Blatt von *Halophila*, *Hydrilla*, *Elodea*, *Lagarosiphon*, *Vallisneria*, *Blyxa*, *Enalus*, *Thalassia*, *Boottia* z. T. und *Ottelia* z. T. Sie finden sich bei *Stratiotes*, dort reichlich auf den beiden Seiten der Luftblätter und der aus dem Wasser hervorragenden oberen Blatteile, nur zu wenigen und nur an der Blattspitze in den ganz submersen Blättern, dann bei *Ottelia* vereinzelt am Blattrand augenscheinlich submerser Blätter, an den Schwimmblättern von *Boottia*, *Hydrocharis*, *Limnobium* und *Hydromystria* in großer Zahl oberseits und an den Luftblättern der drei letztgenannten Gattungen reichlich ober- wie unterseits. Der Spaltöffnungstypus ist im allgemeinen ein einheitlicher. An das Schließzellenpaar ist rechts und links eine zum Spalt parallele Nebenzelle angelagert. Abweichungen von diesem Typus, Querwände in den Nebenzellen oder gewöhnliche Nachbarzellen kommen bisweilen (siehe unter *Stratiotes* und *Ottelia*) vor. Auch die bei *Elodea* nur an den Spitzen der äußeren Perigonblätter

entwickelten, fast kreisrunden und zu zwei oder mehreren beisammenliegenden Schließzellenpaare haben keine Nebenzellen. Die Spaltöffnungen sind nicht nur in den längsgestreckten Blättern von *Stratiotes* parallel zueinander und parallel zur Längsachse des Blattes gerichtet, sondern auch in den breiterflächig entwickelten Spreiten von *Boottia Schinziana*, *Limnobium* und *Hydromystria* auf größere Stücke der Blattfläche hin parallel zueinander, während sie bei *Hydrocharis* mehr unregelmäßig gelagert sind. In den Luft- und Schwimmblättern von *Boottia*, *Hydrocharis*, *Limnobium* und *Hydromystria* liegen die Stomata der Blattoberseite einzeln über den Atemhöhlen, während in den Luftblättern der drei zuletzt genannten Genera sich meist mehrere, selten einzelne Spaltöffnungen über jeder Luftkammer der unteren Mesophyllhälfte finden. Die Schließzellen haben nie stark verdickte Eisodialleisten. Die äußeren Kutikularleisten sind gut ausgebildet, die inneren, wo vorhanden, nur schwach. Ob der Spaltenverschluß überall auf der Annäherung der stark verbreiterten äußeren Kutikularleisten erfolgt, wie Haberlandt (in Flora, 1887, p. 100sqq. u. Taf. II, Fig. 6—7 u. 18) für *Limnobium Spongia* und *Hydrocharis morsus ranae* gezeigt hat, ist noch näher zu untersuchen. Hydathoden-Apparate, welche bekanntlich (siehe namentlich Minden, Beiträge zur anatom. und physiolog. Kenntnis Wasser sezernierender Organe, in Bibliotheca botanica, Heft 46, 1899, und die dort zitierte Literatur) an der Blattspitze von Wasserpflanzen nicht selten sind, kommen zunächst nach Weinrowsky (21, p. 19—20) in Form von Scheitelöffnungen („ouvertures apicales“ bei Sauvageau) bei *Stratiotes* vor, indem an den älteren Blättern das die Blattspitze bildende Haar auffällt und zuweilen auch noch benachbarte Zellen abgeworfen werden. Eine besondere Beschaffenheit der Epidermis an der rechts und links von je einem Randhaar flankierten Blattspitze ist bei sechs *Lagarosiphon*-Arten konstatiert und möglicherweise für das Genus charakteristisch; die Epidermis besteht an dieser Stelle, in direktem Anschluß an die Nervenendigung, aus einer Gruppe von abgerundeten kleineren und oft dünnwandigen Zellen, die sich hier und dort (*L. muscoides*) loszulösen beginnen. Eine ähnliche Struktur hat auch die Blattspitze von *Elodea crispa*.

Das Mesophyll zeigt rücksichtlich seiner stärkeren oder schwächeren Entwicklung, seiner Differenzierung und der Gestaltung seiner Zellen mannigfache Verschiedenheiten. Bei einer ersten Gruppe von Hydrocharitaceen, zu denen die Gattungen mit dem ersten und einfachsten Blatttypus, *Hydrilla*, *Elodea* und *Lagarosiphon*, sowie auch die mit einer deutlichen Blattspreite versehene Gattung *Halophila* gehören, besteht der größte Teil der Blattfläche nur aus den beiden Epidermisplatten. Grundgewebe (Mesophyll) ist bei *Hydrilla*, *Elodea* und *Lagarosiphon* nur in dem einzigen Nerven und dessen nächster Umgebung vorhanden, die zusammen bei stärkerer Entwicklung des Mesophylls ein mehr oder weniger schmales Mittelfeld der Spreite bilden, bei *Halophila* in ähnlicher Weise in der Umgebung des Mittelnerven, außerdem in den anderen Längsnerven und den Seitennerven. Dieses Grundgewebe, Nervenbegleitgewebe

und Mesophyll, besteht aus mehr oder weniger stark in der Richtung der benachbarten Nerven gestreckten Zellen, welche parallel zu den Nerven in Reihen angeordnet sind. In den breiteren Mittelfeldern mit reichlicher entwickeltem Mesophyll verlaufen in der Richtung des einzigen Nerven, beziehungsweise des Hauptnerven, in Ein- oder Mehrzahl auf den beiden Seiten des Nerven, breitere oder schmalere Interzellulargänge, welche durch mehrzellige Querdiaaphragmen oder einzelne Querzellen oder seitliche papillöse Ausstülpungen der Mesophyllzellen in den verschiedenen Niveaux der Spreite unterbrochen sind. Wo mehrere Luftgänge parallel nebeneinander verlaufen, sind sie voneinander durch Mesophyllstreifen getrennt, die nur eine Zelle breit sind. Bei *Hydrilla* beobachtete ich Mesophyll nicht überall, in Berührung mit dem medianen Leitbündelstrang 1—4 Zellreihen breit und ohne Interzellulargänge. Bei den meisten *Elodea*-Arten tritt zwischen dem Begleitgewebe des einzigen Nerven und dem zweizellschichtigen Spreitenteil ein mehr oder weniger deutlicher Interzellulargang entgegen. Bei *Lagarosiphon* schließt sich dem von Begleitgewebe umhüllten einzigen Nerv auf beiden Seiten zunächst je ein „innerer“ weiter oder schmaler Interzellulargang an, dann ein nur eine Zelle breiter und ein bis zwei Zellen dicker Mesophyllstreifen und noch weiter nach außen je ein zweiter schmaler „äußerer“ Interzellulargang; die Luftgänge sind nach oben und unten direkt von der Epidermis bedeckt. *Elodea crispera* und auch *Halophila ovata* schließen sich dem Lagarosiphontypus an. Balfour (10) zeichnet für die von ihm untersuchten *Halophila*-Arten rechts und links vom Hauptnerv ebenfalls je zwei und durch eine Zelle breite Grundgewebestreifen getrennte Luftgänge, dieselben aber noch beiderseits bedeckt von einer hypodermalen Mesophyllzellenschicht, was schon einen weiteren Fortschritt in der Entwicklung des Mesophylls bedeutet. Besondere Strukturverhältnisse sind noch für *Lagarosiphon* und *Halophila* anzuführen. Bei den meisten von mir geprüften *Lagarosiphon*-Arten ist das Mittelfeld, gewöhnlich rechts und links, von dem zweizellschichtigen Teil der Spreite, durch Sklerenchymfaserbündel abgegrenzt, welche dem Innengewebe des Blattes angehören und in der Längsrichtung des Blattes verlaufen. Bezüglich ihres Vorkommens oder Fehlens (bei *L. madagascariensis* und bisweilen bei *L. densus*), sowie ihrer Entwicklung in der ganzen Länge der Spreite oder nur in einem Teil derselben, auf beiden Seiten oder nur auf einer Seite des Nerven wurden bisweilen schon innerhalb der Art wechselnde Verhältnisse konstatiert, die im Gattungskapitel von *Lagarosiphon* näher angeführt sind. Alle *Halophila*-Arten zeigen in der Blattfläche stellenweise einzelne oder zu wenigen in eine Reihe angeordnete, schlauchförmige und mit etwas welligen Längsrändern versehene Zellen (Fig. 3—4), welche zwischen den beiden Epidermisplatten eingeschaltet sind und wohl als Mesophyllrudimente aufgefaßt werden müssen.

An *Lagarosiphon* schließen sich in der Struktur des Mesophylls zunächst die *Blyxa*-Arten, *Boottia kunenensis* und *Vallisneria alternifolia* und weiterhin *Vallisneria spiralis*, *Enalus* und *Thalassia*

mit ihren mehr oder weniger bandförmigen und von mehreren Längsnerven durchzogenen Blättern an. Bei ihnen nimmt im Gegensatz zu den bisher besprochenen Gattungen das Mesophyll fast immer die ganze Breite des Blattes ein. Einen Anklang an *Lagarosiphon* zeigen nur noch die *Blyxa*-Arten (Fig. 16) und *Boottia kunenensis*, insofern sich bei ihnen noch eine ganz schmale Randzone an den beiden Längsseiten des Blattes lediglich aus den beiden Epidermisplatten zusammensetzt und diese in ähnlicher Weise, wie bei *Lagarosiphon*, von dem dickeren Teil der Spreite durch ein dem Innengewebe des Blattes angehörendes Sklerenchymfaserbündel geschieden wird. Diesem Randfaserbündel liegt bei *Blyxa* an der Innenseite stellenweise das Leitbündel des äußersten Längsnerven an. Bei allen oben genannten Gattungen sind die Mesophyllzellen noch in Reihen parallel zur Längsachse des Blattes angeordnet und in dieser Richtung stark bis wenig und zum Teil auch nicht gestreckt; bei ihnen allen wird das Mesophyll in derselben Richtung von schmäleren oder weiteren Luftgängen, die durch fast immer nur eine Zelle breite und eine oder mehrere Zellen dicke Mesophyllstreifen voneinander getrennt und durch schief oder quergestellte einzellschichtige „kleinperforierte Querdiaphragmen“ oder auch dickere, die Quernerven des Leitbündelsystems enthaltende Scheidewände unterbrochen sind. Bei *Blyxa octandra*, *Vallisneria alternifolia* und *Boottia kunenensis* sind die Interzellulargänge nach oben und unten direkt von der Epidermis bedeckt, während bei *Vallisneria spiralis*, *Enalus* und *Thalassia* zwischen ihnen und der beiderseitigen Epidermis eine geschlossene hypodermartige Mesophyllzellenschicht eingeschoben ist. Die genaue Untersuchung in den verschiedenen Niveaux der Blattlänge, welche wegen Schonung des Herbarmaterials nur bei *V. spiralis* vorgenommen werden konnte, zeigte, daß dort in der Nähe des Mittelnerven, namentlich im unteren Teil des Blattes, mehrere Interzellulargänge übereinander in Richtung der Blattdicke vorkommen, während nach den Blatträndern hin zuerst eine sukzessive Abnahme der Zahl bis auf einen einzigen Gang in Richtung der Blattdicke stattfindet, sodann eine sukzessive Abnahme in der Weite dieser einzigen Luftgänge, bis schließlich auf dem Blattquerschnitt kein Luftgang mehr und nur ein ein bis zwei Zellen dickes Mesophyllgewebe entgegentritt. Die erwähnten perforierten Querdiaphragmen (Fig. 8—9, 12—13, 34, 37, 38, 41—42), welche bekanntlich bei den Wasserpflanzen häufig und auch wichtige Festigungseinrichtungen sind (siehe Le Blanc, Sur les diaphragmes des canaux aërières des plantes, in Revue gén. de Bot. XXIV, 1912, p. 232—243 u. pl. 10, sowie die dort zitierte Literatur) setzen sich aus relativ kleinen und flachen, polygonal-rundlichen bis kurzarmig-sternförmigen Zellen zusammen, welche kleine dreieckige bis größere runde Interzellularen zwischen sich nehmen, die die Perforation der Querwände verursachen. Für *Thalassia* allein ist das Vorkommen subepidermaler Sklerenchymfaserbündel¹⁾

¹⁾ Unter der Blattepidermis oder tiefer gelegene Sklerenchymfaserbündel zeigen nach Sauvageau (in Ann. sc. nat. Sér. 7. T. XIII. 1891. p. 103 sqq.)

charakteristisch, die aber nur in Beziehung zu den Längsnerven auftreten. Sie finden sich bei den beiden Arten der Gattung über und unter den Leitbündeln fast sämtlicher Längsnerven. Bei *Th. testudinum* sind sie auch in der Mittelrippe vorhanden, während sie dort bei *Th. Hemprichii* gewöhnlich fehlen. Bezüglich der bei *Enalus*, *Thalassia* und *Stratiotes* beobachteten kutikula-ähnlichen Auskleidungen der Interzellulargänge verweise ich kurz auf die Beschreibungen dieser Gattungen.

Die Struktur des Mesophylls in den breiteren und durchweg submersen Spreitenflächen der *Ottelia*-Arten schließt sich an die geschilderten Verhältnisse von *Vallisneria alternifolia*, die in den submersen Blättern, beziehungsweise Blatteilen von *Stratiotes* und in den dreikantigen submersen Blättern von *Boottia Aschersonia* an die von *V. spiralis* an. Bei *Ottelia* bringt es augenscheinlich die starke Flächenentwicklung der Spreite mit sich, daß das Interzellularsystem nicht mehr in Form von deutlichen Gängen entgegentritt und mit diesen auch die charakteristischen kleinperforierten Querdiaphragmen zurücktreten. Beide finden sich dagegen noch im Blattstiel (*O. alismoides*). Das ein- bis mehrschichtige Mesophyll (Fig. 44) bildet in der Flächenansicht des Blattes ein grobes oder feineres Maschennetz, dessen Maschen mitunter, namentlich in der Nachbarschaft der Nerven, noch von vierseitigen und in parallelen Reihen angeordneten, sonst aber von kleinen bis großen und mehr oder weniger polygonalen Interzellularräumen eingenommen werden, während die Wände zwischen den Interzellularen im allgemeinen nur eine Zelle breit sind. Nach oben und unten grenzen die Luft Räume, gleich den Luftgängen von *V. alternifolia*, gewöhnlich direkt an die Epidermis an; nur mitunter schließen, z. B. bei *O. alismoides* in der Nähe der großen Nerven, Zellen im Anschluß an die hypodermalen Zellen der Scheidewände über den Lücken hypodermartig zusammen. Die Zellen der Scheidewände sind verschieden gestaltet; häufig sind sie parallel zur Blattfläche gestreckt. In den submersen Blatteilen von *Stratiotes* ist der Verlauf und die Verteilung der Luftgänge eine ähnliche wie bei *V. spiralis*. Als wesentlicher Unterschied ist anzuführen, daß das gleich wie dort beschaffene Mesophyllgewebe reichlicher entwickelt ist. Nur im obersten Teil des submersen Blattes sind die Luftgänge durch eine einzige Zellschicht von der Epidermis getrennt, außerdem durch ein drei oder mehr Zellen dickes Mesophyllgewebe.

Es mag an dieser Stelle gleich beigefügt sein, daß die Blätter von *Stratiotes*, welche sich mit ihren Spitzen größere oder kleinere Strecken weit über dem Wasserspiegel erheben, in diesen Teilen unter der beiderseitigen Epidermis einen dicken unregelmäßig geschichteten Gewebemantel aus mäßig gestreckten palisadenartigen Zellen entwickeln, in der Mittelebene ihres Mesophylls aber auch noch die Fortsetzungen der Luftgänge des submersen Blatteiles

zahlreiche *Potamogetonaceae* (A. von *Zostera*, *Phyllospadix*, *Posidonia*, *Lepilaena*, *Potamogeton* und *Cymodocea*.) Dieselben stehen aber nur bei bestimmten *Cymodocea*-Arten in Beziehung zu den Nervenleitbündeln.

(auch mit den perforierten Querdiaphragmen) in einer Reihe aufweisen. Ein solches Blatt von *Stratiotes* demonstriert aufs schönste in seinem oberen und unteren Teil den Einfluß von direktem oder diffusem Licht auf die Zellengestalt des Assimilationsgewebes.

Die oben angeführte *Boottia Aschersoniana* verhält sich analog den submersen Blatteilen von *Stratiotes*. Nur bewirkt die eigentümliche Gestalt des Blattes die kreisförmige Anordnung der Luftgänge in der Circumferenz des medianen Leitbündels. Von der Epidermis sind die Luftgänge gewöhnlich durch zwei Mesophyllzellen getrennt. Typische perforierte Querdiaphragmen sind auch vorhanden.

Einen bifazialen Bau des Blattes besitzen endlich die Luft- und Schwimmblätter von *Boottia Schinziana* (Fig. 50), *Hydrocharis*, *Limnobium* und *Hydromystria*. Unter der oberseitigen Epidermis ist bei diesen ein unregelmäßigmehrschichtiges palisadengewebeähnliches Parenchym entwickelt, das von mehr oder weniger breiten Atemhöhlen durchsetzt wird, während die untere Hälfte des Mesophylls von einem lückigen Gewebe mit großen, zuweilen bis zu drei übereinander gelagerten Interzellularräumen eingenommen wird. Die untersten und größten dieser Lufträume, die in den Schwimmblättern insbesondere als zum Schwimmen dienliche Luftkammern, in den Luftblättern als Atemhöhlen funktionieren, mit ihren dazwischen gelegenen Gewebelamellen treten bei *Hydrocharis*, *Limnobium* und *Hydromystria* bei Betrachtung der Blattunterseite mit freiem Auge oder der Lupe als ein mehr oder weniger grobmaschiges Netzwerk entgegen. Dasselbe ist zuweilen (*Hydrocharis*, *Limnobium*), wenn die subepidermalen Zellen Anthocyan enthalten, rot gefärbt. Die großen Interzellularräume sind voneinander durch einzellschichtige Gewebelamellen getrennt. Die Zellen dieser Gewebelamellen, sowie der das lückige Gewebe vom Palisadenparenchym trennenden Grenzsicht sind ziemlich flach, zeigen in der Flächenansicht rundliche Umrisse (*Boottia*) oder zumeist mehr oder weniger stark undulierte Seitenränder und nehmen gewöhnlich auch einige kleine dreieckige Interzellularräume zwischen sich. Die Wandzellen der hohen Luftkammern des unterseits blasig angeschwollenen Schwimmblattes von *Hydromystria* sind außerdem stark in der Richtung der Höhendimension gestreckt, in ähnlicher Weise auch die an der ebenfalls blasig ausgebildeten Blattstielinsertionsstelle gelegenen des Schwimmblattes von *Hydrocharis*. Ein besonderes Merkmal für die Schwimmblätter von *Boottia Schinziana* (Fig. 50) bildet das Vorkommen eines ganz eigenartigen, unter der oberseitigen Epidermis entwickelten, hypodermalen Gewebes, das mit anderen Zellen zusammen an dem mechanischen Gerüst des Blattes beteiligt ist. Dasselbe ist ein- bis mehrschichtig und nur durch die Atemhöhlen unterbrochen. Es besteht aus dick- und weißwandigen faserartigen Zellen, von denen ein Teil in Richtung der Blattfläche verläuft, der andere strebepfeilerartig das Blatt bis zum Gewölbe der in der unteren Blatthälfte enthaltenen Luftkammern durchsetzt. Typische perforierte Querdiaphragmen wurden

im Blattstiel des lebenden Materials von *Hydrocharis*, *Limnobium* und *Hydromystria* angetroffen.

Ein kurzer Rückblick auf die Struktur des Mesophylls soll nochmals den Zusammenhang zwischen den einzelnen Typen und den sukzessiven Fortschritt in der Struktur zusammenfassen. In den submersen Blättern und Blatteilen, welche die Regel sind, fehlt das Palisadengewebe. Die Assimilationszellen des Innengewebes haben die für die submersen Blätter charakteristische „Flächenentwicklung“. In den gestreckten Blättern sind sie zylindrisch, in Richtung der Blattlängsachse gestreckt und in einschichtige Gewebelamellen vereinigt. Sie nehmen in gleicher Richtung Luftgänge zwischen sich, welche durch Querdiaphragmen, zum Teil einschichtige und klein perforierte, unterbrochen sind. Bei stärkerer Flächenentwicklung des Blattes treten an Stelle der Luftgänge annähernd polygonal in der Flächenansicht umgrenzte Lufträume, die auch durch einschichtige Gewebelamellen voneinander getrennt sind. Luftgänge und Luftlücken liegen zunächst einschichtig in der Blattfläche. Bei stärkerer Entwicklung der Blattdicke liegen sie, besonders in der Nähe der Mittelrippe, zu mehreren übereinander. Luftgänge und Luftlücken grenzen zuerst noch direkt an die Epidermis; dann schiebt sich ein ein- bis mehrschichtiges dichtes Assimilationsgewebe zwischen beide. Die bifacial gebauten Schwimm- und Luftblätter besitzen in der unteren Mesophyllhälfte dasselbe lückige Parenchym mit den einzellschichtigen Wänden; oberseits hat sich Palisadengewebe entwickelt. Die zentrisch gebauten aus dem Wasser ragenden Blattspitzen von *Stratiotes* enthalten im Innern Luftgänge und unter der beiderseitigen Epidermis Palisadengewebe. Im einfachsten Blatt ist das Mesophyll nur ein- oder wenigsschichtig und nur in der nächsten Umgebung des einzigen, medianen Nerven vorhanden. Dann nimmt seine Entwicklung zu, und zwar in der Fläche gegen den Rand zu und ebenso in der Dicke.

Bezüglich der Struktur der Nervenleitbündel ist vor allem hervorzuheben, daß die submersen Hydrocharitaceen gleich den anderen submersen Pflanzen die wasserleitenden Elemente reduzieren bis zum völligen Fehlen. Keine oder wenigstens keine deutlichen Tracheen finden sich in den Blättern von *Halophila*, *Hydrilla*, *Elodea*, *Lagarosiphon*, *Vallisneria*, *Blyxa*, *Enalus*, *Thalassia*, *Ottelia* und *Boottia* z. T. Andeutungen von Tracheen, nämlich solche mit unvollkommenen oder stellenweise schon vollkommenen ringförmigen Verdickungen, die schon von Caspary (3, p. 439 u. Taf. XXVIII, Fig. 62—63 A u. 4, p. 300—301 u. Taf. V, Fig. 45—48) für den Stengel von *Elodea canadensis* und *Hydrilla* beschrieben und abgebildet wurden, traf ich auch in den Blattnerven von *Enalus* (in den Quernerven), *Thalassia* und *Ottelia* z. T. an. Typische Spiraltracheen wurden in dem dicken dreikantigen submersen Blatt von *Boottia Aschersoniana* und im Schwimmblatt von *B. Schinziana* (aber nicht überall und weniger deutlich), bei *Stratiotes* (dort auch im ganz submersen Blatt) und in den Schwimm- und Luftblättern von *Hydrocharis*, *Limnobium* und *Hydromystria*

konstatiert.¹⁾ Wie bei vielen anderen Monokotylen sieht man in dem Holzteil der kräftigeren Leitbündel den charakteristischen weiten oder engeren Interzellulargang, der von konvex gegen den Gang vorspringenden Zellen umgeben ist. Als mechanische Elemente treten weitlumige und schwach verdickte bis englumige und dickwandige Faserzellen auf, in größeren oder kleineren Gruppen, auf beiden Seiten des Leitbündels oder nur auf der einen, namentlich der Bastseite, nur an den größeren Leitbündeln oder auch an den kleineren. Sie kommen bei *Elodea* z. T., *Vallisneria* z. T., *Blyxa*, *Enalus*, *Thalassia* (hier nur in Berührung mit dem Mittelnervenleitbündel bei *Th. Hemprichii* und ganz vereinzelt an gleicher Stelle bei *Th. testudinum*), *Stratiotes*, *Ottelia* z. T., *Boottia*, *Hydrocharis*, *Limnobium* und *Hydromystria* vor. Als mechanische Elemente, die in Beziehung zu den Leitbündeln auftreten, sind auch nochmals die schon oben besprochenen subepidermalen Faserzellengruppen von *Thalassia* anzuführen. Deutliche Parenchymcheiden in Form einer typischen Endodermis wurden nicht beobachtet; dagegen weniger deutliche z. B. bei *Stratiotes*, *Hydrocharis*, *Hydromystria* etc. Ein besonders bemerkenswertes Strukturverhältnis ist das Vorkommen von kleineren Nervenleitbündeln, welche in einem höheren Niveau, als die Mittelebene des Blattes, verlaufen, und was das wesentlichste ist, mit Rücksicht auf die Lagerung von Holz- und Bastteil verkehrt orientiert sind; ihr Holzteil liegt nach unten, ihr Bastteil nach oben. Bei *Enalus* sind zunächst, wie schon Magnus (6) und Sauvageau (16) hervorgehoben haben, die kleinen Leitbündel auf dem Blattquerschnitt ungefähr in zwei Reihen angeordnet; die eine, der Blattunterseite genäherte, enthält die normal orientierten, die obere die verkehrt orientierten Leitbündel. Da die Holzteile bei *Enalus* keine Tracheen enthalten, fußt die Annahme der inversen Struktur für die oberen kleinen Leitbündel im wesentlichen auf der Entwicklung der Sklerenchymfasern, welche den Hartbast markieren, auf der der oberen Epidermis zugekehrten Seite, während in den unteren Leitbündeln der Hartbast nach unten gekehrt ist. Diese Annahme erhält durch die Konstatierung analoger Verhältnisse für *Stratiotes*, wovon gleich die Rede sein wird, eine weitere Bestätigung. Das *Thalassia*-Blatt enthält im Gegensatz zu *Enalus* trotz der gleichen Gestaltung und derselben Einwirkung des umgebenden Mediums solche inverse Leitbündel nicht. Dagegen treten die beiden Reihen von Leitbündeln, die obere mit verkehrt orientierten, sehr deutlich bei *Stratiotes* entgegen, wo infolge des Vorkommens typischer Spiraltracheen die Erkennung des verkehrt orientierten Leitbündels keine Schwierigkeiten macht. Verkehrt orientierte kleine Leitbündel besitzen in dem unteren Teil ihrer oberen, das Palisadengewebe enthaltenden Mesophyllhälfte auch die Luft- und Schwimmblätter von *Hydrocharis*, *Limnobium* und *Hydromystria*, dagegen nicht das Schwimmblatt von *Boottia Schinziana*. Für *Hydrocharis morsus ranae* ließ sich

¹⁾ Über die Struktur des bei *Halophila* im Blattstiel und Stengel beobachteten „central spiral or annular vessel“ macht Balfour (10) keine nähere Angabe.

feststellen, daß diese verkehrt orientierten Leitbündel, welche dort annähernd parallel zu den Hauptnerven verlaufen und die die Hauptnerven verbindenden Quernerven kreuzen, durch eigene Seitennerven mit den Hauptnerven in Verbindung stehen. Verkehrt orientierte Leitbündel sind bekanntlich häufig in den Blattstielen, der Blattmittelrippe und anderen stark entwickelten Rippen. Die geschilderten Verhältnisse von *Enalus* und *Stratiotes* erinnern an die Leitbündelanordnung in den Phyllodien von *Acacia*-Arten und in den schwertförmigen Spreiten der unterwärts scheidigen Blätter von *Iris*-Arten und *Acorus Calamus*. Es ist eben einfach Blattstiel- oder Blattscheidenstruktur, die aus Mangel an Platz für die Ausbreitung der Leitbündel entgegentreitt. Viel bemerkenswerter sind die inversen Leitbündel in den breiten Spreiten von *Hydrocharis* etc., für die mir ein Gegenstück nicht erinnerlich ist.

Die inneren Sekretionsorgane der Hydrocharitaceen in Form von Sekretzellen waren bis jetzt ganz ungenügend gekannt und nur bei wenigen Gattungen nachgewiesen. So berichten Magnus (6) und Sauvageau (16) über die Sekretdrüsen von *Enalus*, bezw. von *Thalassia*. Unvollständige Angaben über die Sekretzellen von *Vallisneria* finden sich bei J. Fr. Müller (11) und Schenck (13) und von *Stratiotes* bei Chatin (1), Schencke (17) und Kirchner, Löw und Schroeter (22). Balfour (10) hat Pigmentzellen mit braunem Inhalt in den Leitbündeln des Stengels von *Halophila* beschrieben und abgebildet. Ich konnte Sekretzellen bei allen Gattungen nachweisen mit Ausnahme von *Halophila*, *Elodea s. str.* (d. h. mit Ausschluß von *E. densa*), *Lagarosiphon* und *Hydromystria*.

Die Sekretzellen der Hydrocharitaceen verhalten sich verschieden rücksichtlich der chemischen Natur ihres Sekretes, der Gestalt und dem Ort des Vorkommens (Epidermis oder Grundgewebe und Leitbündelsystem). Nach der Beschaffenheit ihrer Sekretion lassen sie sich am besten in Sekretzellen mit öligem oder harzigem Inhalt oder doch öligem oder harzigem Auscheidung und in Sekretzellen mit gerbsäurehaltigem Inhalt ohne Rücksicht auf die morphologische Gestaltung einteilen. Bei den ersten hat das Sekret sowohl im lebenden, wie getrockneten Material eine helle, weiße oder etwas gelbliche Farbe und ist oft stark lichtbrechend. In Alkohol ist es löslich. Der sekretorische Inhalt der gerbsäurehaltigen Sekretzellen ist wohl fast überall¹⁾ in der lebenden Pflanze gewöhnlich auch farblos oder durch Anthocyangehalt rosafarben bis sogar blutrot, wird aber beim Trocknen der Pflanzen und ebenso bei Behandlung der Schnitte von frischem Material mit Dämpfen von konzentrierter Salpetersäure oder nach nicht zu lange währendender Einwirkung von Javellescher Lauge auf frische Schnitte infolge eines Oxydationsvorganges rotbraun bis braun. Eine besonders charakteristische Reaktion dieses Sekretes, welche sich aber meist nur mit dem hellen Sekret des lebenden Materials und nicht mehr mit dem rot-

¹⁾ Bei *Stratiotes* beobachtete ich in den Spitzen submerser lebender, in Herbstfärbung eingetretener Blätter zum Teil schon die Braunfärbung des Sekretes.

braun bis tiefbraun gefärbten des Herbarmaterials anstellen läßt, ist seine kirschrote bis purpurne Färbung mit Vanillinsalzsäure. Das positive Ergebnis dieser sogenannten Lindtschen Reaktion, welche bekanntlich zuerst Lindt zum Nachweis des Phloroglucins benutzt hat, läßt nach den Ausführungen von Hartwich und Winckel (im Archiv der Pharmazie, Bd. 242, 1904, p. 462 sqq., s. auch Winckel, Über das angebliche Vorkommen des Phloroglucins in den Pflanzen, Diss. Bern, 1904) nur schließen, daß im Sekret Gerbstoffe, welche Phloroglucinderivate sind („Phloroglycotannoide“ Kunz-Krause), oder möglicher Weise auch Derivate anderer Phenole oder andere aromatische Körper vorhanden sind. Mit Eisensalzlösung färbt sich das frische helle Sekret, wie das braune des trocknen Materials stets schwärzlich oder bläulich. Nach längerer Behandlung mit Javellescher Lauge hellt sich der braungewordene Inhalt des frischen, wie der braune des getrockneten allmählich auf und löst sich schließlich. Mit Rücksicht auf das Herbarmaterial, welches bei den meisten Gattungen ausschließlich vorlag, können die Sekretzellen des zweiten Typus auch kurz als „braune Sekretzellen“ gegenüber den „hellen Sekretzellen“ des ersten unterschieden werden. Zuweilen finden sich beide Typen der Sekretzellen, helle und braune nebeneinander, bei derselben Art.

Die hellen Sekretzellen kommen bei *Elodea densa*, den Gattungen *Blyxa*, *Ottelia* und *Boottia*, bei *Hydrocharis morsus ranae* (nicht aber bei *H. asiatica*) und *Limnobium* vor. Nach dem Ort ihres Auftretens sind zunächst die epidermalen Sekretzellen (bei *E. densa*, durchweg bei *Ottelia* und *Boottia* und bei *Hydrocharis morsus ranae*) hervorzuheben, welche in der beiderseitigen Epidermis (*E. densa*, *Blyxa*) oder nur der unterseitigen, auf der ganzen Blattfläche oder nur am Blattrand vorhanden sind. Bei *E. densa* sind sie gleich den anderen Epidermiszellen in der Richtung der Blattlänge gestreckt und abgesehen vom Inhalt leicht auch daran zu erkennen, daß sie mit einer etwas kleineren Fläche, als ihr Umriß bei tiefer Einstellung ist, an der Bildung der Blattoberfläche teilnehmen. Bei *Blyxa* (Fig. 16—17) sind sie in der Flächenansicht elliptisch und wenig von den gewöhnlichen Epidermiszellen verschieden oder sie treten als kleinere rundliche Idioblasten entgegen. In Form kleinerer Idioblasten von rundlichem oder eckigem Umriß finden sie sich auch bei *Ottelia* (Fig. 43 u. 48) und *Boottia* (Fig. 50), während sie bei *Hydrocharis morsus ranae* von den gewöhnlichen unterseitigen Epidermiszellen nicht oder nur in geringem Maße abweichen. Die kleineren Idioblasten sind entweder, wie gewöhnlich, mit einer kleineren Außenfläche (z. B. Fig. 16 u. unter *Ottelia*) oder aber, indem sie sich nach innen zu verschmälern, mit einer größeren Außenfläche (z. B. *Blyxa octandra* Fig. 17, *Ottelia*-Arten Fig. 48) an Bildung der Blattoberfläche beteiligt. Bei fast allen Formen der epidermalen Sekretzellen kommt es vor, daß sie zu zwei oder noch mehr in einer Reihe liegen. Bezüglich ihres Inhaltes ist noch zu bemerken, daß Chlorophyllkörper fehlen und daß das farblose Sekret sich mit Jodjodkaliumlösung gelb färbt, was ihr Auffinden in manchen Fällen ganz er-

heblich erleichtert. Mitunter, aber nicht überall, tritt auch durch Alkalien (Kalilauge oder nach kurzer Einwirkung von Javellescher Lauge) eine Gelbfärbung ein. Nur innerhalb der Gattung *Ottelia* konnte ich nicht überall die Natur des Sekretes feststellen. An die epidermalen hellen Sekretzellen schließen sich die hellen und idioblastenartig ausgebildeten Sekretzellen des Mesophylls an, welche bei *Ottelia*, *Boottia* (*B. Aschersoniana* ausgenommen) und *Limnobium* vorkommen. Es lassen sich hier zwei Untertypen unterscheiden. Dem ersten gehören die Idioblasten von *Ottelia* (Fig. 44, 46—47) und *Boottia* (Fig. 50—53) an, welche den unvollkommneren Sekrettypus darstellen, indem hier der Assimilationsapparat der Zelle vollständig erhalten ist. Sie treten nur im lückigen Blattgewebe, in den einzellschichtigen Wänden der Interzellularräume auf, haben eine kugelige oder quer-ellipsoidische oder quer-hantelförmige Gestalt und ragen mit ihren beiderseitigen freien konvexen Flächen, oft wie innere Haare, in die Interzellularräume hinein. Bezüglich ihres Zellinhaltes ist hervorzuheben, daß sie außer Plasmaschlauch und Zellkern stets Chlorophyllkörner und zuweilen auch Kristallnadeln aus Kalkoxalat enthalten, bezüglich ihrer Sekretion, daß sie nach außen, an der Außenseite ihrer konvex in die Interzellularen vordringenden Wandflächen je einen Tropfen ätherischen Öles zur Ausscheidung bringen, der abfließen kann und schließlich verharzt. An lebendem Material von *Ottelia* (näheres s. in der Gattungsbeschreibung) ließ sich feststellen, daß der Öltropfen im Protoplasma entsteht und daß das Sekret schließlich durch die Zellwand nach außen tritt. Eine subkutikuläre Ausscheidung des Sekretes findet nicht statt; die Wände der Idioblasten bestehen ganz aus Zellulose. An frischen oder mit Osmiumsäure fixierten frischen Schnitten tritt das Sekret sehr schön zu beiden Seiten der Sekretzelle in Form eines Tropfens entgegen; im getrockneten Material ist an diesen Stellen eine Harzkalotte oder anders gestaltete Harzkruste zu sehen; zuweilen finden sich auch Harzkrusten infolge des Abfließens des Sekretes auch sonst an der Wandfläche der Interzellularräume. Bemerkenswert ist noch, daß die in Rede stehenden Idioblasten in der unteren, großlückigen Mesophyllhälfte des Blattes von *Boottia Schinziana* zuweilen zu zwei übereinander liegen (Fig. 53) oder durch Ausbuchtung der Längswände nach zwei oder nur einer Seite hin eine +- oder T-förmige Gestalt (Fig. 51—52) haben. Den zweiten Untertypus bilden die mit hellem Sekret erfüllten Idioblasten von *Limnobium Spongia*, die nur in den Spreiten der Luftblätter zu finden sind und durch ihre kugelige Gestalt, ihr Vorkommen in den Scheidewänden der Interzellularen, das Vordringen ihrer konvexen Seitenflächen in die Lufträume und die Ausscheidung eines öligen oder harzigen Sekretes den Idioblasten des ersten Untertypus nahestehen, andererseits, abgesehen von der chemischen Natur ihres Sekretes, sich auch an die „braunen“ Idioblasten anschließen, von denen später die Rede sein wird und die sich neben ihnen, zuweilen in direkter Nachbarschaft, in der Spreite finden. Sie enthalten keine Chlorophyllkörner und bringen in ihrem

Innern ein helles, durch Jodjodkaliumlösung und auch Alkalien sich gelb färbendes Sekret zur Ausscheidung, das schließlich die Zelle fast ganz erfüllt.

Die gerbsäurehaltigen braunen Sekretzellen haben zum Teil die Form der kugeligen Idioblasten, zum Teil nicht. Die braunen kugeligen Idioblasten kommen bei *Vallisneria* (inkl. *Neehamandra* Fig. 8 u. 10—15), *Stratiotes* (Fig. 34—36 u. 38—42), *Hydrocharis* und *Limnobium* vor. Bemerkenswert ist, daß sie bei *H. morsus ranae* nur ganz selten in der Spreite und nur in der Nähe der Ansatzstelle des Blattstiels, dagegen zahlreich im Blattstiel zu finden sind, bei *Limnobium Spongia* nur in der Spreite des Luftblattes, dagegen im Blattstiel des Luft- und des Wasserblattes. Sie liegen insbesondere in den kleinzelligen perforierten Querdiaphragmen, aber auch in den anderen einschichtigen Scheidewänden der Lufträume, sind kugelig, ellipsoidisch oder linsenförmig und ragen mit den freien Seitenflächen in die Interzellularen hinein; bei ellipsoidischer oder linsenförmiger Gestalt ist ihr größter Durchmesser parallel (*Vallisneria spiralis* Fig. 13) oder senkrecht (*Stratiotes* Fig. 41—42) zur Zellenfläche gerichtet, der sie angehören. Die ursprüngliche helle Beschaffenheit ihres Inhaltes, die nachträgliche Bräunung desselben durch Oxydation (Salpetersäure) und die Rotfärbung mit Vanillinsalzsäure konnte im lebenden Material der oben genannten vier Gattungen festgestellt werden. Bei *Stratiotes aloides* und *Vallisneria spiralis* sah ich in diesen Idioblasten keine Chlorophyllkörner, dagegen schwach gefärbte bisweilen bei *Hydrocharis morsus ranae*. Andere Formen der braunen Sekretzellen sind länger- bis langgestreckte Sekretdschläuche (bei *Hydrilla*, *Enalus* und *Thalassia*, auch bei *Vallisneria* und *Stratiotes*, bei diesen beiden aber nur in den Nerven) und schließlich wenig oder nicht von den Nachbarzellen in der Gestalt verschiedener Sekretzellen (bei denselben Gattungen). Diese Sekretzellen gehören fast ausschließlich dem Mesophyll, den Nervenleitbündeln oder deren Begleitgewebe und nur bei *Hydrilla* auch der Epidermis an. Eine besondere Hervorhebung verdienen die außerordentlich langen, nämlich $3\frac{1}{2}$ mm und darüber langen Sekretdschläuche von *Enalus*, die subepidermal über und unter den Leitbündeln in der Längsrichtung der riemenförmigen Blätter verlaufen. Ihnen stehen die oft langgestreckten und gleichgerichteten Sekretdschläuche von *Thalassia Hemprichii* mit bis $700\ \mu$ Länge nahe, die sich aber häufiger tiefer innen im Mesophyll, seltener subepidermal finden. In dem getrockneten Blatt von *Enalus* und *Thalassia* machen sich diese Sekretdschläuche, wie auch die kürzeren Sekretzellen, im durchfallenden Licht als braune Punkte oder Linien bemerkbar. Als undurchsichtige Punkte treten auch die braunen Sekretzellen von *Hydrilla* entgegen, welche zum Teil auch der oberseitigen Epidermis und der Randzellenreihe des Blattes angehören. Bezüglich der Verbreitung der braunen Sekretzellen bei *Hydrilla* ist auffallend, daß sie auf derselben Spreite in ungleichmäßiger Verteilung und in den Blättern desselben Sprosses in verschiedener Reichlichkeit vorkommen und auch in einem Teil der Blätter ganz fehlen können;

noch auffallender ist, daß sie sich im lebenden, von Henkel-Darmstadt bezogenen und richtig bestimmten Material weder im Blatt, noch in der Achse nachweisen ließen. Die ursprüngliche helle Farbe des Sekretes, die nachträgliche Braunfärbung und die Rotfärbung mit Vanillinsalzsäure konnte nur bei *Vallisneria* und *Stratiotes* festgestellt werden; sie sind aber nach meinem Befund am lebenden Material der Potamogetonacee *Posidonia Caulini*, die ähnliche Sekretschläuche, wie *Enalus* und *Thalassia* besitzt (näheres s. am Schluß des Abschnittes über *Enalus*), auch für diese beiden Genera und aus Analogie überhaupt auch für *Hydrilla* mehr als wahrscheinlich. Der braune Inhalt erfüllt im Herbarmaterial in der Regel die ganze Zelle. Nur in einigen Sekretzellen von *Thalassia Hemprichii* war er in Form einer hautartigen, nach innen zu mit Warzen besetzten Auskleidung der Zellmembran abgeschieden, wie dies in ähnlicher Weise und häufiger bei *Posidonia* (Fig. 24 sqq.) vorkommt. Schließlich möchte ich bezüglich der von Balfour erwähnten Pigmentzellen in den Leitbündeln des Stengels von *Halophila ovalis* und *Balfouri*, über deren nähere Gestalt dort nichts gesagt ist, anführen, daß ich die Pigmentzellen nicht im Stengel von *H. ovalis* beobachten konnte.

Zur richtigen Beurteilung der Reaktion des frischen Sekretes der „braunen“ Sekretzellen mit Vanillinsalzsäure ist an dieser Stelle folgendes anzuführen. Das Reagens bewirkt auch in den anthocyanhaltigen Zellen — und Anthocyan kommt zuweilen auch in den Idioblasten vor — ähnliche Färbungen. Diese Färbungen haben gegenüber den typischen, welche zwölf Stunden und länger deutlich bleiben, keinen langen Bestand. Der rote Farbstoff geht mit hellroter Farbe in Lösung und verschwindet dann allmählich. Wie Vanillinsalzsäure wirkt im übrigen auch schon konzentrierte Salzsäure allein in gleicher Weise auf Anthocyan ein. Weiter ist zu bemerken, daß die roten Lösungen, welche durch Einwirkung von Salzsäure oder Vanillinsalzsäure auf Anthocyan entstehen, zuweilen, so in den Flächenpräparaten der Blattspreite von *Hydrocharis morsus ranae* und ebenso des Blattes von *Elodea densa* eine schöne Rosafärbung, mitunter sogar eine Blutrotfärbung des harzigen Sekretes der „hellen“ Sekretzellen durch Infiltration verursachen und damit die Lindtsche Reaktion vortäuschen. Daß sich die Sache so verhält, geht schon daraus hervor, daß bei *E. densa* die epidermalen Sekretzellen nur zum Teil sich färben und daß an dünnen Flächenschnitten der Blattunterseite von *H. morsus ranae*, an welchen die subepidermale anthocyanhaltige Zellschicht angeschnitten ist, die Färbung der epidermalen Sekretzellen unterbleibt.

Hervorzuheben ist auch das Eintreten der Lindtschen Reaktion bei dem frischen Sekret der „braunen“ Idioblasten von *Hydrocharis morsus ranae* und von *Limnobium Spongia* mit konzentrierter Salzsäure allein. Man muß da wohl annehmen, da bekanntlich außer Vanillin auch eine Anzahl anderer Aldehyde bei Gegenwart von Säuren und Phenolen die Rotfärbung geben, daß neben einem Phenolderivat auch eine aldehydartige Verbindung im Sekret enthalten ist.

In dem gewöhnlich rot- bis tiefbraun gefärbten Sekret des Herbarmaterials ist der Erfolg der in Rede stehenden Reaktion nicht zu erkennen. Es ist dies im getrockneten Material nur dann möglich, wenn das Sekret heller gefärbt ist, wie in den mit gelbraunem Sekret erfüllten Sekretzellen des Herbar-

materials der Luftblätter von *Limnobiium Spongia* (s. auch den Abschnitt über die Sekretzellen von *Posidonia* unter *Enalus*). Ebenso gelingt die Reaktion, wie schon Hartwich, bezw. Winckel (Diss. Bern, 1904, p. 26 u. 43 sqq.) angeführt hat, in den ebenfalls mit hellbraunem Inhalt erfüllten Sekretzellen der beiden Drogen *Rhizoma Galangae* und *Rhizoma Calami*. Bezüglich des von mir näher untersuchten Sekretes der eben erwähnten zuerst von Jolrow (Untersuchungen über die Zellkerne in den Sekretbehältern und Parenchymzellen der höheren Monokotylen, Diss. Bonn, 1880, p. 27—29) gesehenen und auch im Blatt vorkommenden, von den Nachbarzellen in der Gestalt nicht verschiedenen Sekretzellen von *Acorus Calamus* will ich hier beifügen, daß ihr in der lebenden Pflanze heller lichtbrechender Inhalt auch die anderen Reaktionen gibt, wie der Inhalt der „braunen“ Sekretzellen bei den Hydrocharitaceen, eine Gelbbraunfärbung mit Dämpfen von Salpetersäure oder mit Javellescher Lauge und eine mehr oder weniger starke Schwärzung mit Eisensalzlösung, und daß ihr Protoplasmaschlauch (wenigstens in dem im Herbst gegrabenen Rhizom) im Gegensatz zu Hartwich und Winckel (im Archiv d. Pharm., Bd. 242, p. 473) auch Stärkekörner, wenn auch in geringerer Zahl, als in den gewöhnlichen Parenchymzellen, einschließt.

Abgesehen von *Alpinia* und *Acorus* ist ein positiver Erfolg der Lindtschen Reaktion überhaupt für die sogenannten Gerbstoffschläuche in der Blattepidermis der *Saxifraga*-Arten aus der Sektion *Cymbalaria* (bei *S. Huetiana* durch Raciborski, auch bei *S. Cymbalaria* L. nach eigener Untersuchung), sowie die an den Spitzen der jungen Blätter von *Heteranthera zosteraefolia* und *reniformis* (Fam. *Pontederiaceae*) vorhandenen kurzgestielten haarartigen Sekretzellen und die Idioblasten des Mesophylls von *H. zosteraefolia* (durch Minden, in Bibl. bot. H. 46, 1899, p. 12—14 u. Taf. III, Fig. 5—6) nachgewiesen, dann aber auch für die Zellen von Drüsenhaaren, insbesondere bei Wasserpflanzen, und die verschiedensten Gewebe zahlreicher Pflanzen (s. hierüber: Waage, Über das Vorkommen des Phloroglucins in der Pflanze, in den Berichten d. deutsch. bot. Gesellschaft VIII, 1890, p. 250 sqq.; Raciborski, Über die Inhaltskörper der Myriophyllumtrichome, ebendort, XI, 1893, p. 348 sqq.; 18. Schilling, l. c.).

Bezüglich der Ausscheidungsweise des oxalsauren Kalkes ist vor allem zu bemerken, daß nur kleinere Kristallformen, die das Licht deutlich oder schwach brechen oder isotrop sind, vorkommen. Typische Raphiden, die bei den Monokotylen häufig sind, fehlen, ebenso Drusen, große Einzelkristalle etc. Es finden sich nur kleine bis längere nadelförmige Kristalle, die letzteren zuweilen in undeutlichen Bündeln (*Ottelia*), kleine bis größere stabförmige Kristalle und kleine hendyoëdrische bis winzige sandartige Kristallkörper. Sie treten in der Epidermis (z. B. bei *Elodea crispa*, *Vallisneria alternifolia*, *Enalus Koenigii*) oder im Mesophyll (wie bei *Stratiotes aloides*, *Ottelia* sp., *Boottia Schinxiiana*) auf. Der sichere Nachweis des Kalkoxalates bereitet zuweilen, namentlich im Herbarmaterial der submersen Blätter, denen Kristallgebilde häufig anhängen, einige Schwierigkeiten; und auch im lebenden Material sind oft ursprünglich oder bei der Einwirkung der aufhellenden Javelleschen Lauge Kristallausscheidungen zu sehen, die mit oxalsaurem Kalk nicht identisch sind. Durch die bekannten Reagenzien (Salz-

säure, Essigsäure und konz. Schwefelsäure) ließ sich Kalkoxalat in den schon erwähnten Formen, worüber näheres in den Gattungsbeschreibungen einzusehen ist, bei Arten von *Elodea*, *Vallisneria*, *Enalus*, *Thalassia*, *Stratiotes*, *Ottelia*, *Boottia*, *Hydrocharis* und *Limnobium* feststellen.

Von Trichomen finden sich nur solche der Deckhaarform, und zwar in allen Gattungen außer *Thalassia*, *Hydrocharis*, *Limnobium* und *Hydromystria*. Sie sind einzellig (über die Ausnahme *Enalus* s. unten), kürzer oder länger, gerade oder gebogen, spitz oder stumpf und verschieden starkwandig. Fast immer sind sie auf den Blattrand beschränkt, an dem sie für sich allein oder mit benachbarten Zellen zusammen eine Wimperung oder Zähnelung verursachen. Auf der Blattfläche selbst wurden die Haare nur bei bestimmten *Halophila*-Arten beobachtet; am Blattrand hingegen bei *Halophila* z. T., *Hydrilla*, *Elodea*, *Lagarosiphon*, *Vallisneria* z. T., *Blyxa* z. T., *Enalus*, *Stratiotes*, *Ottelia* z. T. und *Boottia* z. T. An der Sägezählung des Blattrandes sind neben den Haaren Zellen der Randkantenzellenreihe oder der beiderseitigen Epidermis beteiligt bei Arten von *Halophila*, *Hydrilla*, *Elodea*, *Lagarosiphon*, *Vallisneria*, *Blyxa* und *Boottia*. Die kräftigen hakig nach vorn gekrümmten Blättzähne von *Stratiotes* sind Emergenzen, da sie sich aus Haut- und Grundgewebe zusammensetzen; die Spitze des Zahnes nimmt das einzellige starkwandige Haar ein, dessen Basis von einem Kranz längsgestreckter, mit den Spitzen zuweilen fast papillös abgelöster und getüpfelter Zellen umschlossen ist. Ihnen schließen sich mit gleicher Beteiligung des Grundgewebes die kräftigen Blättzähne der *Boottia Aschersoniana* an, die von einem kurzen und breiten spitzen Haar gekrönt sind. Im Anschluß an die typischen Haare sind zunächst die Blattrandgebilde zu besprechen, die bei *Thalassia* (Fig. 31) und *Enalus* (Fig. 18—23) vorkommen. Bei *Thalassia*, wo sie nur an der Blattspitze auftreten, sind sie schon ausführlich von Magnus (6) und Sauvageau (16) beschrieben und von Magnus mit dem zutreffenden Ausdruck „Flossenzähne“ bezeichnet worden. Das Gemeinsame in der Struktur dieser Flossenzähne, welche bei *Th. testudinum* typisch ausgebildet sind, besteht darin, daß eine geringere oder größere Anzahl nebeneinander gelegener Zellen der Blattrandzellenreihe schlauchartig und mit ihrem Ende in der Richtung gegen die Blattspitze zu ausgewachsen und ihre Längswände ganz oder bis auf die freien Spitzen miteinander verwachsen sind, wozu noch kommt, daß die Lumina dieser Kantenzellen sich kegelförmig nach außen verschmälern, während die Zellwand in gleichem Maß und in gleicher Richtung an Dicke zunimmt. Eine Tendenz zur Bildung solcher Flossenzähne zeigt auch der Blattrand von *Enalus Koenigii*, und zwar in seiner ganzen Länge. Ich verweise darüber am besten auf die Figuren 18—23, welche die verschiedenen Formen der Blattrandunebenheiten wiedergeben und hebe nur noch hervor, daß ausnahmsweise auch einzellige Randhaare (Fig. 18) oder selten auch ein zweizelliges (Fig. 20) vorkommen. Zum Schluß sind die sogenannten Achselschüppchen, die *Squamulae intravaginales*,

die nur trichomatische Bildungen und an der Blattbasis gelegen sind, für sehr viele Hydrocharitaceen (Arten von *Halophila*, *Hydrilla*, *Elodea*, *Lagarosiphon*, *Vallisneria*, *Enalus*, *Ottelia*, *Stratiotes*, *Hydrocharis* und *Hydromystria*) anzuführen. Auffallend ist, daß sie bei *Halophila*, *Hydrilla*, *Elodea* und *Lagarosiphon* regelmäßig in Zweizahl auftreten, dagegen zahlreich bei *Vallisneria*, *Enalus* und *Stratiotes*. Ihre Gestalt ist verschieden. Gewöhnlich bestehen sie aus zwei Zellagen; mehr als zweischichtig sind sie z. B. bei *Stratiotes* und *Enalus*, wo sie im Innengewebe auch Sekretzellen einschließen. In keinem Fall enthalten sie ein Leitbündel. Papillöse bis schlauchförmige Ausstülpungen der Randzellen sind an den Achselschüppchen von *Hydrilla verticillata* (auch ein gutes Kennzeichen *Elodea canadensis* gegenüber, mit ganzrandigen Schüppchen) und von *Lagarosiphon* z. T. konstatiert. Schilling (18) hat im Anschluß an eine Notiz von Goebel (in den Pflanzenbiologischen Schilderungen, II. Teil, 2. Lief., 1893, p. 233) für die Achselschüppchen von *Elodea canadensis*, *Vallisneria spiralis*, *Hydrocharis morsus ranae* und *Trianaea bogotensis* (= *Hydromystria*), gleichwie für die analogen Gebilde bei bestimmten Alismaceen und Potamogetonaceen nachgewiesen, daß sie subkutikular Schleim sezernieren. Ob dies für die Achselschüppchen aller Hydrocharitaceen zutrifft, ist nach meinen Beobachtungen fraglich. Mit Rücksicht auf die Suche nach diesen Gebilden ist mit Schilling anzugeben, daß sie mitunter, wie bei *Vallisneria* oder *Hydrocharis*, an der Basis der älteren Blätter nicht mehr zu finden sind.

Spezieller Teil.

1. *Halophila*.

Die Laubblätter sind länglich bis eiförmig und meist gestielt. Ihre Spreite wird von drei Hauptnerven durchzogen, von denen die seitlichen als Randnerven parallel zum Blattrand und diesem mehr oder weniger genähert, dabei stets dem Rand näher als dem Mittelnerven, verlaufen und nahe der Blattspitze sich mit dem Ende des Mittelnerven vereinigen. Dazu kommen bei den von mir geprüften Arten (*H. Beccarii* ausgenommen) Seitennerven in größerer Zahl, welche vom Mittelnerven unter einem mehr oder weniger spitzen Winkel abgehen und bis zu den Randnerven reichen.

In anatomischer Hinsicht ist die Blattspreite dadurch ausgezeichnet, daß das Blattgewebe im allgemeinen nur zweischichtig ist, die gewöhnlichen Epidermiszellen auf beiden Blattseiten annähernd isodiametrisch und voneinander nicht verschieden sind, zwischen den beiden Epidermisplatten eigentümliche Schlauchzellen stellenweise eingeschaltet sind, und daß Stomata, Tracheen in den Nerven und Sekretzellen fehlen.

Das Blattgewebe besteht abgesehen von den Nerven und deren nächster Umgebung, sowie der als einzellreihig zu bezeichnenden Blattrand im allgemeinen nur aus den beiden Epidermisplatten. Spaltöffnungen fehlen. Die gewöhnlichen Epidermiszellen sind beiderseits von gleicher Beschaffenheit, in der Flächenansicht ziemlich isodiametrisch. Ihre Seitenränder sind bei *H. ovalis* und *stipulacea* gewellt, bei *H. Aschersonii* und *Beccarii* gerade. Ihr mittlerer Durchmesser beträgt 27μ bei *H. Beccarii*, 45μ bei *H. ovalis*, 54μ bei *H. stipulacea*, 66μ bei *H. Aschersonii*, 70μ bei *H. ovalis \beta major*; die Zellen sind sohin klein bis mittelgroß. Am Blattrand und über den Nerven ist gewöhnlich eine mehr oder weniger starke Streckung der Zellen in der Längsrichtung der Spreite wahrzunehmen; auch treten dort meist geradlinige Seitenränder an Stelle der gewellten. Die relativ großen Blätter von *Halophila ovalis \beta major* sind mit einer besonderen Festigungseinrichtung am Rande versehen, indem die Randzellenreihe und auch die ihr zunächst gelagerten Zellreihen der Blattfläche außerordentlich langgestreckte und dickwandige Zellen aufweisen; die Länge beträgt nicht selten $540-700 \mu$, während sie sonst bei *H. ovalis* nur ausnahmsweise 80μ erreicht. Besonders bemerkenswert ist eine eigentümliche Struktur an der Außenwand der Epidermiszellen, Fig. 1—2, welche ich bei *H. Aschersonii*, *Beccarii* und *ovalis* bald auf größeren Teilen der Blattfläche und sozusagen an jeder Zelle oder aber nur vereinzelt, auf beiden Blattseiten oder nur auf einer, antraf. In der Flächenansicht zeigt die Mitte der Außenwand eine kreisrund oder elliptisch abgegrenzte Stelle, welche sich nach der näheren Untersuchung bei *H. ovalis* auf eine verdünnte Wandstelle zurückführen läßt. Möglich ist, daß durch die Präparation des Herbarmaterials, das mir ausschließlich zu Gebote stand, dieses Strukturverhältnis, für das ich zunächst keine physiologische Deutung zu geben vermag, oft undeutlich oder ganz verwischt wird. Von Trichomen finden sich nur kürzere und längere einzellige, spitze, ziemlich dickwandige Deckhaare am Blattrand, bei *H. stipulacea* reichlich auch auf den beiden Blattflächen; bei *H. ovalis* fehlen sie. Nicht lange kegelförmige Haare bewirken zusammen mit benachbarten Zellen bei *H. Aschersonii* die Sägezählung des Blattrandes. Bei *H. Beccarii* fand ich rechts und links von der abgerundeten Blattspitze nur je ein Deckhaar am Blattrand. Beim Schimper'schen Material von *H. stipulacea* sind die Trichome der Blattfläche oft ziemlich lang (bis 250μ), beim Schweinfurthschen häufig an der Basis bauchig verbreitert; die Randhaare sind beim Material von Schweinfurth kurz und breit, viel länger aber auch breit beim Material von Schimper. Ein weiteres interessantes und bisher in der Literatur noch nicht erwähntes Vorkommnis sind die schon oben angeführten schlauchförmigen Zellen (Fig. 3—4), die bei allen Arten konstatiert wurden. Sie verlaufen für gewöhnlich unabhängig vom Nervengewebe. Meist sind sie schmal und ziemlich langgestreckt, ihre Längswände und Enden unregelmäßig ausgebuchtet. Bei *H. ovalis* maß ich $60-100 \mu$ und darüber lange bei 15μ Dicke, bei *H. sti-*

pulacea sogar einmal einen 240μ langen. Ob die Zellen einen besonderen Inhalt führen, konnte ich nicht feststellen. Bei *H. Beccarii* sah ihr Inhalt in den mit Javellescher Lauge gebleichten Blattflächenstücken sekretähnlich aus; jedenfalls ist er im getrockneten Material nie braungefärbt. Die in Rede stehenden Schlauchzellen liegen entweder einzeln, so in der Regel bei *H. Aschersonii* und *Beccarii*, oder in Reihen zu 2—6, so namentlich bei *H. ovalis*. Die Zellen und Zellenzüge verlaufen dabei gewöhnlich entweder ungefähr in der Richtung der Seitennerven (*H. ovalis* u. *stipulacea*) oder annähernd in der Richtung der Hauptnerven (*H. Aschersonii*, *Beccarii* und *ovalis* β *major*). Bei *H. ovalis* β *major* traf ich inmitten einer Nervenmasche auch Komplexe von drei etwas breiteren Zellen, von denen zwei mit ihren Längsseiten nebeneinander gelagert

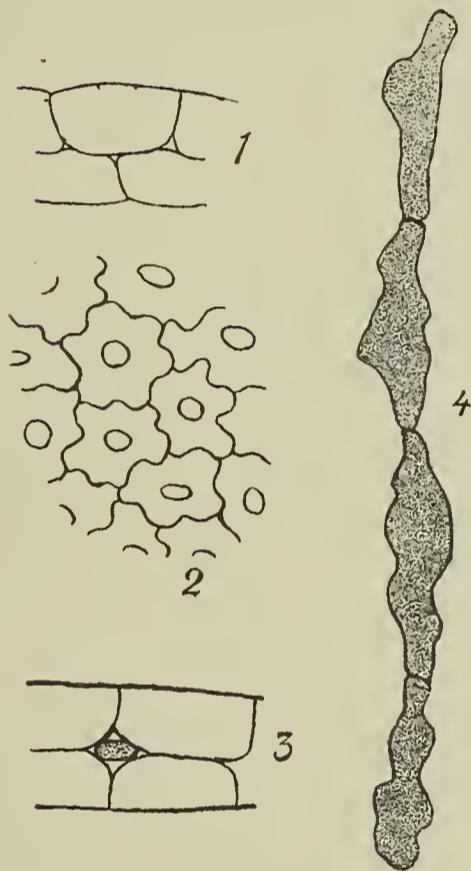


Fig. 1—4. *Halophila ovalis*.

Fig. 1—2. Epidermiszellen mit den verdünnten Wandstellen der Außenwand, im Querschnitt (1) und in der Flächenansicht (2). Fig. 3—4. Schlauchzellen, im Blattquerschnitt (3) und in der Flächenansicht (4).

waren, während die Dritte in der Längsrichtung sich anschloß, sodann auch einen gleichbeschaffenen Zellenzug, der direkt wie ein reduzierter Seitennerv zweiter Ordnung mit seinem zwei Zellen breiten Teil von dem Gewebe eines Seitennerven ausging. Aus diesen Beobachtungen möchte man schließen, daß die Schlauchzellen Rudimente eines Mesophylls sind. Das Mesophyll ist bei *H. ovalis* in der Umgebung der Mittelrippe ziemlich stark entwickelt, 1—4 Zellen dick; die Zellen sind in der Richtung des Nerven gestreckt und in Reihen angeordnet; rechts und links vom Leitbündel ist namentlich je ein weiter Interzellulargang zu sehen. Bei dem kleinen Blatt von *H. Beccarii* erkennt man in der Flächenansicht in Berührung mit dem Leit-

bündel des Hauptnerven je eine Zellenreihe aus langgestreckten Zellen und davon getrennt durch einen von Querzellen unterbrochenen Interzellulargang eine zweite gleich beschaffene Zellenreihe. Die Haupt- und Seitennerven enthalten in ihren Leitbündeln keine trachealen Elemente. Kleinere, meist breitere und kurze stabförmige doppeltbrechende Kristallkörper wurden bei bestimmten Arten, wie *H. ovalis*, nicht spärlich, aber in unregelmäßiger Verbreitung beobachtet.

In der Literatur finden sich Angaben über die Blattanatomie von *H. ovalis* und einer als *H. stipulacea* bezeichneten Art bei Balfour (10, p. 311—316 und pl. X—XI), von *H. Baillonii* Aschers. bei Holm (12, p. 13—15 und pl. II) und von *H. ovalis* und *spinulosa* Aschers. bei Sauvageau (16, p. 293—294)¹). Aus diesen ist zur Ergänzung der obigen folgendes hervorzuheben. Auch bei *H. Baillonii* und *spinulosa* ist das Blattgewebe im allgemeinen zweischichtig. Die Seitenränder der Epidermiszellen sind bei *H. Baillonii* gerade, bei *H. spinulosa* gewellt. *H. stipulacea* Balfour besitzt auf beiden Blattseiten hohe papillöse Epidermiszellen (10, Fig. 21 auf pl. X); die ganzen Außenwände sind zu abgerundeten Papillen vorgewölbt, die Seitenränder gerade. Bei *H. Baillonii* tragen beide Blattseiten längere, gerade oder gebogene einzellige Haare, ebenso der Blattrand, wo die Haare mit benachbarten Randzellen zusammen eine schwache Sägezähnung bewirken. Einen gezähnelten Blattrand hat nach den Diagnosen auch *H. spinulosa*. Nur in den Leitbündeln des jungen Blattstiels von *H. ovalis* hat Balfour ein „central spiral or annular vessel“ angetroffen. Von besonderem Interesse ist die Angabe von Balfour (10, p. 309 u. pl. IX) über das Vorkommen von Pigmentzellen mit braunem Inhalt in den Stengelleitbündeln von *H. ovalis* und *stipulacea* Balf. Balfour bezieht dieselben auf die auch in anderen Wasserpflanzen nicht selten auftretenden braunen Sekretzellen, sagt aber nichts über ihre nähere, etwa schlauchförmige Gestalt. In dem von mir geprüften Stengelmaterial von *H. ovalis* habe ich sie nicht gesehen. Schließlich sollen noch die Achselschüppchen erwähnt sein, die in Zweizahl an der Blattbasis vorkommen und bei den von Balfour und Holm untersuchten Arten zweizellschichtige flächenartige Gebilde und anscheinend ohne sekretorische Funktion sind.

Ich komme nun noch auf das Balfoursche Material von *H. stipulacea* in systematischer Hinsicht zu sprechen. Dasselbe wurde von Balfour als Mitglied der Venusdurchgang-Expedition 1874 auf der Maskareneninsel Rodriguez gesammelt und ist sowohl im Bericht über die Aufsammlung dieser Expedition

¹) In wieweit Ostenfeld (in Botanisk Tidsskrift, 24. Binds, 3 Hefte, 1902, p. 260—261 seine mit *H. Baillonii* nächst verwandte *H. decipiens* anatomisch geprüft hat, geht aus seinen Angaben nicht ganz deutlich hervor. Ostenfeld gedenkt der anatomischen Untersuchung von *H. Baillonii* durch Holm und sagt ausdrücklich, daß der Hauptunterschied der siamesischen *H. decipiens* gegenüber der westindischen *H. Baillonii* nur darin besteht, daß die kurzen Haare auf der Blattfläche von *H. decipiens* fehlen.

(Vol. 168, Extra Volume der Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 1879, p. 382), wie auch in Baker, Flora of Mauritius and the Seychelles, 1877, p. 394 unter *H. stipulacea* Aschers. angeführt. Aus den Angaben, welche Balfour über die Blattstruktur dieser Pflanzen macht (hohe papillöse Epidermiszellen beiderseits und Haare nicht auf der Blattfläche, sondern nur am Blattrand, dort mit Randzellen zusammen Sägezähne bildend), geht unter Berücksichtigung meiner obigen, die auf Untersuchung von authentischem Material der *H. stipulacea* beruhen, zunächst hervor, daß die Balfourschen Pflanzen nicht zu *H. stipulacea* Aschers. gehören. Das Balfoursche Material bildet zweifelsohne eine neue, durch die papillöse Blattepidermis ausgezeichnete Art, *H. Balfouri* n., nachdem die anderen von mir nicht untersuchten Arten, nämlich *H. Engelmannii* Aschers. von der floridanischen Küste und aus dem Antillenmeer schon wegen ihrer, wie bei *H. Aschersonii* in vierzählige Scheinquirle angeordneten Blätter und ebenso *H. decipiens* Ostenf. aus dem Busen von Siam nach dem oben Gesagten auch nicht in Betracht kommen.

Untersuchungsmaterial: *H. Aschersonii* Ostenf., Boergesen, St. Croix, H. M. — *H. Beccarii* Aschers., Beccari n. 366, Borneo, H. M. — *H. ovalis* Hook. f., Schweinfurth n. 7, Eritrea und Hildebrandt n. 3216, Madagascar, H. M. — *H. ovalis* Hook. f. β *major* (Miq.), Gunn, Tasmannia, H. M. — *H. stipulacea* Aschers., Schweinfurth n. 8, Eritrea u. U. i., Schimper, Suez, H. M.

Literatur: 10. Balfour, p. 290—343 u. pl. VIII—XII; 12. Holm, p. 3—18 u. 22—23, pl. I—III; 16. Sauvageau, p. 293—294.

2. Hydrilla.

Die Blätter dieser jetzt als monotypisch angesehenen Gattung, bzw. ihrer formenreichen und weit verbreiteten Art *H. verticillata* Casp. sind ungestielt, schmal, länger oder kürzer, oval bis länglich oder lanzettlich bis lineal, und von einem einzigen Nerven durchzogen. Der Blattrand ist mehr oder weniger deutlich sägezahnig.

Für die Gattung sind die folgenden anatomischen Merkmale charakteristisch: Das im allgemeinen zweischichtige Blattgewebe, die Streckung der beiderseitigen Epidermiszellen in der Längsrichtung der Blattspreite, wobei die gewöhnlichen unterseitigen Epidermiszellen nur etwa einhalbmal so breit sind, wie die gewöhnlichen oberseitigen, dann das Fehlen der Spaltöffnungen und der Nerventracheen, schließlich die allerdings in manchen Blättern ganz zurücktretenden, in anderen aber in großer Zahl vorhandenen, im Herbarmaterial mit braunem Inhalt erfüllten Sekretzellen, die in der oberseitigen Epidermis, sowie in dem Begleitparenchym des Nerven und in dem auf die Nachbarschaft des Nerven beschränkten Mesophyll vorkommen.

Das Blattgewebe setzt sich abgesehen von dem Nerven und dessen nächster Umgebung und abgesehen von der meist mit nur einer, der oberseitigen Epidermis zugehörigen Zellreihe vor-

springenden Blattkante aus den beiden Epidermisplatten zusammen. Stomata fehlen. Die gewöhnlichen beiderseitigen Epidermiszellen sind stets in der Richtung des Nerven gestreckt und in Längsreihen angeordnet. Besonders charakteristisch ist, daß die oberseitigen Zellen meistens fast zweimal so breit (seltener darüber) sind, als die unmittelbar darunter gelegenen unterseitigen. Wenn auch die Breite der Zellen auf derselben Blattfläche, wie bei verschiedenen Blättern wechselt, so ist doch das Verhältnis der Breiten-durchmesser im großen und ganzen überall dasselbe (2:1); es zeigen dies die folgenden Zahlen, welche die Breiten-durchmesser der oberseitigen (ob.) und unterseitigen (u.) Zellen an den Blättern verschiedener Exemplare angeben: Schramm, ob. 27—40 μ , u. 15—24 μ ; Besser, ob. 40—70 μ , u. 18—33 μ ; Zollinger n. 125 b, ob. 40—60 μ , u. 15—24 μ ; Zollinger n. 3380, ob. 30—42 μ , u. 18—24 μ ; Henkel, ob. 30—45 μ , u. 15—24 μ . Die äußersten Zellen des Blattrandes haben oberseits stets einen kleineren Breiten-durchmesser, als die gewöhnlichen oberseitigen Zellen. Über den Nerven sind die oberseitigen Zellen namentlich im oberen Teil des Blattes schmaler, als sonst. Unter dem Nerv sind die Epidermiszellen, im Vergleich mit den gewöhnlichen unterseitigen, im unteren Teil der Spreite etwas breiter, aber noch breiter sind die sich rechts und links anschließenden Zellen; im oberen Teil der Spreite sind sie ungefähr so schmal, wie die gewöhnlichen unterseitigen. Das oben erwähnte, wenig und nur in Berührung mit dem Leitbündelstrang, aber nicht überall entwickelte Mesophyll besteht aus 1—4 Zellreihen, deren Zellen in der Richtung des Nerven gestreckt sind. Wo mehr als eine Mesophyllzellenreihe vorkommt, berühren sich dieselben mit den Längswänden ihrer Zellen; gangartige Interzellularen fehlen. Gerade oder etwas gebogene spitze einzellige Haare finden sich am Blattrand. Sie krönen in der Regel die schwach bis kräftig entwickelten Zähne desselben, an deren Bildung die der Kantenzellreihe benachbarten Zellenreihen in verschiedenem Grad mitbeteiligt sind. Die bisher in der Literatur nirgends angeführten Sekretzellen sind vor allem im getrockneten Material durch ihren braunen bis rotbraunen Inhalt ausgezeichnet. Schon bei der Lupenbetrachtung des Blattes treten sie als undurchsichtige Punkte entgegen und es läßt sich daher unschwer feststellen, daß sie auf derselben Spreite in ungleichmäßiger Verteilung und in den Blättern desselben Individuums in verschiedener Reichlichkeit vorkommen oder aber auch in einem Teil der Blätter ganz fehlen können. Das Fehlen der Sekretzellen in einem Teil der Blätter bei derselben Pflanze wies ich an dem klassischen Material der pommerischen Pflanze vom Damm'schen See und der lithauischen vom See Swinta (s. Caspary 3, p. 379 und 403 sqq.) nach. In dem lebenden, von Henkel stammenden und richtig bestimmten Material konnte ich überhaupt keine Sekretzellen auffinden, soviel Blätter ich auch untersuchte; auch in den Stengeln waren sie nicht zu sehen. Die Sekretzellen treten im Nerven (in dem das Leitbündel überlagernden Begleitparenchym) und dessen Umgebung (Mesophyll), in der oberseitigen Epidermis — dagegen nie in der

unterseitigen -- und selten auch in der Blattrandzellenreihe auf. Im Nerven sind die Sekretzellen meist schlauchartig; beim Exemplar Zollinger n. 3380 maß ich bis 420 μ lange bei etwa 30 μ Breite. Die Sekretzellen der oberseitigen Epidermis sind entweder wenig bis stark in der Richtung des Nerven gestreckt, wobei der Längsdurchmesser 330 μ als Maximum bei einem Breitendurchmesser von etwa 40 μ erreicht, oder fast kreisrund in der Flächenansicht bei einem Durchmesser von 40—45 μ . Die epidermalen Sekretzellen, auch die schlauchartigen, erscheinen bei tiefer Einstellung stets abgerundet; sie nehmen mit einer etwas kleinen Fläche, als der Umriß bei tiefer Einstellung ist, Anteil an Bildung der Blattoberfläche. Der braune Inhalt gibt mit FeSO_4 - oder FeCl_3 -Lösung eine schwache bis sehr deutliche Gerbsäurereaktion. Mit Javellescher Lauge entfärbt er sich in gelb und löst sich schließlich. Die Braunfärbung ist sicher nicht ursprünglich, sondern, wie aus Analogie gefolgert werden kann, durch Oxydation beim Trocknen der Pflanze entstanden. Dafür spricht auch, daß es gelang, schwachbraungefärbte Sekretzellen im Material vom Dammischen See durch Behandlung mit Dämpfen von konzentrierter Salpetersäure tiefer braun zu färben. Es mag an dieser Stelle beigefügt sein, daß langgestreckte (bis 480 μ lange) schlauchartige Sekretzellen mit demselben braunen Inhalt auch in dem Stengel des Exemplars von Zollinger n. 3380 konstatiert wurden, dort sowohl in dem kleinzelligen Gewebe des einzigen zentralen Leitbündels, als auch in dem sich nach außen anschließenden Grundgewebe. Das Leitbündel des Nerven enthält keine Tracheen. Tracheen, jedoch nur mit unvollständigen ringförmigen Verdickungen wurden von Caspary (4, p. 300—301 und Fig. 45—48 auf Taf. V) in den obersten Internodien des Stengels nachgewiesen. Kristalle aus Kalkoxalat scheinen zu fehlen. Die in Zweizahl an der Blattbasis vorhandenen länglichen Achselschüppchen (s. auch Caspary 3, p. 394 und Taf. XXV, Fig. 9 und 12) sind zweizellschichtige Gebilde, deren Randzellen insbesondere an der Spitze des flächenartigen Körpers zu langen und oft gekrümmten schlauchförmigen Wimpern ausgezogen sind. Eine Sekretion war nicht zu beobachten.

Untersuchungsmaterial: *H. verticillata* Casp.: *forma gracilis* Casp., Schramm, Damm'scher See, H. E.; *f. crispa* Casp., Besser, See Swinta bei Wilna. H. E.; *f. Roxburghii* Casp., Zollinger n. 125 b, Ins. Lombok. H. E.; Zollinger n. 3380. Ins. Sumbawa, H. E.; planta viva Henkel-Darmstadt.

Literatur: 2. Chatin, p. 21—24 und pl. IX; 3. Caspary, p. 379—425, 464 und Taf. XXV—XXVII; 4. Caspary, p. 293—310 u. Taf. IV—VII; 13. H. Schenck, p. 17 und 46; 22. Kirchner, Löw und Schroeter, p. 667—678.

3. Elodea.

Für die längeren oder kürzeren, verschieden, fast dreieckig, oval, länglich oder lineal gestalteten, sitzenden und innervigen Blätter der typischen Arten -- ausgenommen *E. ? densa* und *E. ?*

Najas, die getrennt abgehandelt werden — sind die folgenden anatomischen Charaktere hervorzuheben: Das zweischichtige, von den beiden Epidermisplatten gebildete Blattgewebe, der Mangel der Spaltöffnungen, Nerventracheen und Sekretzellen, die faserartige Ausbildung der zu äußerst am Blattrand gelegenen 1 und mehr Zellreihen in der unterseitigen Epidermis und das Vorkommen einzelliger Deckhaare am Blattrand.

Das Blattgewebe (Fig. 5) setzt sich, wie bei den vorigen Gattungen, im allgemeinen, nämlich abgesehen von dem Nerven und dessen nächster Umgebung und abgesehen von der einzellreihigen Blattkante, deren Zugehörigkeit zur oberseitigen Epidermis meist deutlich hervortritt, nur aus den beiden Epidermisplatten zusammen. Das Mesophyll ist nur in der unmittelbaren Nähe des Nerven und fast immer sehr wenig entwickelt. H. Schenck (13, Taf. III, Fig. 13) zeichnet schon auf dem Querschnitt des Blattes von *E. canadensis* rechts und links vom Leitbündelstrang ein paar Zellen zwischen den beiden Epidermisschichten, die das Begleitparenchym des Nervenstranges bilden, und jenseits davon je einen größeren Interzellularräum. In der Flächenansicht erscheinen diese Begleitzellen in der Längsrichtung des Nerven mehr oder weniger stark gestreckt und in Reihen angeordnet, die größeren Interzellularräume gangartig. Eine solche oder ähnliche Ausbildung des Mesophylls ist bei den meisten Arten zu beobachten. Nur *E. ? crispa* macht eine Ausnahme durch eine stärkere Entwicklung desselben, kurz gesagt, nach dem *Lagarosiphon*-Typus (vergl. unter *Lagarosiphon*). Das Begleitgewebe ist hier 2—3 Zellen dick; an dasselbe schließt sich rechts und links vom Nerven je ein weiterer Interzellulargang an, der im unteren Teil der Spreite von einzellschichtigen Querdiaphragmen durchsetzt wird, sodann je ein nur 1 Zelle breiter und 1—2 Zellen dicker Mesophyllzellenstreifen, dessen Zellen in gleicher Weise, wie die Begleitzellen gestreckt sind, und jenseits desselben je ein zweiter meist schmaler Luftgang und stellenweise, nahe der Blattbasis, sodann noch je eine weitere Mesophyllzellenreihe. Bezüglich der gewöhnlichen, fast immer in deutliche Längsreihen angeordneten Epidermiszellen ist zunächst hervorzuheben, daß das Verhältnis des Breitendurchmessers der oberseitigen zu dem der unterseitigen bei fast allen Arten annähernd 2 : 1 oder sogar mehr (doch $< 3 : 1$) beträgt, wie die folgenden Zahlen ausweisen: *E. callitrichoides*, ob. 27—36 μ , u. 15—21 μ ; *E. canadensis*, ob. 33—45 μ , u. 18—30 μ ; *E. chilensis*, ob. 24—42 μ , u. 15—27 μ ; *E. crispa* ob. 45—54 μ , u. 15—27 μ ; *E. granatensis*, ob. 18—30 μ , u. 9—15 μ ; *E. orinocensis*, ob. 21—40 μ , u. 9—20 μ ; *E. Planchonii*, ob. 27—54 μ , u. 18—30 μ . Eine Ausnahme macht *E. guianensis* (ob. 21—45 μ , u. 18—40 μ), wo die Zellen der Ober- und Unterseite sich in ihrer Breite ungefähr decken und die unterseitigen höchstens am Blattrand etwas schmaler sind, als die oberseitigen (s. übrigens auch die obigen Zahlenangaben für *E. callitrichoides*). Die gewöhnlichen unterseitigen Zellen sind im allgemeinen annähernd vierseitig in der Flächenansicht und wenig (z. B. *E. crispa*) bis stark (z. B.

E. granatensis) in der Längsrichtung des Blattes gestreckt. Die oberseitigen sind entweder auch vierseitig und dabei mäßig oder stärker (*E. guianensis*) gestreckt (*E. callitrichoides*, *chilensis*, *granatensis*, *guianensis* und *orinocensis*) oder aber sie zeigen in der Flächenansicht einen Übergang zur mehr isodiametrisch-polygonalen Gestalt (*E. canadensis*, *crispa*, auch *Planchonii*). Abweichungen von der gewöhnlichen Struktur zeigen oberseits namentlich die über dem Nervenleitbündel gelegenen, oft recht langgestreckten Zellen, sowie die Zellen der äußersten Randzellenreihen, welche oft schmaler sind. Bei *E. granatensis* und *orinocensis* beobachtete ich in der Mitte der Außenwand von oberseitigen Epidermiszellen ähnliche kreisförmig oder elliptisch abgegrenzte Areale, wie bei bestimmten *Halophila*-Arten. In der unterseitigen Epidermis sind vor allem die Randfasern (Fig. 6—7) zu besprechen, die ein ausgezeichnetes Merkmal der typischen *Elodea*-Arten bilden. Sie

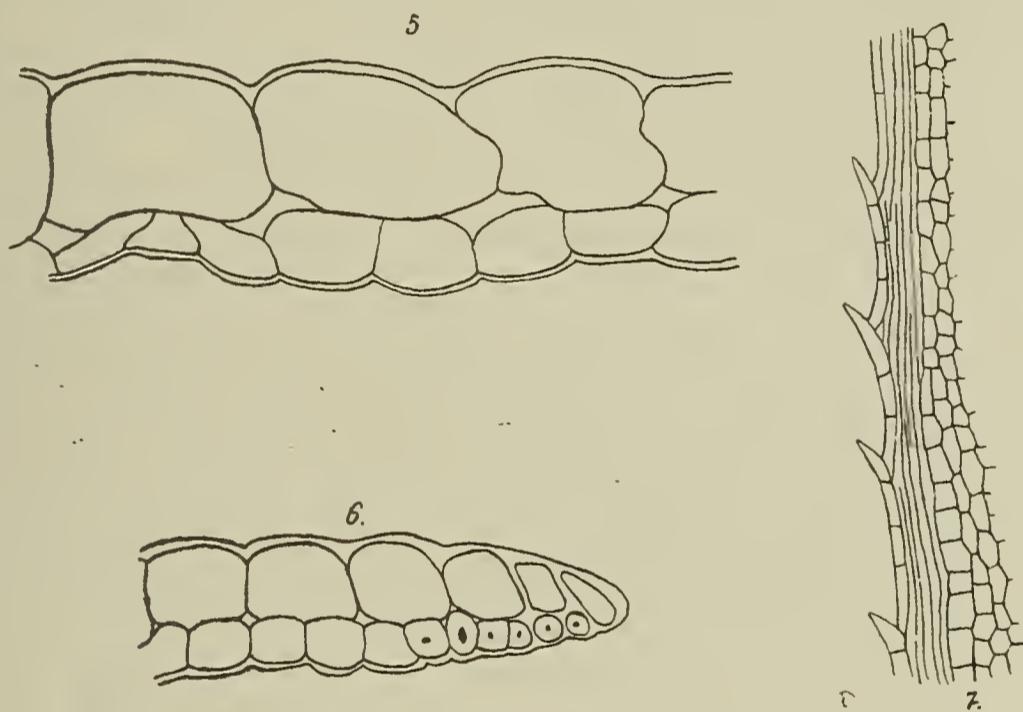


Fig. 5—7. *Elodea canadensis*.

Fig. 5. Blattquerschnitt ($270/1$). Fig. 6. Querschnitt des Blattrandes ($270/1$).

Fig. 7. Blattrand in der Flächenansicht ($46/1$).

fehlen nämlich nur bei *E. ? densa* und *? Najas*. Schenck (13, p. 17 und Taf. III, Fig. 13) hat sie für *E. canadensis* gezeichnet und beschrieben. Er bemerkt, daß das Nervenleitbündel an seiner Unterseite von einer Bastfasergruppe begleitet ist und sagt im Anschluß daran: „Außerdem sind die unmittelbar unter demselben gelegenen Epidermiszellen, sowie an den Blatträndern mehrere nebeneinander liegende Zellen der unteren Epidermis langgestreckt und verdickt, also bastfaserartig differenziert. Die Randfasern dürften die zarte Lamina wirksam gegen Einreißen schützen. Vielleicht besitzt auch *Hydrilla* solche Fasern.“ Dem ist gleich beizufügen, daß *Hydrilla* keine Randfasern hat, so daß sich durch ihren Besitz *E. canadensis* ganz leicht und sicher von *Hydrilla v.*, mit der sie nicht selten in den Herbarien vermengt ist, unterscheiden läßt — viel leichter als durch die Gestalt der Achselschüppchen, da diese an den älteren Internodien nicht mehr zu finden sind. Bei *Hydrilla*

kommen unterseits am Blattrand zwar mitunter, wie ich z. B. an dem Henkel'schen Material sah, recht langgestreckte (bis 500 μ lange) und mit dem einen Ende auch nach Art des Prosenchyms in einandergekeilte Zellen vor; doch sind diese Zellen rücksichtlich Wanddicke und Lumen von den zunächst liegenden unterseitigen und typisch parenchymatischen Zellen nicht verschieden. Die Randfasern haben zunächst das gemeinsam, daß sie typisch prosenchymatisch sind. Sie sind dabei oft sehr dickwandig und englumig, wie bei *E. canadensis*, zuweilen aber auch weiterlumig, wie bei *E. Planchonii*. Bei *E. canadensis* habe ich bis 6 Randfasern nebeneinander angetroffen, bei *E. chilensis*, *crispa*, *granatensis* und *Planchonii* auf größere Strecken des Blattrandes hin 2 oder sogar 3—4 Randfasern, während ich bei *E. callitrichoides*, *orinocensis* und *guianensis* die Randfasern gewöhnlich nur da in Zweizahl antraf, wo sie mit ihren Enden sich nebeneinander schieben. Bei *E. guianensis* stellte ich ihre Länge mit 660, 735 und sogar 960 μ fest. Die Randfasern reichen bei manchen Arten, wie bei *E. canadensis*, bis an die Basis des Blattes; an dem schmalen Blatt von *E. guianensis* beginnen sie dagegen erst 4½—5½ mm über der Blattbasis. Sie erstrecken sich bis nahe zur Blattspitze, greifen aber nicht um diese herum. Bei *E. callitrichoides* konstatierte ich ein Aussetzen der Randfasern an kurzen Strecken des Blattrandes. Die oben angeführte Bemerkung von Schenck, daß solche Faserzellen im Anschluß an die pericyklische Faserzellengruppe (s. Fig. 13 bei Schenck) auch in der unterseitigen Epidermis vorkommen, kann ich in dieser Präzision nicht bestätigen. An einigen, aber nicht allen Blättern von *E. canadensis* beobachtete ich allerdings, daß im oberen Teil der Spreite die unter dem Leitbündel gelegenen Epidermiszellen schmaler, stärker gestreckt und dickerwandig als sonst an dieser Stelle sind, und manchmal auch eine faserartige Zuspitzung zeigen; eine wirkliche Fasernatur liegt aber nicht vor. Weitere Abweichungen von der Beschaffenheit der gewöhnlichen unterseitigen Zellen finden sich bei einem Teil der Arten noch insofern, als insbesondere im unteren Teil der Spreite rechts und links vom Nerven je eine Längszone von breiteren Zellen zu beobachten ist, welche beide zuweilen an der Spreitenbasis über dem Nerven zusammenschließen, und als im oberen Teil der Spreite die direkt über dem Nervenleitbündel gelagerten Zellen relativ stark gestreckt sind. Spaltöffnungen fehlen¹⁾. Die bei allen Arten vorkommenden feinen Randzähne des Blattes werden ausschließlich von den geraden und spitzen einzelligen Deckhaaren gebildet. Diese finden sich einzeln oder gepaart auch an der Spitze des Blattes; mitunter hat es den Anschein, als wenn von 2 apikalen Haarzellen nur eine zum Haar ausgewachsen ist. Bei *E. crispa* allein kommt in ähnlicher Weise, wie bei den *Lagarosiphon*-Arten, an der Blattspitze ein Komplex

¹⁾ Die schon von Caspary (Bot. Zeitung 1858. p. 315 u. Taf. IX, Fig. 4) an der Spitze der äußeren Perigonblätter angegebenen und abgebildeten Stomata liegen auf beiden Seiten nicht nur einzeln, sondern auch zu mehreren, 2—5 in Gruppen beisammen, dabei sich direkt berührend und mitunter unvollständig ausgebildet, indem nur eine Schließzelle entwickelt ist. Nebenzellen fehlen.

von besonderen Zellen vor; er ist auch hier rechts und links von einem Randhaar begleitet. Sekretzellen finden sich weder im Stengel noch im Blatt. In absterbenden Blättern von *E. canadensis* und ebenso im Herbarmaterial anderer Arten findet man allerdings nicht selten auf beiden Blattseiten mit einem braunen Inhalt erfüllte Epidermiszellen, die den braunen Sekretzellen von *Hydrilla* ähnlich sind und sich mit der Lupe schon als braune Punkte bemerkbar machen. Der sorgsame Beobachter wird aber unter dem Mikroskop leicht feststellen können, daß in dem braunen Inhalt Chlorophyllkörner eingeschlossen sind oder wenigstens auf derselben Blattfläche Zellen mit Chlorophyllkörnern zu finden sind, in denen schon die Bräunung des Inhaltes begonnen hat, wozu noch kommt, daß den betreffenden Zellen die Abrundung der braunen Idioblasten abgeht, daß ihr Umriß sich von dem der anderen nicht braunen Zellen ganz und gar nicht unterscheidet. In dem Nervenleitbündel fehlen auch bei *Elodea* ringförmig oder spiralig verdickte Tracheen. „Gefäße“ — es sind übrigens nur tracheenähnliche Elemente — mit unvollständigen Ringverdickungen hat Caspary (3, p. 439 und Taf. XXVIII, Fig. 62—63 A) bei *E. canadensis* in dem Leitbündel des Stengels und den von diesem abzweigenden Blattspurbündeln, soweit sie noch im Stengel verlaufen, beobachtet. Typische Bastfasergruppen an der Unterseite des Nervenleitbündels bemerkt schon Schenck für *E. canadensis*; ich sah sie noch bei *E. granatensis* und *orinocensis*. Kleine doppelt oder nicht doppeltbrechende, verschieden gestaltete Kristalle sind nicht selten in der Epidermis. Bei *E. crispa* bestehen die würfeligen oder stäbchenförmigen, schwach oder nicht doppeltbrechenden Kristallkörper, die in größerer Zahl fast jeder Epidermiszelle zu sehen sind, gemäß der Einwirkung der bekannten Reagenzien (Essigsäure, Salzsäure, konz. Schwefelsäure) aus Kalkoxalat. Die an der Blattbasis in Zweizahl vorhandenen Achselschüppchen, welche sich aus zwei Zellagen zusammensetzen, sind nach Caspary stets ungewimpert. Bei *Elodea canadensis* sah ich die eine oder andere Randzelle derselben halbkugelig vorspringen und in diesen anscheinend eine subkutikuläre Sekretion. Nach Schilling (18, p. 335—336 und Fig. 4 auf p. 334) sind die Achselschüppchen von *E. canadensis* Schleimbildner. Der Schleim entwickelt sich subkutikular aus den äußersten Teilen der Zellmembrane und sprengt schließlich die blasig abgehobene Kutikula.

Elodea? densa Casp.

E. densa unterscheidet sich in anatomischer Beziehung von den typischen Arten des Genus durch den Mangel der unterseitigen Randfasern und durch den Besitz von epidermalen Sekretzellen mit hellem, harzigem, durch Jodjodkalium sich schöngelb tingierendem Inhalt.

Im übrigen schließt sich die Art rücksichtlich der Blattstruktur an die anderen an. Das Blattgewebe wird bis auf die einzellreihige Blattkante und dem einzigen Nerven mit seiner nächsten Umgebung, wo sich

1—2 Mesophyllzellenlängsreihen einschieben, nur von der ober- und unterseitigen Epidermis gebildet. Die Epidermiszellen sind in der Richtung des Nerven deutlich gestreckt und in Längsreihen angeordnet; in der Flächenansicht sind sie vierseitig, gewöhnlich auch noch so im obersten Teil der Spreite. Die gewöhnlichen oberseitigen Epidermiszellen sind ungefähr zweimal so breit, als die darunter gelegenen unterseitigen (ob. 36—51 μ , u. 15—27 μ); erstere sind auch, wie bei *E. canadensis*, im Querschnitt viel höher und damit viel geräumiger. Oberseits sind außerdem die Epidermiszellen über dem Nervenleitbündel und am äußersten Blattrand schmaler als sonst, unterseits die über dem Nervenleitbündel gelegenen, namentlich im unteren Teil der Spreite, breiter. Die meist geraden einzelligen Haare bilden allein oder fast allein die Zähnelung des Randes; ein einzelnes Haar findet sich an der Blattspitze. Der Nerv enthält keine Tracheen. Nur bei dem Exemplar von Tweedie fand sich an der Unterseite des Leitbündels eine kleine Gruppe aus 2—3 dickwandigen und englumigen Faserzellen. Die Achsel-schüppchen sind fast kreisrunde, zweizellschichtige Gebilde mit nicht ganz $\frac{1}{3}$ mm Durchmesser, deren Zellen zum Teil stark vorspringen, aber nicht sekretorisch sind (s. auch 12. Holm, Fig. 46 auf pl. IV).

Eine genaue Besprechung erfordern die Sekretzellen, welche auch zahlreich in dem Stengel (pl. v.) vorkommen und in beiden Organen, Blatt und Stengel, auf die Epidermis beschränkt sind. Sie zeichnen sich im getrockneten, wie im lebenden Material durch ihren farblosen Inhalt aus, der im Gegensatz zu dem Inhalt der anderen Epidermiszellen keine Chlorophyllkörner einschließt. Wohl wegen ihres farblosen Inhaltes sind diese Sekretzellen von Holm (12, p. 19—21 und pl. IV) übersehen worden, welcher von Seubert und zweifellos richtig bestimmtes, von Warming gesammeltes brasilianisches Material der *E. densa* zum Gegenstand einer anatomischen Untersuchung gemacht hat. Deshalb sei gleich bemerkt, daß sie durch Einlegen von Blattstücken des lebenden, wie des getrockneten Materials in Jodjodkalium und die hierdurch bewirkte schöne weingelbe Färbung ihres Inhaltes sofort aufzufinden sind. Die Sekretzellen finden sich in den beiden Epidermisplatten des Blattes. Oberseits sind sie nur auf eine nicht sehr schmale Randzone der Blattfläche beschränkt. Unterseits treten sie zahlreich fast auf der ganzen Blattfläche auf, jedoch abgesehen von einer Randzone, die sich mit der vorhin erwähnten nicht ganz deckt, so daß sehr wohl noch eine unterseitige Sekretzelle näher dem Blattrand gelegen sein kann, als eine oberseitige. Die Sekretzellen liegen auf beiden Seiten entweder einzeln oder zu 2—4 hintereinander in einer zum Nerven parallelen Reihe. Sie sind auch meist in der Richtung des Nerven gestreckt, dabei verschieden lang, die längsten schmaler, die kürzeren breiter in der Flächenansicht. Die folgenden Zahlen bringen das Verhältnis von Längen- und Breitendurchmesser bei den längsten zum Ausdruck: 120: (33—54) μ , 178:24 μ , 180:27 μ u. s. w. Die Sekretzellen erscheinen bei tiefer Einstellung in der Flächenansicht breiter und

an den Enden abgerundet; an der Bildung der Blattoberfläche sind sie mit einer kleineren Fläche beteiligt. In der Stengelepidermis sind die Sekretzellen gleich den anderen Zellen des Hautgewebes in axiler Richtung gestreckt, dabei kürzer oder länger. Sie fehlen, wie nochmals ausdrücklich hervorgehoben werden soll, im Grund- und Stranggewebe des Stengels. Dort sind auch Sekretzellen mit anderem Inhalt nicht zu beobachten gewesen. Über die Reaktionen des Sekretes, die namentlich an dem lebenden Material angestellt wurden, ist folgendes anzuführen. Mit Alkohol wird der stark lichtbrechende Inhalt zunächst grau und feinkrumm; Zufließen von Wasser verursacht dann wieder ein Aufquellen zum hellen, lichtbrechenden Inhalt. Nach sehr langer Einwirkung von Alkohol ist völlige Lösung des Sekretes eingetreten, indem nur körnige Plasmoreste und der Zellkern zurückbleiben. Mit Jodjodkalium tritt die schon erwähnte schöne weingelbe Färbung des Sekretes auf, die sich auf Zusatz von verdünnter Schwefelsäure noch verstärkt, während auf Zusatz von konzentrierter Schwefelsäure eine Rot- bis Rotbraunfärbung zu sehen ist. Längeres Liegen in Jodjodkaliumlösung läßt das gelbgefärbte Sekret als einen von der Zellwand losgelösten derbwandigen, im Innern mit vakuoligem Inhalt erfüllten Sack erscheinen. Durch Behandlung mit Javellescher Lauge, Kalilauge oder Dämpfen von konzentrierter Salpetersäure wird keine Braunfärbung des Sekretes erreicht. Nach längerem Liegen in Kalilauge ist das Sekret hellgrün gefärbt; diese Färbung ist aber zweifellos durch die Einwirkung des Alkali auf den Farbstoff der Chlorophyllkörner in den benachbarten Zellen und die Imprägnierung des Sekretes mit der Farbstofflösung zu erklären, also nicht von Belang. Zu einer Täuschung, als ob „Myriophyllin“ in dem Sekrete enthalten wäre, kann leicht die Reaktion mit Vanillinsalzsäure-Veranlassung geben. Mit diesem Reagens färbt sich nämlich das Sekret, mitunter unter Loslösung und Zusammenziehung, in einem Teil der Sekretzellen — nicht in allen — schön rosa oder sogar blutrot. Eine Rosafärbung wird ebenso stellenweise schon durch konzentrierte Salzsäure allein hervorgerufen. Diese Färbungen haben aber keine lange Dauer, und nach längerem Liegen tritt dann das Sekret zusammengezogen oder der Rest desselben in Tropfenform und dabei hellgrün gefärbt (im Salzsäureapparat stellenweise auch indigblau) entgegen. Die Rosa- oder Rotfärbung ebenso wie die Grünfärbung ist als keine charakteristische Eigentümlichkeit des Sekretes anzusehen. Die erstere ist keine Myriophyllinreaktion und lediglich bewirkt durch die Einwirkung der Reagenzien auf das Anthocyan, das in vielen Blattzellen vorhanden ist und durch die Imprägnierung des Sekretes mit der entstandenen roten Lösung; die letztere ist in gleicher Weise, wie die oben erwähnte Grünfärbung des Sekretes nach längerer Einwirkung von Kalilauge, zu erklären.

Zur äußeren Morphologie der vegetativen Organe und zur näheren Kenntnis der Blütenverhältnisse von *E. densa* ist im Anschluß an die Angaben von Planchon (Hydrocharidées nouvelles, in Ann. sc. nat., Sér. 3, T. XI, 1849, p. 79–81)

und von Caspary (3) folgendes anzuführen. Die Laubblattquirle sind 3-, 4-, 5- und mehrzählig. Die vegetativen Sprosse setzen, wie bei den anderen *E.*-Arten, mit 2 Vorblättern ein. Diese Vorblätter liegen aber, wie an den entwickelten und den unentwickelten, im Knospenstadium befindlichen Seitensprossen mit voller Sicherheit festgestellt wurde, nicht, wie bei *E. canadensis* lateral, sondern vielmehr median. Dabei ist das hintere Vorblatt das größere und umschließt in der Knospe das vordere. Weiter ist hervorzuheben, daß bei *E. densa*, gleichwie für *Elodea* überhaupt und speziell für *E. canadensis* angegeben wird (Eichler, Blütendiagramme I, 1875, p. 92), das Tragblatt der Inflorescenz, und zwar mit dieser selbst, zum nächsten Blattquirl herabrückt, so daß der obere in Bezug auf die Zahl seiner Laubblätter reduziert erscheint; zuweilen rücken sogar 2 Laubblätter herab. Ich konstatierte bei *E. densa* die folgenden Fälle: oberer Quirl mit 3 Laubbl., nächst unterer mit 4 und 1 herabgedrücktem, in der Achsel des letzteren die Inflorescenz, kurz ausgedrückt: ob. 3, u. 4 + 1; weiter nach diesem Schema: ob. 3, u. 4 + 2, dabei die zwei herabgedrückten Blätter einmal bis auf die freien Spitzen verwachsen; ob. 4, u. 4 + 1; ob. 4, u. 5 + 1; ob. 4, u. 6 + 2. Auch das Tragblatt einer vegetativen Knospe fand ich herabgerückt nach dem Schema: ob. 3, u. 4 + 1. Von *E. densa* sind nur die männlichen Blüten bekannt. Die Angabe bei Caspary (3, p. 435) und darnach auch bei Holm (12, p. 19), daß die weiblichen Blüten sich in einem Manuskript von Aug. de St. Hilaire des H. Mus. Paris beschrieben finden, ist mit Rücksicht auf die Ausführungen von Caspary auf p. 476 (unter *E. Najas*) auf einen Lapsus calami zurückzuführen, indem es p. 435 „*Egeria Najas*“ heißen muß statt „*Eg. densa*“. Die männlichen Inflorescenzen unserer Glashauspflanzen zeigen nicht 3, sondern 4—5 Blüten. Der Blütenstand ist anscheinend wickelartig. Er ist im jungen Zustand umschlossen von einer eiförmigen, dorsal zusammengedrückten, zweikantigen und an der Spitze zweizähligen schlauchförmigen Spatha von etwa 14 mm Länge und 8 mm Breite. Auf die Zusammensetzung des Schlauches aus zwei lateral gelagerten Brakteen deutet nicht allein die zweizählige Spitze, sondern auch die Tatsache hin, daß nur die beiden Kanten je ein Leitbündel (nebenbei gesagt, gleichwie auch in den Filamenten mit unvollkommen ausgebildeten Spiraltracheen) einschließen. An der Basis des Schlauches bemerkt man einige (5) kurzgestielte Achselschüppchen, die flächenartig, rundlich und stellenweise 3 Zellen dick sind. Schleimabsonderung findet innerhalb der Spatha nicht statt. Die Wand der Spatha ist im allgemeinen zweizellschichtig und enthält in der äußeren Zellschicht längsgestreckte Sekretzellen, einzelne oder mehrere in einer Reihe, analog denen des Blattes. Die Beobachtungen über die Struktur der männlichen Blüte fassen sich am besten in die folgende Diagnose zusammen: „Pedunculus 82 mm longus. Sepala 3, uninervia, ovata, 3½ mm longa, 2½ mm lata, viridula, aestivatione contorta. Petala 3, suborbiculari-obovata, 7 mm longa, 5 mm lata, alba. Stamina 9, 2 mm longa, filamentis incrassatis, epidermide subgloboso-papillosa instructis, antheris 4-ocularibus, oblongis, 1 mm

longis. In centro floris tuberculum truncato-trilobum (verisimiliter ovarii rudimentum)“. Ich bemerke dazu noch, daß der Pollen kugelig ist, im Wasserpräparat einen Durchmesser von 75μ zeigt und gelbgefärbt ist, keine Keimporen hat und mit einer reichlich- und feinstachligen Exine versehen ist. Die Gelbfärbung ist durch einen der Pollenoberfläche anhaftenden Farbstoff (Karoten?) bedingt, der mit konzentrierter Schwefelsäure schön blau wird.

Elodea? Najas Casp.

Bei dieser Art fehlen wieder die unterseitigen Randfasern, wodurch sie mit *E. densa* übereinstimmt. Doch unterscheidet sie sich von dieser wesentlich, daß keine Sekretzellen vorkommen.

Das Blattgewebe ist im allgemeinen zweischichtig. Das Breitenverhältnis der gewöhnlichen ober- und unterseitigen Epidermiszellen ($[36-57] \mu$: $[12-24] \mu$) ist ein ähnliches, wie bei den meisten anderen *E.*-Arten; zwei, mitunter sogar drei der in Richtung der Blattlängsachse gestreckten und in Längsreihen angeordneten unterseitigen Zellen treffen auf eine oberseitige. Die oberseitigen Zellen sind wenig gestreckt, mehr polygonal, als vierseitig in der Flächenansicht, im oberen Teil der Spreite sogar isodiametrisch-polygonal. Die Abweichungen in der Gestalt der Zellen über den Nerven, bzw. am Blattrand sind dieselben, wie bei *E. densa*. An der Bildung der Blattzähne sind außer den etwas gebogenen einzelligen Trichomen auch Zellen der Epidermisplatten beteiligt; die Blattspitze wird von einem kräftigen Haar gebildet.

Ich habe *Elodea densa* und *Najas*, welche bei Planchon die Gattung *Egeria* bilden, mit Rücksicht auf ihre unsichere Stellung in der Gattung *Elodea* mit einem Fragezeichen versehen. Der Entscheid, ob diese beiden noch recht ungenügend gekannten Arten, von denen die erstgenannte eine verbreitete Aquariumpflanze geworden ist, in der Tat aus dem Genus auszuscheiden haben und ob sie Glieder neuer Gattungstypen sind, muß einer monographischen Bearbeitung der Gattung überlassen bleiben.

Unter Berücksichtigung meiner anatomischen Untersuchungen glaube ich aber folgendes sagen zu sollen. Es ist sehr bemerkenswert, daß die Arten mit hermaphroditen Blüten, *E. granatensis*, *guianensis* und *orinocensis* mit der polygamischen *E. canadensis* und mit den Arten, bei welchen nur eingeschlechtige Blüten bekannt sind, *E. callitrichoides*, *chilensis* und *Planchonii*, den Besitz der Randfasern teilen. Dieser Befund gibt Caspary (3, p. 435) recht, daß er bei der Abgrenzung der Gattung *Elodea* dem Verhältnis der Verteilung der Geschlechter kein Gewicht beigemessen hat. Damit fällt auch das Gattungsmerkmal der Dioecie für *Egeria*. Dagegen gewinnt durch das Hinzukommen anatomischer Unterscheidungsmerkmale (keine Randfasern bei beiden *Egeria*-Arten und epidermale Sekretzellen bei *E. densa*) das äußere Merkmal, daß sich

bei *Egeria* in einer Spatha statt einer einzigen männlichen Blüte, wie sonst bei *Elodea*, 2 und mehr entwickeln, eine größere Bedeutung, als Caspary (3, p. 436) diesem Zahlenverhältnis eingeräumt hat. Auch ist bei der Frage nach der systematischen Stellung der beiden Arten die beträchtliche Größe der inneren Perigonblätter zu berücksichtigen, namentlich bei *E. densa*, deren Blüten schon Planchon sehr zutreffend mit denen des *Ranunculus aquatilis* verglichen hat, und ebenso die mediane Stellung der Vorblätter der vegetativen Seitensprosse bei *E. densa*. Was St. Hilaire in seinem Manuskript über die weiblichen Blüten von *E. Najas* angibt, ist für die angeschnittene Frage von keiner Bedeutung.

In der Aufzählung des Untersuchungsmaterials ist auch *E. crispa* mit einem Fragezeichen versehen. Ich habe sie noch nicht blühen sehen. Sie ist eine Einführung von Henkel-Darmstadt und stammt gemäß der Angabe in Henkels Katalog n. 96, 1908, p. 26, aus Südafrika (Hansen, Klerksdorp). Aus pflanzengeographischen Rücksichten ist schon die Zugehörigkeit der Pflanze zu *Elodea* fraglich. *Elodea* ist bisher nur aus dem amerikanischen Kontinent und eingewandert in Europa bekannt. Anatomisch stimmt die Pflanze, insbesondere durch die Randfasern, im wesentlichen mit *Elodea* überein. Die Struktur der Blattspitze (s. oben) erinnert aber an *Lagarosiphon*, wo auch die Randfasern vorkommen.

Untersuchungsmaterial:¹⁾ *E. callitrichoides* Casp., Ex Herb. Richard in Herb. Drake (Paris)²⁾. — *E. canadensis* Casp., pl. v. — *E. chilensis* Casp., Bang n. 165, Bolivia. H. M. — *E. ? crispa* Hort., pl. v. Henkel und Haage und Schmidt. — *E. ? densa* Casp., Tweedie. Buenos Ayres, Herb. Hookerian. (London); pl. v., Hort. Erlang., auch Haage und Schmidt; *E. densa* var. *longifolia* Hort., pl. v., Henkel. — *E. granatensis* Humb. et. Bonpl., Herb. de l'Amérique équatoriale. donnée par Bonpland n. 1757 (Paris). — *E. guianensis* Rich., Martius. Brasilia, H. M. — *E. ? Najas* Casp., St. Hilaire B' n. 1840, Brasilien (Paris). — *E. orinocensis* Rich., Ex Herb. Richard, Herb. Drake (Paris). — *E. Planchonii* Casp., Cleghorn, Canada, Herb. Hookerian. (London).

Literatur: 2. Chatin, p. 24—25 und p. 26—27, pl. X—XI; 3. Caspary, p. 439—461 Taf. XXVII—XXIX; 7. Horn, p. 426—433 mit Taf.; 12. Holm, p. 19—21 und 24, pl. IV; 13. Schenck, p. 17 u. 45—46. Taf. III, Fig. 13 und Taf. VIII, Fig. 44; 18. Schilling, p. 335—336 und Fig. 4 auf p. 334; 21. Weinrowsky, p. 36; 22. Kirchner, Löw und Schroeter, p. 678—688.

4. Lagarosiphon.

Im Index Kewensis sind bis jetzt zwölf Arten angeführt, die aber nur zum Teil näher bekannt sind. Diese sind: *L. cordofanus*

¹⁾ Das Blattmaterial der Originalien aus Paris und London erhielt ich durch die Güte des Kollegen Lecomte vom Muséum d'histoire naturelle und des Direktors von Kew-Gardens Prain. Ihnen sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

²⁾ Die unter dem Namen *E. callitrichoides* von Haage und Schmidt bezogene Handelspflanze hat keine Randfasern und gehört darnach nicht zu *E. callitrichoides* Casp. und wahrscheinlich überhaupt nicht zu *Elodea*.

Casp., *crispus* Rendle, *densus* Ridley, *Fischeri* Gürke, *hydrilloides* Rendle, *madagascariensis* Casp., *muscoides* Harv., *Nyassae* Ridley, *rubellus* Ridley, *Schweinfurthii* Casp., *Steudneri* Casp. und *tenuis* Rendle. Ihre Blätter sind sitzend, lineal bis lanzettlich, kürzer oder länger und einnervig (s. Anm. 1 auf p. 61). Bei der Mehrzahl der Arten sind nur die weiblichen Blüten beschrieben; die männlichen, welche für die Frage nach der Zugehörigkeit der Art zur Gattung *Lagarosiphon* von ausschlaggebender Bedeutung sind, nur bei *L. crispus*, *muscoides* und *rubellus*.

Den Typus der Gattung bildet bekanntlich *L. muscoides*. Die charakteristischen Merkmale des Genus bestanden für Caspary (3, p. 477) „in Dioecismus und Dreimännigkeit, darin, daß viele männliche Blüten, nicht eine bis drei in einer Spatha gebildet werden, daß die Blätter zerstreut stehen und die Samenknospen orthotrop und aufrecht sind.“ Von diesen exomorphen Kennzeichen ist für die Unterscheidung von der nächstverwandten Gattung *Elodea* nur das einzige wesentlich, daß die männlichen Blüten zu vielen in einer Spatha sich entwickeln, während die meisten anderen auch innerhalb der Gattung *Elodea* auftreten und die Blattstellung bei *Lagarosiphon* in der gegenwärtigen Umgrenzung nicht einheitlich ist.¹⁾ Da die männlichen Blüten nur bei den drei oben genannten Arten gesammelt sind, so scheint es fast, als ob die Einreihung der anderen unter *Lagarosiphon* vor allem aus pflanzengeographischen Rücksichten erfolgt ist, deshalb, weil sie in Afrika oder Madagaskar heimisch sind im Gegensatz zu *Elodea*, die nur nord- und süd-amerikanische Arten enthält.

Die anatomische Untersuchung des Blattes, zu welcher mir außer *L. muscoides* leider nur noch *L. cordofanus*, *densus*, *madagascariensis* und *Schweinfurthii*, diese sämtlich mit floribus masculis ignotis, zu Gebote standen, hat kein wesentliches anatomisches Unterscheidungsmerkmal gegenüber *Elodea* feststellen lassen. Dagegen ergab sie, daß die Randfasern in der unterseitigen Blattepidermis, welche für die typischen *Elodea*-Arten so charakteristisch sind, bei *L. muscoides* und auch bei *L. Schweinfurthii* vorkommen, aber nicht bei den drei übrigen Arten. Eine Untersuchung der sämtlichen *Lagarosiphon*-Arten in dieser Hinsicht wird für die Klärung des gegenwärtigen Inhaltes der Gattung von großem Wert sein.

Ich lasse nun zunächst die Beschreibung der Blattstruktur von *L. muscoides* folgen und bespreche dann die der anderen von mir untersuchten Arten.

Das lineale Blatt von *L. muscoides* besitzt ein schmales, von mehr als zwei Zellschichten gebildetes Mittelfeld, welches den einzigen Nerven und zu dessen beiden Seiten ein wenig entwickeltes Mesophyll einschließt, während der übrige Teil des Blattes nur von zwei Zellagen, der ober- und der unterseitigen Epidermis, gebildet wird. Das Mesophyll besteht aus dem Begleitgewebe, das sich

¹⁾ *L. hydrilloides* hat folia verticillata. Für *L. cordofanus*, *crispus* und *rubellus* werden folia subopposita angegeben.

an den Leitbündelstrang des Nerven anschließt, und beiderseits davon gewöhnlich nur noch aus je einem, nur eine Zelle breiten und zum Nerven parallel verlaufenden Mesophyllstreifen, welcher von dem Begleitgewebe durch einen „inneren“ Interzellulargang getrennt ist. Seine Zellen sind insgesamt in der Richtung der Blattlängsachse gestreckt und in Längsreihen angeordnet. Die „inneren“ Interzellulargänge sind stellenweise, und zwar im unteren Teil des Blattes durch eine Querselle, weiter oben durch papillöse Ausstülpungen von Zellen des Mesophyllstreifens unterbrochen. An der dem Blattrand zugewendeten Außenseite der Mesophyllstreifen, zwischen diesen einerseits und den gleich näher zu besprechenden Sklerenchymfaserbündeln oder dem zweizellschichtigen Teil der Spreite andererseits findet sich noch je ein zweiter und meist schmaler „äußerer“ Interzellulargang. Hinzuzufügen ist noch, daß im obersten Teil des Blattes die Mesophyllstruktur und die Luftgänge entsprechend reduziert sind. Als Abgrenzung des Mittelfeldes vom zweizellschichtigen Teil der Blattspreite treten im Blattinnern Sklerenchymfaserbündel auf, die sich in den untersuchten Blättern etwas verschieden verhalten. Entweder fand ich rechts und links vom Mittelfeld ein Faserbündel, welches das Blatt in seiner ganzen Länge von der Basis an bis zur Spitze durchzieht (Drege) oder die Bündel beiderseits nur an der Blattspitze (Drege) oder die Bündel beiderseits schon am Blattgrund, dann auf beiden Seiten, aber ungleichweit gegen die Spitze vordringend, auf der einen nicht ganz bis zur halben Blattlänge, auf der anderen bis über zwei Drittel der Blattlänge, sodann aussetzend und schließlich, an der Blattspitze, einseitig oder beiderseits eine Faserzelle (Ecklon und Zeyher). Noch andere Verhältnisse mögen vorkommen. Sekretzellen fehlen, ebenso die Tracheen im Nerven und die Stomata. Ziemlich lange spitze, einzellige Haare der Blattrandzellenreihe bedingen die Wimperung des Blattes. Die oberseitigen Epidermiszellen sind direkt über dem Nerven schmal und langgestreckt. Im zweischichtigen Teil sind sie breiter (bis 24μ bei Drege, $15-21 \mu$ bei Ecklon und Zeyher) und mehr oder weniger gestreckt, über den randständigen Sklerenchymfasergruppen der unterseitigen Epidermis wieder schmaler und langgestreckt. Die unterseitigen Epidermiszellen sind im Mittelfeld an der Blattbasis breit, weiter oben schmaler und mehr oder weniger langgestreckt. Im zweizellschichtigen Teil sind sie sehr schmal ($6-10 \mu$) und gestreckt. Die sklerenchymfaserartige Ausbildung erstreckt sich auf vier oder mehr Randzellenreihen. Abgesehen von diesen sind die sämtlichen Epidermiszellen in der Flächenansicht annähernd vierseitig und in Längsreihen angeordnet.

L. Schweinfurthii schließt sich rücksichtlich der Gestalt und Anordnung der Epidermiszellen, der Behaarung des Blattrandes, der Struktur des Mesophylls etc. und besonders durch den Besitz der unterseitigen randständigen Sklerenchymfaserbündel an *L. muscoides* an. Als Abgrenzung des Mittelfeldes nach außen traf ich in allen Blättern auf den beiden Seiten des

Nerven die Sklerenchymfaserbündel des Mesophylls von der Blattbasis bis zur Spitze an. In dem zweischichtigen Teil der Blattspreite beträgt der Breitendurchmesser der oberseitigen Epidermiszellen 15—30 μ , der unterseitigen 6—12 μ .

Die drei anderen Arten, *L. cordofanus*, *densus* und *madagascariensis*, weichen ganz erheblich durch das Fehlen der randständigen Sklerenchymfaserbündel in der unterseitigen Epidermis ab. Sekretzellen, Nervenracheen und Stomata fehlen, wie bei *L. muscoides* und *Schweinfurthii*. Die Struktur des Mittelfeldes und des Mesophylls ist bei den drei Arten im Prinzip die gleiche, wie bei *L. muscoides*. Nur sind die Interzellulargänge, insbesondere die „inneren“ viel weiter. Die inneren Luftgänge sind im unteren Teil des Blattes von Querdiaphragmen unterbrochen, die mehrere kleine Zellen breit sind, während weiter oben an ihre Stelle einzelne Querzellen oder Ausstülpungen von Zellen der Mesophyllstreifen treten. Die letzteren beiden finden sich auch als Unterbrechungen der „äußeren“ Luftgänge.¹⁾ Als Abgrenzung des Mittelfeldes nach außen finden sich nur bei *L. cordofanus* und *densus* die Sklerenchymfasergruppen im Blattinnern. Bei der zuerst genannten Art durchziehen sie das Blatt beiderseits vom Grund an bis in eine Entfernung von $\frac{1}{3}$ bis 1 mm von der Blattspitze, dabei ungleichweit auf den beiden Seiten vordringend. Bei der zweiten zeigen verschiedene Blätter ein sehr ungleiches Verhalten: Die Fasergruppen kommen beiderseits nur im unteren Teil des Blattes (bis 5 mm von der Basis) vor, dann weiter aufwärts nur auf der einen Seite des Nerven bis in eine Entfernung von 4 mm von der Blattspitze, oder aber nur auf der einen Seite des Nerven von der Basis bis zur Spitze, oder aber sie fehlen schon beiderseits an der Blattbasis. Eine deutliche Zähnelung des Blattrandes, an welcher außer längeren und spitzen Haarzellen auch die benachbarten Randzellen teilnehmen, hat nur *L. cordofanus*; die beiden anderen Arten besitzen nur eine Wimperung durch längere und spitze einzellige Trichome. Die Struktur der Blattepidermis in dem zweischichtigen Teil der Spreite läßt sich kurz dahin zusammenfassen, daß die oberseitigen Zellen breiter (Br.-Durchm. 21—33 μ bei *L. cordofanus*, 18—27 μ bei *L. densus*, 18—24 μ bei *L. madagascariensis*) und fast isodiametrisch und polygonal (*L. c.*, auch *L. m.*) oder doch nicht sehr stark gestreckt und dabei in Längsreihen angeordnet (*L. d.*) sind, die unterseitigen dagegen viel schmaler, meist etwa $\frac{1}{2}$ mal so breit (Br.-Durchm. 9—18 μ bei *L. c.*, 6—9 μ bei *L. d.*, 8—10 μ bei *L. m.*), annähernd vierseitig, stärker gestreckt und in Längsreihen angeordnet. Auf die Abweichungen im Mittelfeld einzugehen, würde zu weit

¹⁾ Rendle (l. c. p. 381 u. pl. XXXI, Fig. 9) gibt für *L. crispus* eine Mittelrippe und zwei schwächere seitliche Längsnerven, sowie die Längsnerven verbindende Quernerven an. Wright (in Thiselton-Dyer, Flora of tropical Africa. VII. 1897. p. 4) dreinervige Blätter. Nach den obigen Angaben ist es nicht ausgeschlossen, daß die seitlichen Längsnerven auf die Sklerenchymfaserbündel des Mesophylls, die Quernerven auf Querdiaphragmen zurückzuführen sind.

führen. Dagegen ist noch hervorzuheben, daß ich bei allen drei Arten mehr oder minder häufig in der Mitte der Außenwände der oberseitigen Epidermiszellen dieselben eigentümlichen kreisförmig oder elliptisch abgegrenzten Stellen beobachtet habe, wie bei bestimmten *Halophila*- und *Elodea*-Arten; bei *L. densus* sah ich manchmal zwei konzentrische, durch einen sehr schmalen Zwischenraum getrennte Ellipsen und innerhalb des elliptischen Areals eine körnige Struktur an der Innenfläche der Zellwand.

Für alle fünf Arten und für *L. Steudneri* nach Caspary, (s. Taf. IV, Fig. 6 in dem unten zitierten Werk von Schweinfurth) ist noch anzuführen, daß an der rechts und links von je einem Randhaar flankierten, verschieden breiten Blattspitze eine Gruppe aus besonderen, oft abgerundeten Zellen zu sehen ist, die sich hier und dort (*L. muscoides*) abzulösen beginnen, wie dies bei Bildung der sogenannten Apikalöffnungen von Wasserpflanzen vorkommt. Die Achselschüppchen, die in den Artdiagnosen nicht überall angegeben werden und in Zweizahl am Blattgrund auftreten, haben eine verschiedene Gestalt. Nach Caspary (3, Bot. Zeit., und in Bremer Berichten, s. unten) sind sie bei *L. cordofanus*, *madagascariensis* und *Schweinfurthii* an ihrer Spitze mit Papillen versehen, nicht so bei *L. muscoides*; bei diesem stellte ich ihre Zusammensetzung aus zwei Zellagen fest.

Untersuchungsmaterial: *L. muscoides* Harv., Ecklon et Zeyher n. 1732, Cap. b. sp., ♂ u. ♀ Exemplare, sowie Drege n. 2276, Cap. b. sp., beide aus Herb. Lips. — *L. cordofanus* Casp., Kotschy n. 170. Nubia. H. E. — *L. densus* Ridley, Hildebrandt n. 3804, Madagascar, H. M. — *L. madagascariensis* Casp., Hildebrandt n. 3422, Madagascar. H. M. — *L. Schweinfurthii* Aschers., Schweinfurth n. 2457. Djurland, H. M.

Literatur: 2. Chatin. p. 23 (sub *Hydrilla muscoides*, cfr. pl. IX. Fig. 4—6) und p. 26—27, pl. XI. Fig. 1—3' (sub *Udora cordofana*¹⁾); 3. Caspary. p. 477—480 u. Taf. XXIX. — Anatomische Angaben finden sich auch bei den Autoren, welche die zu *L. muscoides* und *cordofanus* hinzugekommenen Arten veröffentlicht haben, so bei: Caspary. in Schweinfurth. Beitrag z. Flora Äthopiens, Berlin, 1867, p. 200—201 u. Taf. IV. in Bot. Zeit., 1870, p. 88—89 u. in Abhandl. Naturwiss. Ver. Bremen VII, 1882, p. 252—254 u. Taf. XVIII; Ridley, in Journal of the Linn. Society XXII, 1886, p. 233—236; Rendle, in Journ. of the Linn. Soc. XXX, 1895, p. 380—382 u. pl. 31—32. Sie enthalten aber wenig wesentliches bis auf die Zahl der Randhaare, welche für die Artcharakteristik verwendet wird.

5. Vallisneria.

Vallisneria spiralis ist bekanntlich mit langen, bandförmigen, von fünf Längsnerven und zahlreichen, in der gleichen Richtung

¹⁾ Die von Chatin im Text und auf der Tafel als *U. cordofana*, in der Figurenerklärung p. 36 irrtümlich (?) als *U. verticillata* bezeichnete Pflanze zeigt schon entgegen Caspary (3, p. 480 u. Taf. XXIX, Fig. 78) im Grundgewebe des Stengels keine Luftgänge, während bei *L. c.* vier Kreise von solchen vorkommen. Ebenso wenig entspricht das Querschnittsbild des Blattes mit zwei großen, fast die ganze Breite der Blattspreitehälften einnehmenden Lakunen in Fig. 3' meinem Befunde. Chatins Angaben treffen nicht auf *L. cordofanus* zu.

verlaufenden Luftkanälen durchzogenen Blättern versehen. Von den seitlichen Nerven liegen die zwei dem Mittelnerven zunächst gelagerten, die „inneren“, näher dem Blattrand als der Mittelrippe, die „äußeren“ nahe dem Blattrand. Die „inneren“ vereinigen sich unfern der Blattspitze im Bogen miteinander und mit dem Mittelnerven; die „äußeren“ schließen sich nur ein wenig mehr entfernt von der Spitze im Bogen an die „inneren“ an. In anatomischer Beziehung sind die folgenden Merkmale hervorzuheben: Das großzellige Mesophyll, das von zylindrischen, in der Längsrichtung des Blattes ziemlich stark gestreckten und in Längsreihen angeordneten Zellen gebildet und in derselben Richtung von weiten Luftgängen durchzogen wird, die im Verhältnis dazu viel kleinerzellige, chlorophyllreiche Epidermis, das Fehlen der Spaltöffnungen, Haare und Nervenstrahlen, das Vorkommen von Sekretzellen, deren Inhalt in der lebenden Pflanze hell, in der getrockneten braun gefärbt ist, im Mesophyll, in den Leitbündeln (dort schlauchartig gestreckt) und in den Querdiaaphragmen der Luftgänge (dort idoblastenartig, oft in Form eines wenig in den Luftgang vorspringenden linsenförmigen Körpers oder einer stark vorspringenden Kugel).

Die Blattstruktur ist wiederholt in der Literatur beschrieben, jedoch nicht in ganz befriedigender Weise. Schencks Querschnittsbild (13, Taf. IV, Fig. 20a) und Beschreibung bezieht sich auf den oberen und breitesten, typischen Teil der Blattspreite, die Abbildung von Müller (11, Taf. VII, Fig. 16) auf den basalen. Die Epidermiszellen sind beiderseits von gleicher Beschaffenheit, in Längsreihen angeordnet, im allgemeinen wenig gestreckt, meist vierseitig, im oberen Teil des Blattes fast isodiametrisch-polygonal. Sie sind viel kleiner als die Mesophyllzellen. Den obigen Angaben über die Mesophyllzellen, die schon bei der Betrachtung des lebenden Blattes mit der Lupe, im Gegensatz zu den Epidermiszellen, deutlich sichtbar sind, ist noch anzuführen, daß sie meist einen großen rundlichen Querschnitt zeigen; kleiner ist dieser namentlich bei den Zellen, welche die Leitbündel der Nerven umhüllen, und im Randteil des Blattes. Die weiten Interzellulargänge werden stellenweise senkrecht oder schief zu ihren Längswänden von Querdiaaphragmen durchsetzt. Diese sind abgesehen von den Stellen, an welchen in ihnen Quernerven verlaufen (was aber nur hier und dort der Fall ist), nur aus einer Zellschicht, und zwar aus flachen, polygonal-rundlichen Zellen zusammengesetzt, die in den Ecken kleine Interzellularräume zwischen sich nehmen (sog. „perforierte Querdiaaphragmen“, Fig. 9). Die Zahl und die Verteilung der Luftgänge und damit in Verbindung die Verteilung der Mesophyllzellen und somit das ganze Querschnittsbild ist in verschiedener Höhe des Blattes eine ungleiche. An der Blattbasis zeigt der Querschnitt etwa folgendes: über und unter dem Leitbündel des Mittelnerven je ein großer Luftgang, rechts und links vom Mittelnerven vier Gänge übereinander; zwischen Mittelnerv und innerem Längsnerv weiterhin Abnahme der Gänge bis auf zwei übereinander; zwischen innerem und äußerem Längsnerv erst zwei Gänge übereinander, dann nur einzelne; Randpartie ohne weite Gänge, erst mit einschichtigem Mesophyll, dann nur mehr aus den beiden Epidermisplatten

und schließlich einschichtig. Weiter oben erkennt man schon die Abnahme der Interzellularräume und die Verschmälerung der Randpartie: über dem Leitbündel des Mittelnerven noch ein Gang, rechts und links von ihm zwei bis drei Gänge übereinander; weiterhin bis zum inneren Längsnerv je zwei Gänge übereinander; zwischen innerem und äußerem Längsnerv nur einzelne Gänge; schmale Randzone mit ein- bis zweischichtigem Mesophyll. Da, wo die Spreite am breitesten ist, finden sich die folgenden Verhältnisse: über dem Leitbündel des Mittelnerven ein größerer Gang oder dieser fehlend, rechts und links von ihm noch zwei Gänge übereinander; sodann bis zum äußeren Längsnerv nur einzelne Gänge, diese sukzessiv gegen den Blattrand zu, an Weite abnehmend; schmale Randpartie mit ein- bis zweischichtigem Mesophyll. Heben wir noch hervor, daß die Interzellulargänge sich nirgends direkt an die Epidermis anschließen, sondern unter der beiderseitigen Epidermis noch eine großzellige Mesophyllzellenschicht hypodermartig gelagert ist, weiter, daß die Wände, welche die Luftgänge voneinander trennen, nur eine Zelle dick sind, und schließlich, daß die Zellen der Längsscheidewände zwischen den in der Blattfläche nebeneinander liegenden Gängen kleiner sind, als die anderen Mesophyllzellen, namentlich die subepidermalen, so ist das Querschnittsbild für alle Fälle gegeben. Die Nervenleitbündel enthalten keine Tracheen. An Stelle derselben ist, besonders im Mittelnerv, ein größerer Interzellulargang zu sehen. Im unteren Teil des Blattes findet man, besonders im Mittelnerv, aber auch in den seitlichen Längsnerven, den Bastteil durch einen Komplex aus stärkerwandigen, jedoch weiterlumigen, faserartigen Zellen gestützt. Die Sekretzellen (Fig. 8 u. 10—13) sind bereits in der Literatur erwähnt, aber ganz ungenügend beschrieben. Müller (11, p. 41 u. Taf. 7, Fig. 18a und b) hat die braunen Idioblasten der Querdiaaphragmen gesehen und abgebildet, Schenck (13, p. 46) spricht bei Beschreibung der Ausläufer von tanninführenden Schläuchen im Leitbündel und auch im Rindengewebe. Was die Sekretzellen vor allem auszeichnet und sie leicht erkennen läßt, das ist der im Herbarmaterial braungefärbte, sekretorische Inhalt. In der lebenden Pflanze ist das Sekret hell und stark lichtbrechend; Chloroplasten fehlen in der Sekretzelle. Beim Trocknen tritt durch Oxydation die braune oder auch rotbraune Färbung auf. Dieselbe Färbung wird sofort oder alsbald erzielt, wenn man die Schnitte vom lebenden Material Dämpfen von konzentrierter Salpetersäure aussetzt oder sie mit Javellescher Lauge behandelt. Bei längerer Einwirkung von Javellescher Lauge bleicht die braune Farbe erst in gelb ab und später tritt völlige Lösung des Sekretes ein. In Alkohol oder Kalilauge löst sich das helle Sekret nicht. Das Sekret enthält Gerbsäure; mit FeCl_3 - oder FeSO_4 -Lösung färbt es sich schwarz. Schwarzfärbung erfolgt auch sofort bei Einwirkung von Osmiumsäure. Schließlich ist noch eine wichtige Reaktion zu erwähnen, die das helle Sekret der sämtlichen, verschieden gestalteten Sekretzellen gibt, die Lindtsche Reaktion¹⁾ mit Vanillinsalzsäure. Mit

¹⁾ „Myriophyllin“ schlechthin, aber ohne Bezeichnung des näheren Ortes, hat schon Schilling (18, p. 334) für *Vallisneria spiralis* angegeben.

diesem Reagens tritt nach kurzer Zeit eine schöne blutrote Färbung des Sekretes auf; diese erhält sich im großen und ganzen selbst nach vielstündigem Liegen der Präparate. Mit konzentrierter Salzsäure allein färbt sich der Inhalt nur gelblich bis gelbbraun und

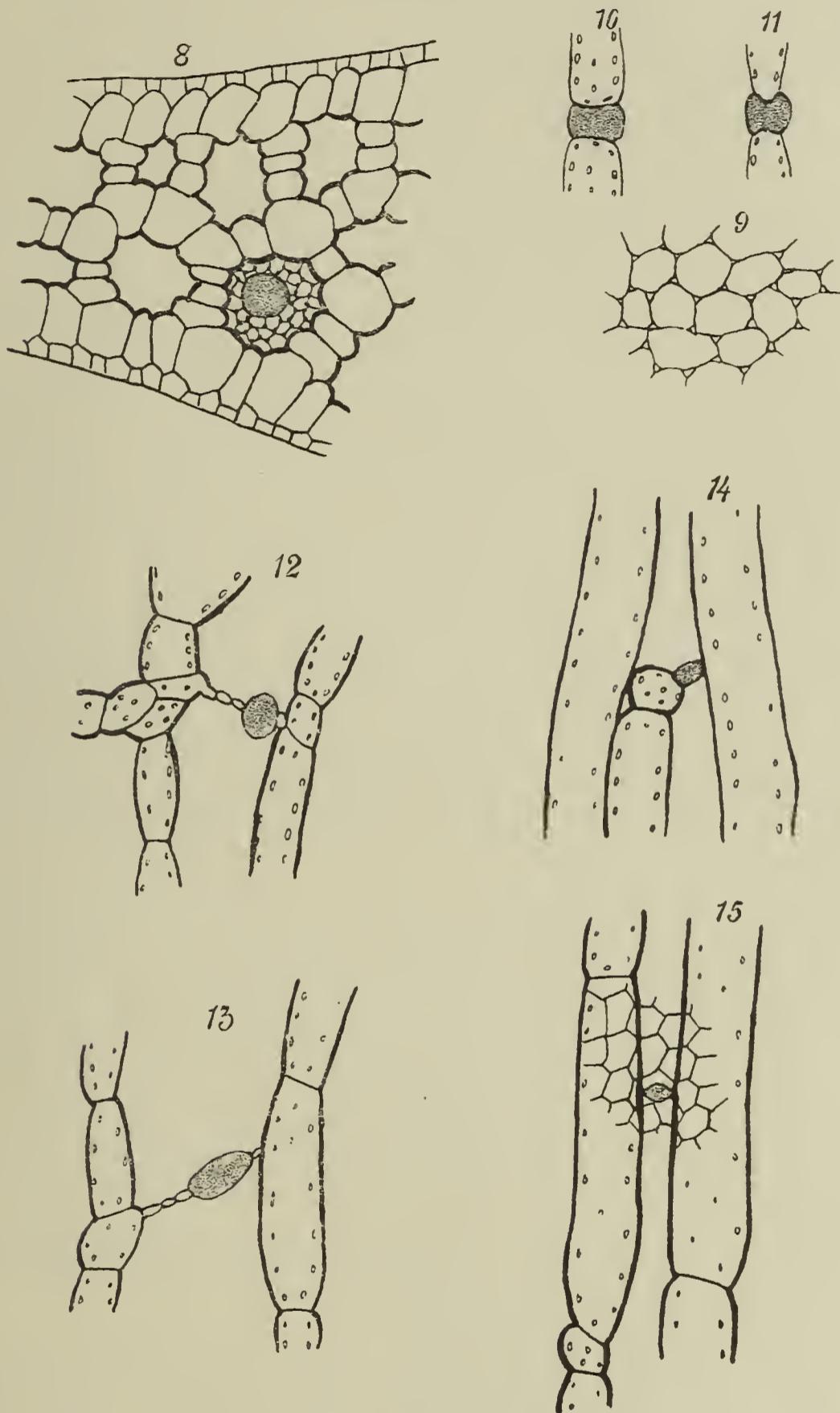


Fig. 8—15. *Vallisneria spiralis*: Fig. 8. Blattquerschnitt in Nähe des Mittelnerven. Fig. 9. Zellen des Querdiaphragmas. Fig. 10—11. Sekretzellen in Mesophyllzellreihen. Fig. 12—13. Sekretzellen der Diaphragmen. Fig. 14—15. *V. alternifolia*: Sekretzellen der Diaphragmen im oberen Teil des Blattes. (Fig. 9 $\frac{340}{1}$, sonst $\frac{80}{1}$.)

ist in den Idioblasten homogen, in den anderen Sekretzellen krumös. In morphologischer Hinsicht lassen sich drei Formen von Sekretzellen aufstellen; zunächst typische Idioblasten. Diese finden sich

vornehmlich in den Querdiaphragmen (Fig. 8 u. 12—13), meist einzeln, mitunter auch zu zwei oder drei. In den dickeren Diaphragmen sind sie auf den einschichtigen Rand beschränkt. Sie sind mitunter fast kugelig; doch viel häufiger haben sie die Form einer in senkrechter Richtung zum Diaphragma zusammengedrückten Kugel bis fast linsenförmige Gestalt. Ihr Durchmesser (in der Ebene des Diaphragmas gemessen) beträgt 42—60 μ . Sie springen mit ihren mehr oder weniger stark konvexen Wänden in die Luft Räume vor. Bemerkenswert ist auch, daß sie da, wo sie einzeln vorkommen, gewöhnlich nicht in der Mitte des Diaphragmas liegen, sondern seinem Rand genähert sind. Die Sekretzellen des Mesophylls, welche namentlich der subepidermalen Zellschicht angehören und auch in der äußersten Randpartie des Blattes vorkommen, haben gewöhnlich keine besondere Gestalt; auf Flächenschnitten sind sie vierseitig und gestreckt, wie die grünen Mesophyllzellen, nur in der Regel nicht unerheblich kleiner; seltener sind sie rundlich. Gestreckte oder kurze idioblastenartige Sekretzellen (Fig. 10—11) sind außerdem nicht allzu häufig in den Scheidewänden angrenzender Luftgänge. Langgestreckte, bis 360 μ lange und schmale Sekretschläuche kommen endlich in den Leitbündeln der Nerven vor. Die Blätter von *Vallisneria* sp. enthalten auch Schleim, wie sich beim Einlegen frischer, wie getrockneter Blattstücke in Tuschlösung zeigt; auch beim Brechen der frischen Blätter ist der fadenziehende Schleim zu sehen. Seine Provenienz habe ich nicht festgestellt. Kristalle habe ich nicht gesehen. Die Achselschüppchen sind nach Schilling (18) zweizellschichtige, längliche Gebilde, welche Schleim sezernieren. Ihre Zahl (bis sechs) und Stellung zeigt nach Müller (11, p. 43) keine Konstanz.

Zu *Vallisneria*, aber zu dem besonderen Subgenus *Nechamandra* (bei Planchon als Genus) zählen mit Recht Ascherson und Gräbner in den Natürlichen Pflanzenfamilien (l. c., p. 251), gegenüber den englischen Systematikern, die *Vallisneria alternifolia* Roxb. (Syn.: *Nechamandra Roxburghii* Planch., *Lagarosiphon Roxburghii* Benth. et Hook.), welche sich von *V. spiralis* schon durch die „an *Potamogeton crispus* erinnernde Tracht“ des Sproßsystems mit kürzeren grasartigen Blättern unterscheidet.¹⁾ Durch das Vorkommen der braunen Idioblasten in den Querdiaphragmen der Luftgänge paßt sie auch in anatomischer Hinsicht vorzüglich in den Gattungskreis von *Vallisneria*.

Das Blatt von *V. alternifolia* wird der Länge nach von 3—5 Nerven und vielen Luftgängen durchzogen. Sein Rand ist schwach gesägt. Die beiderseitige Epidermis zeigt in der Flächen-

¹⁾ In den Herbarien finden sich unter *V. alternifolia* zuweilen Pflanzen, die auf anatomischem Weg sofort durch die nahe dem Blattrand gelegenen Sklerenchymfaserbündel des inneren Blattgewebes und die epidermalen Sekretzellen als falsch bestimmt und zu *Blyxa* gehörig erkannt werden können. So ist es z. B. mit der im Herb. Horti bot. Petropolit. unter *Nechamandra* ausgegebenen Pflanze von Maximowicz (Iter sec., Jokohama, 1862, H. M.) und zum Teil mit dem unter Griffith n. 6039 verteilten Material des Herb. of the late East India Company.

ansicht isodiametrisch-polygonale Zellen in ziemlich deutlichen Längsreihen. Nur über den Nerven und am Blattrand, sowie auch an der Blattbasis sind die Zellen stärker gestreckt. Stomata fehlen. Die Randzähne werden von kurzen, spitzen, einzelligen Haaren und den benachbarten Zellen gebildet. Das Mesophyll ist großzellig und besteht aus breit zylindrischen Zellen, die in der Richtung der Blattlängsachse kurz bis außerordentlich langgestreckt (Längsdurchmesser bis 1275μ bei 105μ Breitendurchmesser) und dabei in Zellreihen, bzw. in eine Zelle breite Zellstreifen angeordnet sind; zwischen den Zellreihen, bzw. -streifen verlaufen breitere oder schmalere Interzellulargänge; nur am Blattrand trifft man Zelle an Zelle auch in der Breitenrichtung des Blattes aneinander gelagert. Über und unter den Luftgängen schließt sich direkt die beiderseitige Epidermis an. Die Luftgänge sind im unteren Teil des Blattes weiter, im oberen oft sehr schmal, und mit ähnlichen Querdiaphragmen versehen, wie bei *V. spiralis*. Die einschichtigen Diaphragmen sind perforiert, ihre Zellen flach- und kurzarmig-sternförmig. Die Sekretzellen (Fig. 14—15)¹⁾ haben einen braunen Inhalt. Sie finden sich vorzugsweise in den Querdiaphragmen. Nur vereinzelt traf ich eine kugelige oder anders gestaltete Sekretzelle eingeschaltet in den Mesophyllstreifen. In den Diaphragmen sind die Sekretzellen kugelig oder linsenförmig, zuweilen auch unregelmäßig gestaltet; mit ihren gewölbten Flächen ragen sie meist in die Interzellularräume hinein. Sie kommen zu 2—3 in demselben Diaphragma vor oder sie bilden einzeln mit wenigen anderen Zellen oder schließlich, im oberen Teil des Blattes, allein das Diaphragma. Die Nerven enthalten keine Tracheen und keine Faserzellen. Ebenso fehlen selbständige, d. h. vom Leitbündel unabhängige Faserzellengruppen (im Gegensatz zu bestimmten *Lagarosiphon*-Arten). Winzige kleine nadelförmige und anders gestaltete Kristalle, die nach den Reaktionen aus oxalsaurem Kalk bestehen, fand ich reichlich bei einigen Blättern in der Epidermis.

Untersuchungsmaterial: *V. spiralis* L., pl. v. Hort. E. u. pl. s. Herb. E. — *V. alternifolia* Roxb.: Frankenbar, Herb. Schreber.; Griffith n. 6039 partim, Birma and Malay Peninsula; Material des Herb. Schwaegrichen; alle aus H. M.

Literatur: 1. Chatin, p. 18—24 u. pl. IV—V; 2. Chatin, p. 17—21, pl. VII—VIII; 8. Falkenberg, p. 27—30 u. Taf. II, Fig. 11; 11. J. Fr. Müller, p. 31—70 u. Taf. 6—9; 13. Schenck, p. 22, Taf. IV, Fig. 20a—c, p. 46, Taf. VIII, Fig. 45 u. p. 62, Taf. X, Fig. 83; 18. Schilling, p. 333—335 u. Fig. 1 auf p. 334; 22. Kirchner, Löw u. Schroeter, p. 688—696.

6. Blyxa.

Die Blattstruktur dieser Gattung konnte nicht in dem wünschenswerten Maße untersucht werden, da mein Material sich unzulänglich erwies. Die Blätter von *Blyxa* sind bekanntlich grasblattartig lineal und werden vom Mittelnerv und einem oder mehreren

¹⁾ Goebel (Pflanzenbiolog. Schilderungen, II, 2, 1893, p. 33) spricht von einem massenhaften Vorkommen von „Schleimzellen“ im Innern des Gewebes.

Paaren seitlicher Längsnerven durchzogen. Für die Gattungscharakteristik sind folgende anatomische Merkmale anzuführen: Die Anordnung der Epidermiszellen in Längsreihen, das Vorkommen von weiten Luftgängen, die parallel zu den Nerven verlaufen und Querdiaphragmen haben, die Zusammensetzung des Mesophylls aus zylindrischen, in der Längsrichtung des Blattes gestreckten Zellen, welche die nur eine Zelle breiten Längswände zwischen den benachbarten Luftgängen bilden, das Fehlen der Spaltöffnungen und Nerventracheen, das Auftreten von Randfaserbündeln, die dem inneren Blattgewebe angehören und eine schmale „Randzone“ von einem sehr breiten „Mittelfeld“ der Blattspreite abgrenzen, und schließlich epidermale Sekretzellen mit harzigem, farblosem Inhalt.

Die Blattepidermis zeigt in der Flächenansicht die Zellen in Längsreihen, parallel zu den Nerven, und bald mehr oder weniger gestreckt, bald fast isodiametrisch-polygonal. In wieweit diese Verhältnisse für die Art konstant sind, konnte nicht festgestellt werden, da hierzu das Blatt in seiner ganzen Länge hätte untersucht werden müssen. Bei *Bl. radicans* fand ich im Mittelfeld die Zellen oberseits wenig gestreckt und vierseitig bis polygonal bei einem Breitendurchmesser von 36—50 μ , unterseits stärker gestreckt und schmal (18—24 μ), bei *Bl. octandra* die beiderseitigen Epidermiszellen vierseitig, mehr oder weniger gestreckt und in der Breite wenig voneinander verschieden, beim Frankensbarschen Material ziemlich isodiametrisch-polygonal etc. Die oben erwähnte Randzone des Blattes wird nur von den beiden Epidermisplatten und der mehr oder weniger hervortretenden Blattkantenzellenreihe gebildet. Einzelne Zellen der letzteren sind bei allen Materialien, außer der glatt-blattrandigen *Bl. radicans*, zu verschieden stark entwickelten spitzen Haaren ausgewachsen, welche mit Zellen derselben Zellreihe und zuweilen auch benachbarten zusammen die feine Sägezähnelung des Randes verursachen. Das Mesophyll ist nur in dem breiten, die äußersten Längsnerven noch einschließenden Mittelfeld entwickelt, zwischen den von grundgewebeartigem Parenchym umhüllten Leitbündeln der Nerven. Es wird in der Richtung der Nerven von Interzellulargängen durchzogen. Seine Zellen sind zylindrisch, in der Längsrichtung des Blattes gestreckt und bilden die nur eine Zelle breiten Längswände zwischen den in der Blattfläche nebeneinander liegenden Luftgängen. Über und unter diesen scheint nach dem Befund bei *Bl. octandra* direkt die Epidermis zu liegen. Die Diaphragmen bestehen bei *Bl. octandra* aus schwach sternförmigen, kurz- und flacharmigen Zellen, sind also perforiert. Das Mittelfeld ist in den beiden Hälften der Spreite gegen die schmale, nur drei bis acht Zellreihen breite Randzone durch ein Randfaserbündel (Fig. 16) abgegrenzt, das dem inneren Blattgewebe angehört und meist von einer größeren Zahl dickwandiger und englumiger Faserzellen gebildet wird. Bei *Bl. radicans* liegen diesen Randfaserbündeln auf der der Mittelrippe zugekehrten Seite die beiden einzigen seitlichen Längsnerven direkt an, während sonst nicht immer Leitbündelstränge an die Randfaserbündel herantreten. Die Zahl der seitlichen Längsnerven beträgt in den anderen Materialien zwei bis drei Paare.

Die Leitbündel der sämtlichen Nerven sind in allen Materialien an ihrer Unterseite von Hartbastfasern begleitet. Bei *Bl. radicans* findet sich im Mittelnerven ein einziges Bastfaserbündel, bei *Bl. octandra* deren zwei in seitlicher Lagerung. Tracheen fehlen. Das bemerkenswerteste anatomische Merkmal bilden die Sekretzellen (Fig. 16--17), welche nur in der Epidermis vorkommen. Sie enthalten ein farbloses, harziges Sekret, das sich mit Jodjodkalium gelb färbt, mit Osmiumsäure bräunt und in Alkohol gewöhnlich rasch löst. In der Flächenansicht erscheinen die Sekretzellen entweder elliptisch und in gleicher Richtung, wie die anderen Epidermiszellen gestreckt, von diesen nur wenig verschieden, oder aber kreisrund und dabei oft klein, im zweiten Fall also als deutliche Idioblasten. Die kreisrunden Idioblasten sind häufig dadurch ausgezeichnet, daß sie in gerade umgekehrter Weise, wie sonst Sekretzellen, mit

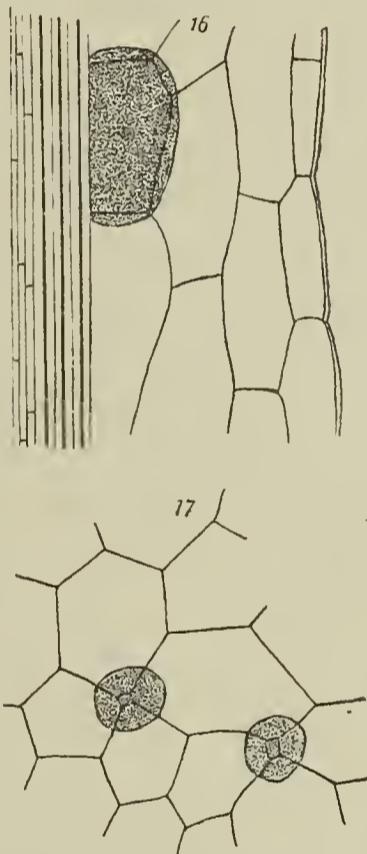


Fig. 16. Blattrand von *Bl. radicans* mit dem innern Faserbündel u. einer Sekretzelle.

Fig. 17. Blattepidermis von *Bl. sp.* (Frankenbar) mit Sekretzellen. — (250/1).

einer größeren vorgewölbten Fläche an der Bildung der Blattoberfläche teilnehmen, während sie sich gegen das innere Blattgewebe zu keilförmig verschmälern (Fig. 17). Die Sekretzellen liegen meist einzeln, zuweilen (Randzone von *Bl. octandra*) zu zwei hinter- oder nebeneinander. Das Vorkommen von Sekretzellen ist mitunter auf die beiderseitige Epidermis der Randzone beschränkt. In anderen Fällen trifft man sie auch im Mittelfeld an, dort über dem Mittelnerv oder auch vereinzelt oder zahlreich zwischen den Nerven. Bei *Bl. radicans* sah ich elliptische und runde Sekretzellen nur in der Randzone, — bei *Bl. octandra* elliptische und runde, bei *Bl. Griffithii* und dem Material von Hooker f. und Thomson (partim) runde Sekretzellen in der Randzone und im Mittelnerv, wozu noch bei den zuerst genannten zwei Arten einzelne Sekretzellen im Mittel-

feld selbst kommen, — beim Material von Frankenbar runde Sekretzellen im Blattrand und reichlich im Mittelfeld (dort auch beiderseits). Die Zahl der Sekretzellen ist meist nicht spärlich. Daß sie aber zuweilen sehr beträchtlich an Menge zurücktreten können, zeigte mir die fruktifizierende Pflanze des Materials von Hooker f. und Thomson, welche nach der Samenbeschaffenheit zu *Bl. echinosperma* (Clarke) Hook. f. et Th. gehört, an deren Präparaten ich nur einmal in der Randzone eine Sekretzelle sah.

Untersuchungsmaterial: *Bl. Griffithii* Planch., Wallich, India or., exempl. sinistr., H. M. — *Bl. octandra* Planch., Hildebrandt n. 2805, Madagascar, H. M. — *Bl. radicans* Ridley, Baum n. 827, Kunene-Sambesi-Expedit., H. M. — *Bl. sp.*, Frankenbar, H. M. — *Bl. sp.*, Hooker f. et Thomson, Bengal, H. M.

7. Enalus.

Die monotypische Gattung besitzt bandförmige Blätter vom Vallisneriatypus. Dieselben werden der Länge nach von vielen (etwa bis 20), nach oben an Zahl abnehmenden und wenig hervortretenden Nerven und vielen Luftkanälen durchzogen. Der Blattrand zeigt bis zur Basis herab feine eigentümliche Unebenheiten, die eine Zähnelung verursachen. Wie schon Sauvageau (16) angab, der auch die Anatomie dieses Seegrases näher untersuchte, sieht man an der Basis der Pflanze Blattreste in Form von 30 cm und mehr langen, nach oben feiner werdenden fadenförmigen Gebilden, die im wesentlichen aus dem Hartbastbündel des Blattmittelnerven bestehen und an ihrem Grund noch in den Blattscheideresten eingebettet sind; sie sind für *Enalus* außerordentlich charakteristisch. Von wichtigen anatomischen Kennzeichen sind zunächst kurz die folgenden aufzuzählen: Die Anordnung der relativ kleinen Epidermiszellen in Längsreihen, das Fehlen der Spaltöffnungen, das Vorkommen zahlreicher, auf dem Blattquerschnitt in einer Reihe angeordneter weiter Luftgänge, das großzellige und dabei meist ziemlich kurzzellige Mesophyll, welches beiderseits eine subepidermale Zellschicht, das Grundgewebe der Nerven und die nur eine Zelle breiten Scheidewände zwischen je zwei benachbarten Luftgängen zusammensetzt, das Fehlen typischer Tracheen und das Vorkommen von Sklerenchymfasergruppen in Begleitung der Nervenleitbündel, dann ganz besonders auch das Nebeneinandervorkommen von kleineren Leitbündelsträngen, von denen die einen mehr der oberen Epidermis, die anderen mehr der unteren genähert, und die oberen mit Rücksicht auf die Lagerung der Sklerenchymfasergruppen (Hartbast) als verkehrt orientiert (d. h. mit dem Bastteil nach oben gerichtet) anzusehen sind, weiter das Auftreten von sehr kurzen bis sehr langgestreckten, im Herbarmaterial mit rotbraunem Inhalt erfüllten Sekretzellen, und schließlich auch die reichliche Ausscheidung von Kalkoxalatnadelchen in der beiderseitigen Epidermis.

Ein Blattquerschnitt durch den oberen Teil der Spreite, nicht allzu nahe der Blattspitze, zeigt etwa folgendes Bild: Unter der gleichbeschaffenen Epidermis der Ober- und Unterseite im all-

gemeinen je eine Lage des großzelligigen Mesophylls; dann in der Mitte des Querschnittes eine einzige Reihe zahlreicher weiter querdurchschnittener Luftgänge, diese voneinander geschieden durch die nur eine Zelle breiten und 1 bis 2 Zellen hohen Längscheidewände oder aber durch Nerven mit reichlicherer, meist auch kleinerzelliger Entwicklung des Mesophylls in Umgebung der Leitbündel; 3 Leitbündel, das des Mittelnerven und die der zwei dem Blatt- rand genäherten Nerven stärker entwickelt und etwa in der Mittel- ebene des Blattes, auch mit kräftigen Hartbastsicheln, die Leitbündel der übrigen Längsnerven schwächer, gewöhnlich, doch nicht ganz regelmäßig, abwechselnd entweder mehr der Oberseite oder mehr der Unterseite genähert und stets über einer Scheidewand von zwei benachbarten Luftgängen (womit allerdings nicht gesagt sein soll, daß sich oberhalb oder unterhalb jeder Scheidewand ein Leitbündel befindet), sohin annähernd in zwei Reihen auf dem Blattquerschnitt, dabei in der oberen Reihe mit dem Hartbast nach oben (verkehrt), in der unteren nach unten (normal orientiert). Im Anschluß daran mag nach Sauvageau (16, siehe auch 24, Cunnington bezüglich der Struktur des Blattgrundes) gleich angeführt sein, daß das Querschnittsbild in den verschiedenen Niveaux der Spreite sich etwas verschieden verhält. An der Basis der Blattscheide zeigt der Querschnitt unterseits ein dichtes, drei- bis fünfschichtiges Mesophyll, diesem die ausschließlich normal orientierten Leitbündel eingelagert, von denen das des Mittelnerven mit einem besonders kräftigen Bastfaserkomplex versehen ist, — und darüber die einzige Reihe querdurchschnittener Luftgänge, diese voneinander getrennt durch Scheidewände, die nur eine Zelle breit sind und senkrecht zur oberseitigen Epidermis oder einer subepidermalen Zelllage verlaufen. An der Spitze der Blattscheide haben die Leitbündel noch dieselbe dorsale Lagerung und durchweg noch die normale Orientierung; aber das Mesophyll ist über den Luftgängen ober- wie unterseits auf die subepidermale Zellschicht beschränkt, natürlich abgesehen von den Stellen, an welchen die Leitbündel verlaufen. An der Spitze der Blattspreite, genauer etwa 1 cm unter derselben, trifft man eine Abnahme in der Zahl der Leitbündel und die Leitbündel sozusagen nur in einer Reihe auf dem Querschnitt an, doch auch noch verkehrt orientierte.

Die Epidermiszellen der beiden Blattseiten haben annähernd dieselbe Struktur. Sie sind in der Fläche vierseitig, in Längsreihen angeordnet und wenig gestreckt. Die nur mit einer dünnen Kutikula versehenen Außenwände sind dick und dringen mit keilförmig sich verschmälernden Leisten gegen die Seitenwände vor, so daß die gesamten Seitenränder dick erscheinen. In jeder Epidermiszelle findet sich eine größere Zahl von feinen nadel- förmigen, zum Teil doppeltbrechenden Kristallen, die nach den che- mischen Reaktionen aus Kalkoxalat bestehen. Stomata fehlen. Das Mesophyll ist großzellig. Seine Zellen sind in Richtung der Blattlängsachse als kurz, nämlich nie stark und mitunter nicht ge- streckt zu bezeichnen und stets, auch in der hypodermalen Schicht, in Längsreihen angeordnet. Die weiten Interzellulargänge sind

bisweilen, wie bei anderen Wasser- und auch Landpflanzen (siehe Schenck, in den Berichten der deutschen bot. Gesellschaft, III, 1885, p. 217 - 225 u. Taf. XIV) mit einer eigentümlichen hautartigen und kutikulaähnlichen Membran ausgekleidet, über deren Reaktionen weiter unten berichtet wird. Ihre Querdiaaphragmen bestehen, soweit sie einschichtig sind, aus zusammengedrückt-rundlichen Zellen, die kleine dreieckige Interzellularräume zwischen sich nehmen. Über die Struktur der Nervenleitbündel ist zu den obigen Ausführungen zunächst noch hinzuzufügen, daß die verkehrte Orientierung der Leitbündel der oberen Reihe (mit Bastteil nach oben und Holzteil nach unten) schon von Magnus (6) und Sauvageau (16) hervorgehoben wurde. Die verschiedene

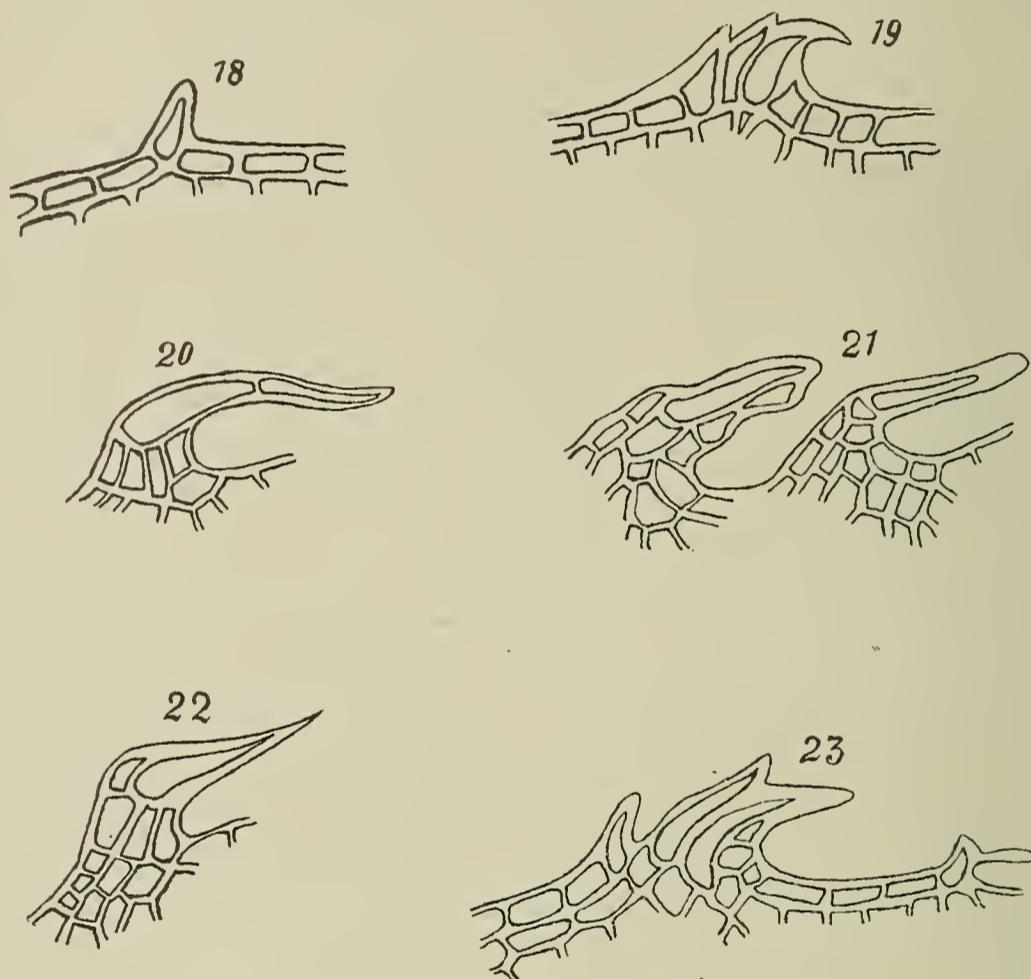


Fig. 18—23. Unebenheiten des Blattrandes von *Enalus* (80/1).

Orientierung des Bastteiles in den beiden Reihen der Gefäßbündel läßt sich im wesentlichen daraus folgern, daß fast alle diese Leitbündel bis auf einige schwache und meist der Blattoberseite genäherte, von einem mehr oder weniger stark entwickelten Sklerenchymfaserbogen oder einer größeren oder kleineren Sklerenchymfasergruppe, die den Bastteil markieren, nur auf der einen Seite begleitet sind, auf der unteren bei den normal orientierten der unteren Reihe oder auf der oberen bei den verkehrt orientierten der oberen Reihe. In den Längsnerven habe ich keine Tracheen nachweisen können; dagegen solche mit unvollkommener und vollkommener ringförmiger Verdickung in den Leitbündeln der Diaphragmen. Cunnington (24, p. 360) erwähnt „spiral or reticulate vessels“ für größere und kleinere Leitbündel. Der Blattrand zeigt in seiner ganzen Länge verschieden gestaltete zahnartige Unebenheiten (Fig. 18—23), an

deren Bildung eine oder mehrere haarartig ausgebildete Zellen der Blattrandzellenreihe und benachbarte Zellen beteiligt sind und deren mannigfache Struktur die Figuren viel besser zeigen als eine ausführliche Beschreibung. Die komplizierteren Formen derselben zeigen eine Annäherung an die Blattrandgebilde, welche Magnus für *Thalassia* und die Potamogetonacee *Cymodocea* unter dem treffenden Namen „Flossenzähne“ beschrieben hat. Die Sekretzellen, welche auch schon Magnus erwähnt hat, machen sich am getrockneten Blatt im durchfallenden Licht als braune Punkte oder bis 4—5 mm lange braune Linien bemerkbar. Der Form nach lassen sich zunächst schlauchförmige Sekretzellen unterscheiden, die mäßig gestreckt bis sehr lang sind; die längsten erreichten in meinen Präparaten $3\frac{1}{2}$ mm, wobei nur das eine Ende zu sehen war. Dieselben verlaufen über oder unter den Längsscheidewänden oder

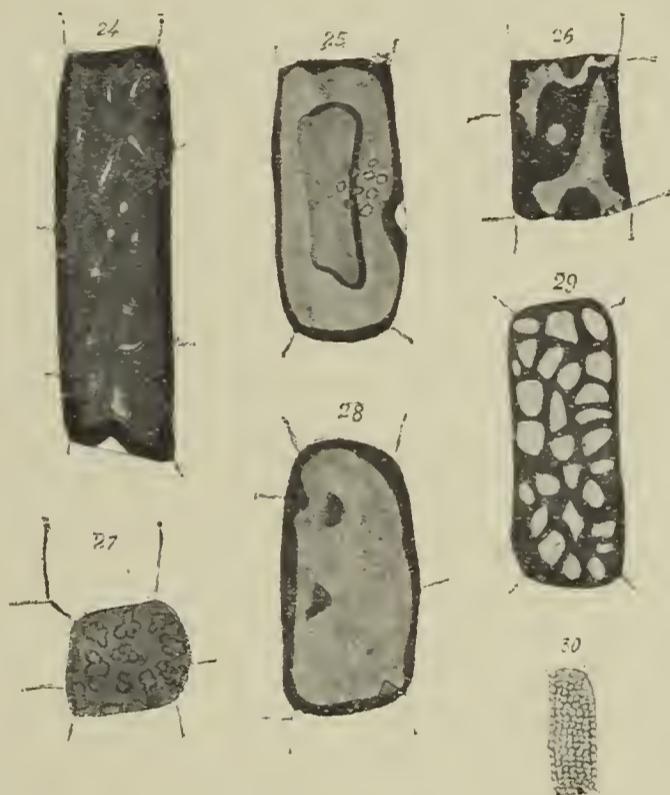


Fig. 24—30. Sekretzellen von *Posidonia Caulini* ($200/1$).

beiderseits in den Nerven und gehören der subepidermalen Zellschicht an. Schlauchförmig gestreckte Sekretzellen finden sich außerdem in dem Leitbündelgewebe. Breitere, kurze oder doch nie länger gestreckte Sekretzellen trifft man in der subepidermalen Zellschicht, dort beiderseits über den Längsscheidewänden und seltener auch über den Luftgängen, dann aber auch im Innengewebe des Blattes, nämlich im Begleitparenchym der Nerven und in den Längsscheidewänden, an. Hin und wieder beobachtet man das braune Sekret auch in gewöhnlichen Epidermiszellen. Das Sekret ist gerbsäurehaltig. Nach längerer Einwirkung von FeSO_4 - oder FeCl_3 -Lösung färbt es sich schwärzlich, während in den Epidermiszellen sofort schwärzliche Färbung auftritt. Mit Javellescher Lauge wird es allmählich entfärbt, erst gelblich, dann farblos: die farblose Grundsubstanz quillt mit Wasser auf und löst sich. Daß diese Grundsubstanz in Wasser löslich ist, ist schön zu sehen,

wenn man nicht ganz entfärbt und Wasser zusetzt. An dieser Stelle ist noch beizufügen, daß die oben erwähnte braune hautartige Auskleidung der Interzellularen dasselbe Verhalten mit Javellescher Lauge und Wasser zeigt. Die von Cunnington beschriebenen Achselschüppchen treten in großer Zahl (10—12) an der Blattbasis auf, sind vielschichtig (24, Fig. 5) und schließen im Innengewebe auch einzelne Sekretzellen ein.

Ich komme an dieser Stelle noch auf den Inhalt der ähnlich beschaffenen Sekretzellen eines anderen Seegrases, der *Posidonia Caulini* Koen. (Potamogetonac.), zu sprechen, weil mir von diesem nicht nur getrocknetes Material, sondern auch lebendes, durch die zoologische Station von Neapel, zur Hand war und ich da feststellen konnte, daß das „braune“ Sekret ursprünglich hell ist und das frische und helle die Lindtsche Reaktion gibt. *Posidonia* besitzt nach Sauvageau (Feuilles des Monocotylédones aquatiques, in Ann. sc. nat., Sér. 7, T. XIII, 1891, p. 159, 212, 245 sqq. u. p. 294) gleich den Gattungen *Ruppia*, *Cymodocea* und *Halodule* aus derselben Familie Sekretzellen mit einem fast immer „braun orangefarbenen“, selten (*Cymodocea* z. T.) farblosen Inhalt. Die Sekretzellen der *P. Caulini* gehören zum größten Teil dem Mesophyll an und sind von den gewöhnlichen Mesophyllzellen wenig, nur zuweilen durch eine stärkere Streckung verschieden. Sie finden sich aber auch in den Leitbündeln. Das Sekret ist in den intakten Teilen des lebenden Blattes hell, ungefärbt, so daß es nicht leicht ist, auf Flächenschnitten die übrigens chlorophyllosen Sekretzellen aus den chlorophyllführenden Nachbarzellen herauszufinden. Das helle Sekret gibt die folgenden Reaktionen. Mit Javellescher Lauge wird es rasch rotbraun, ebenso braun oder gelbbraun mit Salpetersäuredämpfen. Ein junges frisches Blatt, Salpetersäuredämpfen ausgesetzt, läßt nach kurzer Zeit die ganze Fläche im durchfallenden Licht braun punktiert oder kurzgestrichelt erkennen. Mit Eisenchloridlösung wird das Sekret krumös und schwarz. In Alkohol und Äther ist es nicht löslich und erscheint homogen und etwas gelbbraun. Mit Vanillinsalzsäure tritt eine schöne purpurrote Färbung auf. Dabei ist das Sekret in einzelnen Zellen mehr kompakt und heller gefärbt, in anderen krumös und dunkler. In den getrockneten Materialien ist das Sekret tiefbraun bis gelbbraun gefärbt, tiefbraun insbesondere an den Blattspitzen. Dabei zeigt dasselbe mitunter ganz besondere Ausscheidungsformen (Fig. 24—30). Nicht selten tritt es in Form einer schlauchartigen, der Zellwand angedrückten und ziemlich dicken Membran entgegen. Diese ist entweder glatt oder von wenigen runden oder von zahlreichen verschieden gestalteten kleineren oder größeren tüpfelähnlichen Löchern oder wirklich tüpfelartigen Stellen unterbrochen, so daß sie wie eine spärlich oder reichlich getüpfelte oder netzartig verdickte Wand aussieht. In anderen Zellen sind der Sekrethaut nach innen zu kleine bis große warzige Sekrettuberanzen in kleiner oder großer Zahl aufgelagert, oder es liegen diese direkt der Zellwand auf. Andere Zellen erscheinen wie erfüllt mit einer festgewordenen schwammig-vakuoligen Masse.¹⁾ Diese Strukturen traf ich auch im lebenden Material an den schon schwärzlich gewordenen Blattspitzen, dort neben Sekretzellen mit hellem Inhalt an. Die Sekrethaut, die Warzen u. s. w. waren hier noch hell, nicht braun gefärbt, und gaben mit Vanillinsalzsäure typische Lindtsche Reaktion. Bemerkenswert ist,

¹⁾ Ähnliches hat Schilling (18, p. 304 u. Fig. 3) in den Köpfchenhaaren von *Euryale ferox* (Nymphaeac.) beobachtet.

daß die erwähnten Strukturen durch Einwirkung von Jodjodkalium auf das frische Sekret unter Gelbbraunfärbung hervorgerufen werden. Die braungefärbten Sekretmassen, Sekrethäute u. s. w. werden bei langer Einwirkung der Javelleschen Lauge erst hellgelb und schließlich gelöst.

Untersuchungsmaterial: *E. Koenigii* Rich., Zollinger n. 3427, Celebes, H. E.

Literatur: 2. Chatin, p. 15—16 u. pl. VI; 6. Magnus, p. 87; 15. Ascherson u. Gürke, p. 241; 16. Sauvageau, p. 269—275; 24. Cunningham, p. 355—371 u. pl. 36.

8. *Thalassia*.

Wie *Enalus*, besitzt auch dieses marine Genus riemenförmige Blätter, die von mehreren Längsnerven durchzogen sind. Die Zahl der Quernerven ist hier eine so große, daß die Blattfläche in zahlreiche längliche Vierecke gefeldert ist. Die Blattanatomie ist schon durch die Untersuchungen von Magnus (6) und Sauvageau (16) ziemlich gut bekannt. Für die anatomische Diagnostik sind die folgenden Merkmale von Wichtigkeit: Die beiderseits kleinzellige Epidermis, deren Zellen in der Flächenansicht ziemlich isodiametrisch sind und abgerundete Lumina zeigen, das großzellige, aus kurzen Zellen zusammengesetzte und in der Längsrichtung des Blattes von einer Reihe weiter Interzellulargänge durchzogene Mesophyll, wobei nur eine Zelle breite Scheidewände die benachbarten Gänge trennen, das Fehlen von Spaltöffnungen und typischen Tracheen, das Vorkommen von subepidermalen Sklerenchymfaserbündeln, welche den Leitbündeln der Längsnerven entsprechend gelagert sind, auf beiden Blattseiten, sowie von Randfaserbündeln, dann mit braunem Inhalt erfüllte, meist schlauchförmig gestreckte Sekretzellen im Mesophyll oder auch Leitbündelgewebe, schließlich kleine Kalkoxalatkristalle, insbesondere in der Blattepidermis, und die eigentümlichen „Flossenzähne“ des Blattrandes in der Nähe der Blattspitze.

Die Epidermis von Blattober- und Unterseite hat die gleiche Struktur. Sie besteht aus kleinen, in der Flächenansicht annähernd vierseitigen und isodiametrischen, in Längsreihen angeordneten Zellen mit ziemlich starken Außen- und Seitenwänden. Ihr Lumen erscheint in der Flächenansicht durch ungleichmäßige Verdickung abgerundet. Sie enthält bei beiden Arten Kalkoxalat. Bei *Th. Hemprichii* findet sich in jeder Zelle ein Haufen kleiner hendyoedrischer oder andersgestalteter doppeltbrechender Kristalle, bei *Th. testudinum* zumeist kleinere, oft sandartige Kristallkörper; die zweite Art enthält größere, meist stabförmige, anscheinend dem quadratischen System zugehörige Kristalle in der hypodermalen Zellschicht. Das Mesophyll ist großzellig und je nach der Stelle am Blatt 2 bis 7 Zellen dick. Unter den beiden Epidermisplatten zeigt der Querschnitt je eine großzellige hypodermartige Mesophyllzellenlage, zwischen diesen beiden eine Reihe von Interzellulargängen, die an Weite gegen den Blattrand zu abnehmen und entweder durch das Gewebe der Nerven (Leitbündel mit dem dieselben

umschließenden Mesophyllgewebe) oder durch die nur eine Zelle breiten und bis 4 Zellen hohen Längsscheidewände voneinander getrennt sind. Die inneren Mesophyllzellen zeigen gewöhnlich einen kleineren Querschnitt als die subepidermalen. Bei *Th. Hemprichii* beobachtete ich zuweilen ähnliche hautartige Auskleidungen der Luftgänge wie bei *Enalus*. Die Querdiaphragmen sind in den einschichtigen Teilen aus rundlichen Zellen zusammengesetzt und durch dreieckige Interzellularen perforiert. Bezüglich der Nerven ist für die Gattung ganz besonders das Auftreten von subepidermalen, mehr oder weniger kräftig entwickelten Sklerenchymfaserbündeln charakteristisch, welche den inmitten des Mesophylls gelegenen Leitbündeln entsprechend gelagert sind, sozusagen subepidermal gerückte Festigungselemente der Blattnerven bilden. Ihre Faserzellen sind mehr oder weniger dickwandig und englumig. Die Faserbündel finden sich gewöhnlich in allen seitlichen Längsnerven, und zwar ober- und unterseits. Nur selten, namentlich in der Nähe des Blattrandes, fehlen sie auf der einen Seite oder auf beiden. Der Hauptnerv verhält sich bezüglich dieser Faserbündel verschieden bei den beiden Arten. Man gewinnt dadurch ein Unterscheidungsmerkmal, das schon Magnus und Sauvageau im wesentlichen richtig hervorgehoben haben. Bei *Th. Hemprichii* besitzt das Leitbündel des Mittelnerven auf der Holz- und Bastseite, und zwar in Berührung mit dem Leitbündelgewebe je ein Sklerenchymfaserbündel; subepidermale Fasergruppen fehlen gewöhnlich im Mittelnerv. Hierzu ist aber zu bemerken, daß ich bei der in Rede stehenden Art auf einem Teil der Schnitte zweizellige subepidermale Fasergruppen über dem Leitbündel des Mittelnerven antraf und sodann in dem einen von den beiden dem Mittelnerv zunächst gelegenen seitlichen Längsnerven keine subepidermalen Faserbündel, sondern nur ein Faserbündel unterseits und zwar in Berührung mit dem Leitbündelgewebe, 1—2 Zellen von der Epidermis getrennt. Für *Th. testudinum* ist charakteristisch, daß sich auch über und unter dem Leitbündel des Mittelnerven gut ausgebildete subepidermale Faserbündel finden, während in Berührung mit dem Leitbündelgewebe keine Faserzellen oder doch nur vereinzelte und schwächer verdickte zu beobachten sind. Typische Tracheen fehlen in den Leitbündeln; der Holzteil der größeren enthält einen ziemlich weiten Luftgang. Dagegen beobachtete ich bei beiden Arten in den Längsnerven und auch in den Leitbündeln der Querdiaphragmen Zellen mit vollkommenen oder unvollkommenen ringförmigen Verdickungen. Die Randfaserbündel bestehen aus größeren oder kleineren Komplexen von ähnlich beschaffenen Sklerenchymfasern, wie in den subepidermalen Fasergruppen. Sie liegen aber nicht subepidermal, sondern ein bis zwei Zellen tief unter der Epidermis. Stellenweise treten an sie die Leitbündel der nächstgelegenen Seitennerven heran, so daß man dann von einem Randleitbündel sprechen könnte. Die eigentümlichen Flossenzähne (Fig. 31) in der Nähe der Blattspitze sind für beide Arten schon ausführlich von Magnus und Sauvageau beschrieben worden. Der Unterschied in ihrer Ausbildung bei den zwei Arten ist nur ein gradueller. Das gemein-

same in der Struktur besteht darin, daß mehrere nebeneinander gelegene Kantenzellen des Blattrandes verschieden stark schlauchartig gegen die Blattspitze zu ausgewachsen und daß deren Längswände miteinander verwachsen sind, so daß ein fischflossenähnliches Gebilde zustande kommt. Die Lumina der Kantenzellen verschmälern sich dabei kegelförmig nach außen, während die Wanddicke zunimmt. Bei *Th. testudinum* sind die Flossenzähne viel kräftiger und viel mehr typisch, als bei *Th. Hemprichii*; nicht nur die Zahl der an ihrer Bildung beteiligten Kantenzellen ist eine größere, sondern es nehmen an der Zahnbildung auch Zellkomplexe der beiderseitigen Epidermis, sowie das innere Blattgewebe teil.¹⁾ Bei *Th. Hemprichii* springen auch mitunter, wie die Abbildung von Magnus in den Natürl. Pflanzenfamilien (15, Fig. 181, p. 241) zeigt, die einzelnen Kantenzellen mit ihren Spitzen hervor. Was

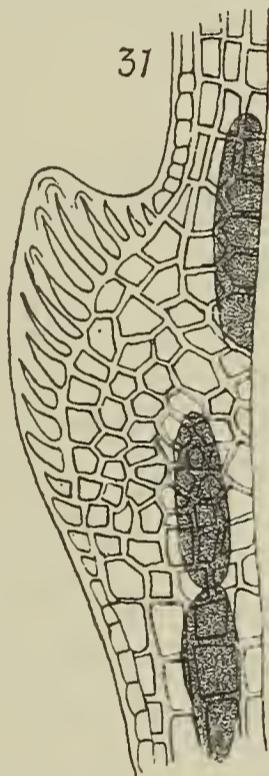


Fig. 31. Blattrand von *Th. testudinum* mit einem Flossenzahn ($80/1$).

schließlich die schon von Sauvageau (16) kurz beschriebenen Sekretzellen anlangt, so haben sie im trockenen Material einen braunen Inhalt und sind meist schlauchförmig, zuweilen auch kurz. Sie treten als braune Punkte oder Striche (letztere bis 1 mm lang) dem freien Auge entgegen. Die schlauchförmigen erreichen nach den Messungen unter dem Mikroskop bei *Th. Hemprichii* eine Länge von 700μ , bei *Th. testudinum* eine solche von 420μ . Der braune Inhalt erfüllt gewöhnlich die ganze Zelle. Bei *Th. Hemprichii* fand ich aber in einzelnen Sekretzellen ein hautartig ausgebildetes und

¹⁾ Typische „Flossenzähne“ finden sich bekanntlich auch bei der Potamogetonacee *Cymodocea* (z. B. *C. ciliata* Ehrenb.), aber nicht bei allen Arten. Dieses Seegrasgenus hat im übrigen auch mit braunem oder farblosem Inhalt versehene, aber meist der Blattepidermis, seltener dem Innengewebe angehörende Sekretzellen, und bei einem Teil der Arten auch subepidermale und den Leitbündeln korrespondierende Faserzellenbündel. (Siehe Magnus (4) u. in Sitzber. d. naturf. Freunde, Berlin 1872, p. 30 u. 31, sowie Sauvageau, in Ann. sc. nat., Sér. 7, T. XIII, 1891, p. 212–245.)

nach innen mit warzenförmigen Auflagerungen versehenes Sekret, ähnlich wie bei *Posidonia*. Das Sekret färbt sich mit FeCl_3 -Lösung allmählich schwärzlich, während derselbe Farbenton sofort in den Epidermiszellen nach der Einwirkung des Reagens auftritt. Durch Javellesche Lauge wird es allmählich entfärbt und schließlich gelöst. Die Sekretzellen kommen nur im Innengewebe vor. Bei *Th. Hemprichii* konstatierte ich sie mitunter in der subepidermalen Mesophyllzellenschicht, häufiger aber tiefer im Mesophyll, dort in den Längsscheidewänden und in dem die Leitbündel umhüllenden Parenchymgewebe, auch in den Leitbündeln selbst; bei *Th. testudinum* dagegen nur in der subepidermalen Mesophyllschicht.

Untersuchungsmaterial: *Th. Hemprichii* Aschers., Schweinfurth n. 6, Eritrea u. Schweinfurth n. 186, Arakea, H. M. — *Th. testudinum* Koenig, Sintenis n. 5, Portorico, H. M.

Literatur: 6. Magnus, p. 85; 15. Ascherson u. Gräbner, p. 241; 16. Sauvageau, p. 289—293.

9. Stratiotes.

Die linealisch-lanzettlichen, am Grunde rinnigen, dicklichen und am Rand stachelig gesägten Blätter, welche der einzigen Art den Namen Wasser-Aloë eingetragen haben, werden von zahlreichen stärkeren (5 und mehr) und schwächeren Längsnerven, die auch durch Quernerven verbunden sind, und in gleicher Richtung von vielen Luftkanälen, die im allgemeinen durch einzellschichtige Wände voneinander getrennt sind, durchzogen. In anatomischer Hinsicht sind hervorzuheben: Die Spaltöffnungsapparate, deren Schließzellenpaare auf den beiden Längsseiten zumeist von je einer zum Spalt parallelen Nebenzelle begleitet sind und zueinander parallel und mit der Spaltrichtung parallel zu den Längsnerven liegen; das Vorkommen von typischen, spiralg verdickten Tracheen in den Nervenleitbündeln; das ganze Leitbündelsystem selbst, insofern es sich zusammensetzt einmal aus größeren, gegen den Blatt- rand zu kleineren; in Bezug auf Holz- und Bastteil normal orientierten und in der Mitte des Mesophylls eingebetteten Leitbündeln und dann noch aus 2 Reihen kleiner Leitbündel, von denen die eine näher der Blattoberseite, die andere näher der Unterseite liegt und die obere aus verkehrt orientierten Leitbündeln (mit dem Bastteil nach oben), die untere aus normal orientierten besteht; schließlich die Sekretzellen mit hellem Inhalt in der lebenden Pflanze, mit braunem in der getrockneten, im Mesophyll und in den Leitbündeln vorkommend und zum Teil idioblastenartig. Palisadenartiges Assimilationsgewebe findet sich nur in den über dem Wasserspiegel hervortretenden Blatteilen.

Die Entwicklung des Mesophylls und die Reichlichkeit und Verteilung der Luftgänge variiert in den verschiedenen Niveaux der Blattlänge. Dazu kommt noch, daß die Blätter ganz oder nur zum Teil submers sind und damit auch eine Verschiedenheit der Struktur verknüpft ist. Ich untersuchte zunächst ein fast 30 cm.

langes Blatt, welches sich mit einem ziemlich langen oberen Teil über dem Wasser erhob. Ein Querschnitt durch den oberen Teil zeigt unter der beiderseitigen, mit Spaltöffnungen besetzten Epidermis ein viel-, aber unregelmäßigschichtiges palisadenähnliches Gewebe aus breitgliedrigen, senkrecht zur Blattfläche mäßig gestreckten und abgerundeten Zellen, in der Mitte eine Reihe mehr oder weniger weiter, quer durchschnittener Luftgänge, zwischen diesen Parenchymgewebe, dessen Zellen auf dem Querschnitt rundlich, im Flächenschnitt mäßig gestreckt in Längsrichtung des Blattes sind. Benachbarte Luftgänge sind dabei häufig durch Gewebebrücken getrennt, die nur 1 Zelle breit sind. Gegen den submersen unteren Teil des Blattes zu verliert der peripherische Gewebemantel allmählich seinen palisadengewebeartigen Charakter. An Stelle des Palisadengewebes tritt in dem in Rede stehenden Blatt eine meist 3—4 (in anderen Blättern noch mehr) Zellen dicke Parenchymschicht, deren Zellen einen verschieden großen

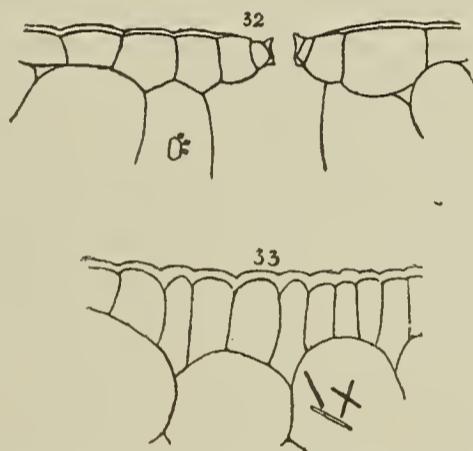


Fig. 32 – 33. Blattepidermis und darunter gelegenes Gewebe eines halbsubmersen Blattes im Querschnitt; Fig. 32. Querschnitt durch den oberen über Wasser befindlichen Blatteil; Fig. 33. durch den submersen Blatteil. — ($200/1$).

Querschnitt haben, namentlich in der subepidermalen einen kleineren, und im Querschnitt isodiametrisch polygonal bis polygonalrundlich, in der Flächenansicht polygonal oder mäßig gestreckt in der Längsrichtung des Blattes und dann auch in mehr oder weniger deutliche Längsreihen angeordnet entgegentreten. Aber noch in anderer Hinsicht verändert sich das Querschnittsbild, indem nämlich die Zahl der Luftgänge gegen den submersen Teil des Blattes zu, namentlich in der Mittelrippe, die nach unten immer stärker und stärker vorspringt, zunimmt. Schon auf Querschnitten durch die untere Partie des über dem Wasser befindlichen Blatteils sieht man über dem Hauptleitbündel des Mittelnerven einzelne Luftgänge, rechts und links davon 2—3 Luftgänge übereinander und auch 2 Luftgänge übereinander auf eine größere Strecke hin im Spreitenteil. Im submersen Teil wächst die Zahl der Luftgänge sukzessive, über dem Hauptleitbündel bis zu 4 übereinander, zu beiden Seiten desselben bis 6 übereinander. Die Luftgänge drängen sich im Mittelnerv nach der Oberseite hin. Nach rechts und links nimmt die Zahl derselben mit der Blattdicke allmählich ab. Auf eine

längere Strecke hin liegen noch 2 Gänge übereinander. Dann finden sich die Gänge nur mehr einzeln oder nur in der Nachbarschaft größerer Nervenleitbündel deren 2 übereinander, bis schließlich zum massivzelligen Blattrand. In der Umgebung des Leitbündelsystems der Mittelrippe und über demselben, dort, wo die Gänge so zahlreich sind, erscheint das Gewebe im Querschnitt grobmaschig, die Gewebelamellen zwischen den Luftgängen dabei einzelschichtig. Aber auch sonst, selbst da, wo die Gänge nur in einer Reihe liegen, sind die Scheidewände benachbarter, soweit in ihnen nicht Leitbündel verlaufen, nur 1 Zelle dick. Die Mesophyllzellen sind im unteren Teil des Blattes überall mehr oder weniger, doch nie sehr stark in der Längsrichtung des Blattes gestreckt. Zwischen Epidermis und Luftgängen ist stets eine mindestens 2, meist mehr Zellen dicke Mesophyllzellenschicht eingeschoben. Im untersten Teil des Blattes erscheinen die Zellen zum Teil auf dem Querschnitt in den Ecken nach Kollenchymart stärker verdickt; ein viel mehr typisch ausgebildeter, kleinzelliger Kollenchymkomplex tritt im unterseitigen Grundgewebe des Mittelnerven auf und umhüllt dort kleinere Leitbündel. — Einfacher gebaut erwies sich ein 20 cm langes submerses Blatt. In diesem fehlt das palisadenartige Gewebe vollkommen. Auf einem Querschnitt durch den oberen Teil des Wasserblattes sieht man fast durchweg nur eine Reihe von Luftgängen. Im mittleren und unteren Teil des Blattes sind die Luftgänge in der Mittelrippe wieder reichlicher, über dem Leitbündelsystem in einer Reihe, zu den beiden Seiten desselben bis zu 3 übereinander, während sie allmählich nach rechts und links wieder einreihig entgegentreten und schließlich im Blattrand fehlen. Die Luftgänge sind von der Epidermis stets durch Mesophyllgewebe getrennt, das im unteren Teil des Blattes 2—3 Zellen, im oberen nur 1 Zelle dick ist. Die Gewebelamellen zwischen den Luftgängen sind, soweit sie nicht Leitbündel enthalten, nur 1 Zelle dick. Die Mesophyllzellen haben eine ähnliche Gestalt, wie im unteren Teil des vorhin beschriebenen halbsubmersen Blattes. — In den sämtlichen Teilen der halbsubmersen, wie der submersen Blätter sind die Luftgänge, an welchen, nebenbei gesagt, bisweilen auch kutikulaähnliche Auskleidungsmembranen vorkommen, durch senkrecht oder schief gestellte einzelschichtige oder dickere, Quernerven einschließende Querdiaphragmen (Fig. 34 und 37) unterbrochen. Die bei Kirchner, Löw und Schroeter (22, p. 704) nicht ganz genau wiederholte Angabe von Chatin, daß die zahlreichen Luftgänge der Blattbasis keine Diaphragmen haben, ist unrichtig. Die einzelschichtigen bestehen aus niederen abgerundeten Zellen, die kleinere oder größere Interzellularen zwischen sich nehmen und häufig stärker und knotig verdickte Wände (Fig. 37) haben. Die Zellen der im Verhältnis zum Mesophyll viel kleinerzelligen Epidermis sind mit geradlinigen Seitenrändern versehen und in der Flächenansicht entweder isodiametrisch-polygonal oder in Richtung der Blattlängsachse gestreckt-polygonal bis vierseitig. Bei dem oben erwähnten halbsubmersen Blatt traf ich im oberen Teil beiderseits zahlreiche Stomata und dazwischen

namentlich Epidermiszellen von isodiametrisch- oder gestreckt-polygonaler Form an. Im untergetauchten Teil nimmt in der Grenzzone die Zahl der Stomata ab, während sie noch weiter unten ganz fehlen; die isodiametrisch-polygonalen Epidermiszellen treten zurück und die gestreckt-polygonalen, mit sehr stumpfen Winkeln an den Längsseiten, überwiegen; die letzteren zeichnen sich durch ihre auf längere Strecken hin deutliche Anordnung in Längsreihen aus. Bemerkenswert ist auch die Verschiedenheit des Querschnittsbildes der Zellen im oberen und unteren Teil (auf Schnitten, die senkrecht zur Längsachse des Blattes geführt sind). Im oberen (Fig. 32) sind die Epidermiszellen relativ nieder, meist breiter, wie hoch, im unteren submersen (Fig. 33) hoch und schmal, fast palisadenartig, wobei sie ungleich tief gegen das Blattinnere vordringen; in der Grenzzone beider Blatteile finden sich Übergangsformen. Bei den vollständig submersen Blättern fand ich nur an der Blattspitze isodiametrisch-polygonale Zellen und dazwischen auch beiderseits ein paar Stomata. Sonst fehlen die Spaltöffnungen und die Epidermiszellen sind gestreckt-polygonal bis vierseitig und meist auch in deutliche Längsreihen angeordnet. Die Querschnitte zeigen namentlich in den unteren Teilen des submersen Blattes eine deutliche palisadenartige Streckung der Epidermiszellen, in den oberen Teilen wenigstens eine deutliche Tendenz dazu. Erwähnenswert ist noch, daß die Epidermiszellen der untergetauchten Blattflächen viel zahlreichere und dunkler gefärbte Chloroplasten enthalten, als die der über Wasser befindlichen, und auch Anthocyan im Zellsaft führen. Die Spaltöffnungen sind, wie schon oben angeführt wurde, parallel zueinander und mit der Spaltrichtung parallel zur Längsachse des Blattes gerichtet. Die Schließzellen sind groß elliptisch und zumeist rechts und links von einer zum Spalt parallelen Nebenzelle begleitet. Mitunter schließt sich an den beiden Polen des Schließzellenpaares je eine quergestreckte Epidermiszelle an, so daß der ganze Spaltöffnungsapparat an den Tradescantiatypus erinnert. In anderen Fällen weisen beide oder nur die eine Nebenzelle eine quer zum Spalt gestellte Teilwand auf oder, selten, sind die Schließzellenpaare von mehreren gewöhnlichen Epidermiszellen unregelmäßig umstellt. Über die Nervenleitbündel ist das wichtigste schon oben gesagt worden. Man hat zunächst die meist größeren und in der Mittelebene des Blattquerschnittes gelegenen normal orientierten Leitbündel (mit Bastteil nach unten) zu unterscheiden, die nur am Blattrand kleiner sind. Zu ihnen gehört auch das „Hauptleitbündel“ des Mittelnerven. In der Blattspreite trifft man neben diesen größeren Leitbündeln auf dem Querschnitt noch zwei Reihen von schwächeren an; die obere Reihe enthält verkehrt orientierte, die untere normal orientierte Leitbündel. Über das Leitbündelsystem der Mittelrippe ist noch folgendes anzuführen. Im basalen Teil des Blattes liegen über dem Hauptleitbündel 1—2 kleine, verkehrt orientierte Leitbündel, im Anschluß an die verkehrt orientierten der Spreite; unter demselben zunächst ein schwächeres und dann in noch tieferer Lage einige weitere schwächere Leitbündel, sowie der oben erwähnte, jene zum

Teil einschließende, kleinzellige Kollenchymkomplex. Diese kleinen Leitbündel lassen sich unter entsprechender Reduktion die Blattlänge hinauf verfolgen, soweit die Mittelrippe deutlich keilförmig

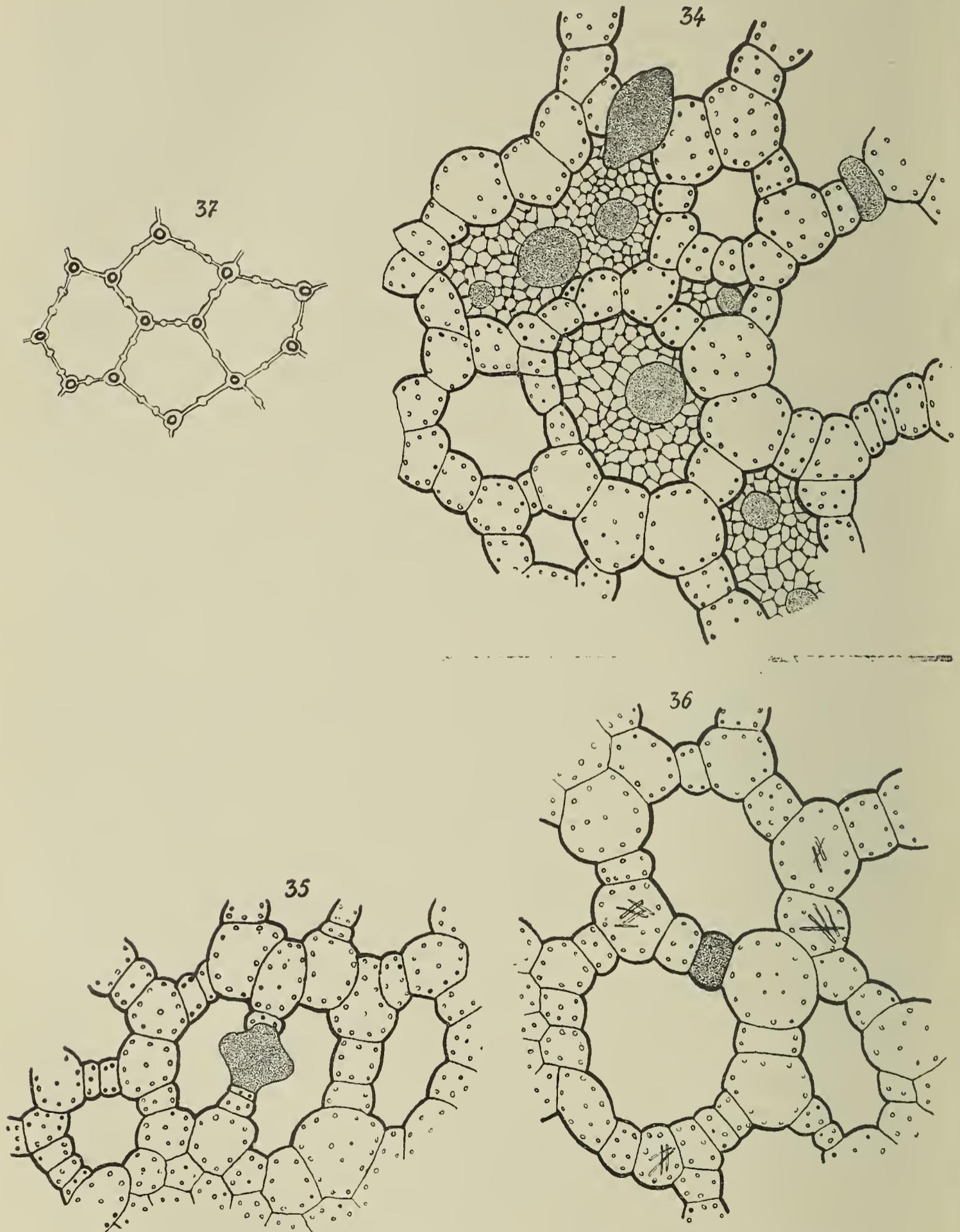


Fig. 34—36. Querschnittsstücke aus der Umgebung des Mittelnerven, von dem unteren Teil eines Blattes ($80/1$).

Fig. 37. Zellen des Querdiaphragmas ($400/1$).

nach unten vorspringt. Die sämtlichen Leitbündel besitzen im basalen Teil des Blattes keinen mechanischen Beleg. Weiter oben

trifft man in Beziehung zu allen Leitbündeln in verschiedener Reichlichkeit ziemlich weitlumige und mehr oder weniger dickwandige, schwach verholzte Faserzellen an, an den größeren in dem ganzen Umkreis oder doch wenigstens in einem oberen und unteren Bogen, an den meisten kleineren wenigstens am Bastteil. Die größeren Leitbündel enthalten im Holzteil den charakteristischen Luftgang; in diesem ist hin und wieder ein Ringgefäß zu sehen. Typische Spiraltracheen lassen sich in allen Leitbündeln und in

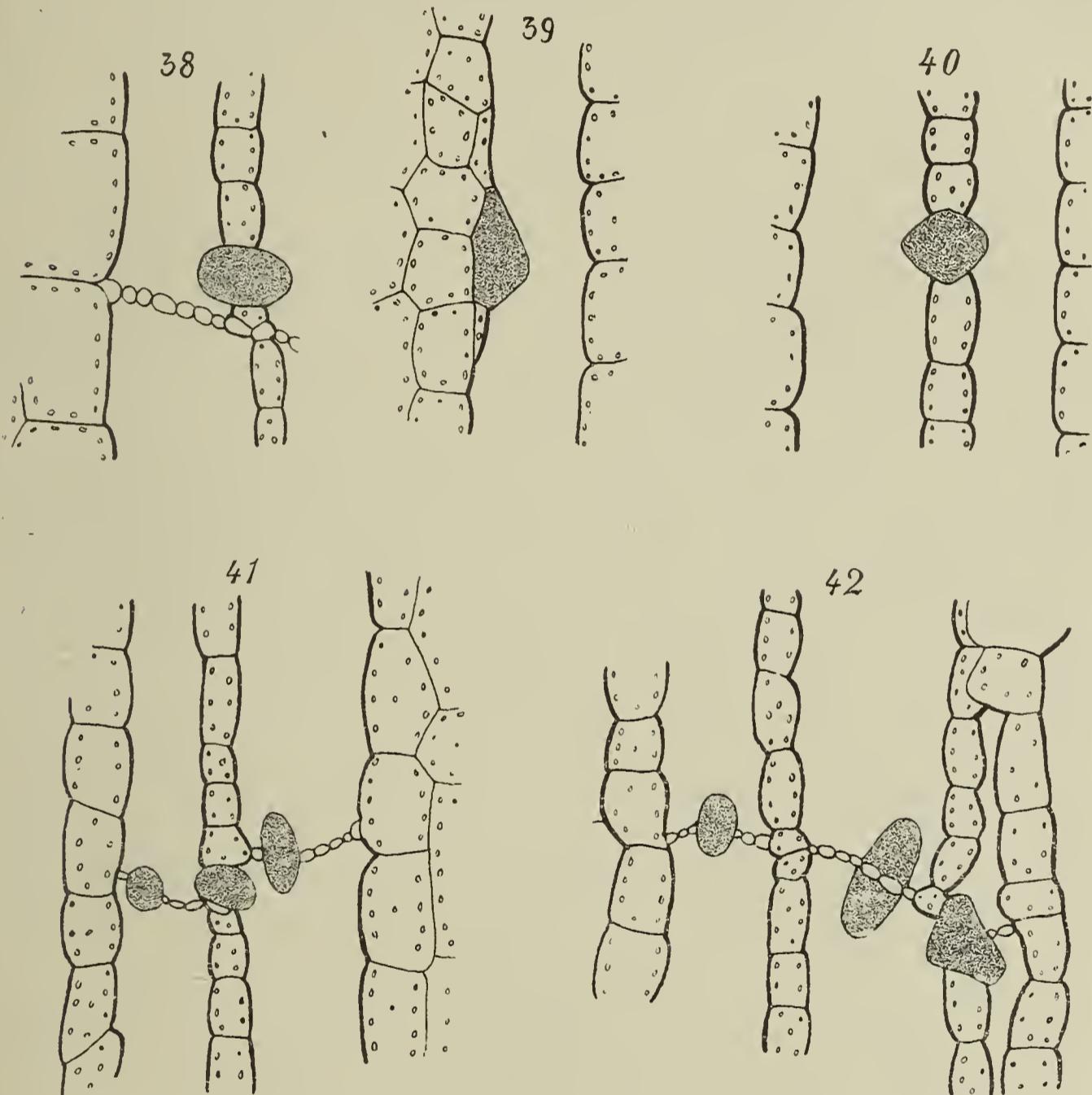


Fig. 38—42. Längsschnitte aus dem unteren Teil eines Blattes, in der Nähe des Mittelnerven ($80/1$).

allen Niveaux der Blattlänge feststellen, sodaß die Bestimmung des Leitbündels als normal oder verkehrt orientiert leicht fällt. Die sämtlichen Angaben über die Nervenleitbündel fußen in erster Linie auf der Untersuchung des stark entwickelten halbsubmersen Blattes. Sie gelten aber auch für das submerse; nur sind dort die Strukturverhältnisse etwas reduziert. Die Sekretzellen (Fig. 34—36 und 38—42) sind in der von mir eingesehenen Literatur nur in ganz ungenügender Weise berücksichtigt. Chatin (2, pl. V, Fig. 4') hat die Sekretidioblasten der Querdia-

phragmen richtig gezeichnet, spricht aber in der Figurenerklärung (p. 34) von einem „utricule boursoufflée remplie d'air, vue aussi sur les diaphragmes de la tige“. Schencke (17, p. 10) sagt, daß der Zellsaft der „meisten“ Zellen (besonders in der Epidermis) in den jungen Blättern rot gefärbt sei und später in braun übergehe und zeichnet auch solche Zellen mit rotem Zellsaft. Kirchner, Löw und Schroeter (22, p. 703) erwähnen im Grundgewebe der Ausläufer chlorophyllose Zellen und fügen bei, daß einige von diesen mit einem lebhaft roten Saft erfüllt sind, der auch bei den Blattzellen von Winterknospen und anderen Laubteilen hie und da wiederkehrt. Die Sekretzellen von *Stratiotes* besitzen, gleich denen von *Vallisneria*, in der lebenden Pflanze einen farblosen und stark lichtbrechenden Inhalt; Chlorophyllkörner fehlen. Das Sekret ist gerbsäurehaltig; mit FeCl_3 - oder FeSO_4 -Lösung färbt es sich blau bis schwarz. In Alkohol ist es nicht löslich. Beim Trocknen der Pflanzen wird das Sekret braun und es sind dann die Sekretzellen mit freiem Auge oder mit der Lupe direkt oder nach dem Anschneiden des Blattes als braune Punkte zu sehen. Die gleiche Farbenveränderung tritt bei Behandlung der Präparate von lebendem Material mit Javellescher Lauge oder mit Dämpfen von Salpetersäure auf. Auch mit Kalilauge färbt sich das frische Sekret langsam braun. In gelblich gefärbten submersen Blättern der lebenden Pflanze fand ich schon Mitte August, namentlich in den Spitzen, die Braunfärbung des Sekretes eingetreten. Besonders charakteristisch ist die Lindtsche Reaktion, die Blutrotfärbung des frischen Sekretes mit Vanillinsalzsäure, welche sich viele Stunden deutlich erhält. Mit konzentrierter Salzsäure allein zieht sich das frische Sekret unter Gelbbraunfärbung zusammen. Die Sekretzellen treten in allen Teilen der halbsubmersen und submersen Blätter auf. In morphologischer Hinsicht sind sie entweder nicht oder doch wenig von den gewöhnlichen Mesophyllzellen verschieden oder sie treten als Idioblasten entgegen. Ersteres gilt für die im dichten Mesophyll eingelagerten Sekretzellen und zum Teil auch für die Sekretzellen der Längsscheidewände zwischen den Luftgängen. Idioblastennatur haben insbesondere die Sekretzellen der Querdiaphragmen und zum Teil auch die der Längsscheidewände. Die Idioblasten sind kugelig, ellipsoidisch (wobei ihr größter Durchmesser senkrecht zur Zellschicht gelagert ist, der sie angehören) oder anders gestaltet und verschieden groß; sie springen mit konvexen Wandteilen blasig in die Interzellularräume hinein. Schlauchförmige, doch nicht sehr langgestreckte Sekretzellen von relativ kleinem Querschnitt befinden sich in den Leitbündeln. Kleine, schmal-stäbchenförmige oder dickere und verschieden, auch oktaëdrisch gestaltete Kristalle aus Kalkoxalat kommen hier und dort im Mesophyll, besonders in den Wasserblättern, vor. An der Bildung der dornigen, hakig nach vorn gekrümmten Blatzzähne ist Haut- und Grundgewebe beteiligt. Die Spitze des Zahnes bildet ein einzelnes zugespitztes und starkwandiges Haar, dessen Basis von einem Kranz längsgestreckter, ziemlich starkwandiger und getüpfelter Epidermiszellen umschlossen wird. Die zahlreichen lanzettlichen

Achselschüppchen sind an der Basis mehr als zweischichtig und schließen dort zuweilen Sekretzellen ein. Sonst sind sie zweizellig, am Rande und an der Spitze einschichtig; ihre Epidermiszellen sind längsgestreckt. Sie haben keine sekretorische Funktion.

Untersuchungsmaterial: Lebendes Material des Hort. Erlang. und trockenes des H. E.

Literatur: 2. Chatin, p. 12—15, pl. V; 17. Schencke; 21. Weinrowsky, p. 19—20; 22. Kirchner, Löw und Schroeter, p. 697—707; 23. Veres (non vidi).

10. *Ottelia*.

Das Blattmaterial von *Ottelia*, das mir zur Verfügung stand, ist lediglich von Wasserblättern mit gut entwickelten und von Längs- und Quernerven durchzogenen Spreiten gebildet. Die wichtigsten anatomischen Verhältnisse sind die folgenden. Die Struktur des Mesophylls ist in den Wasserblättern eine einheitliche. Das ein- bis mehrschichtige Mesophyll bildet ein Maschennetz (Fig. 44), dessen sehr große bis kleine, annähernd bis wirklich polygonale Maschen von Interzellularräumen eingenommen werden, die voneinander durch meist nur eine Zelle dicke Gewebelamellen getrennt sind. Spaltöffnungen sind selten; sie sind beiderseits von je einer zum Spalt parallelen Nebenzelle begleitet. Typische Tracheen fehlen in den Nerven. Besonders charakteristisch ist das Auftreten von meist rundlichen Sekretidioblasten mit hellem Inhalt in der Blattepidermis und von kugeligen, ellipsoidischen oder hantelförmigen chlorophyllführenden Idioblasten im Mesophyll, welche sozusagen die Natur innerer Haare haben und eine ölige oder harzige Substanz an ihren, in die Interzellularräume hineinragenden Teilen zur Ausscheidung bringen. Kalkoxalatkristalle sind vorhanden.

Die gewöhnlichen Epidermiszellen der beiden Blattflächen haben annähernd dieselbe Beschaffenheit. Sie sind mehr oder weniger isodiametrisch und besitzen entweder schwach wellige (Lohersche Pflanze, *O. Baumii* und *ulvaefolia*) oder ziemlich geradlinige (*O. alismoides* und *japonica*) Seitenränder. Ihr Flächen-durchmesser wechselt schon innerhalb der Art; der mittlere Durchmesser schwankt bei meinem Material zwischen 50—60 μ einerseits und 90—120 μ andererseits. Über die Beschaffenheit des Mesophylls ist noch anzuführen, daß die Interzellularräume in der Regel direkt von der beiderseitigen Epidermis bedeckt sind; nur stellenweise wurde, z. B. bei *O. alismoides*, eine Verbreiterung der subepidermalen Mesophyllzellenbänder auf mehr als eine Zelle, oder, in der Nähe von größeren Nerven, ein hypodermartiges Zusammenschließen der subepidermalen Zellen über dem Luftraum beobachtet. Bei der gleichen Art und ebenso bei der Loherschen Pflanze sah ich kleine ähnliche perforierte Querdiaphragmen, wie sie auch bei anderen Hydrocharitaceen vorkommen. Einzelne Spaltöffnungen

finden sich bei *O. alismoides* und *japonica* beiderseits am Blattrand (bei der Loherschen Pflanze in der Außenepidermis der Kelchblätter, über den Längsnerven). Sie sind nicht immer von parallelen Nebenzellen begleitet, sondern manchmal von mehreren gewöhnlichen Epidermiszellen umschlossen. Wenn auch in den Leitbündeln der Nerven deutliche Ring- und Spiraltracheen fehlen, so wurden doch im lebenden Material von *O. alismoides*, sowie bei *O. Baumii*, *japonica* und *ulvaefolia* Zellen mit schwach ring- oder halbringförmigen Verdickungen angetroffen. Der Querschnitt durch einen kräftigen Längsnerven der Loherschen Pflanze zeigte mir im Holzteil des Leitbündels einen weiten Interzellulargang und an der Peripherie einige derber-, doch zellulosewandige Faserzellen, sonst dünnwandiges kleinzelliges Gewebe, den Holzteil umschlossen von einem Kranz weiter, durch einschichtige Gewebelamellen voneinander getrennter Interzellulargänge, welche typische, perforierte, kleinzellige Querdiaphragmen haben, nach unten sodann, vom Holzteil getrennt, eine Weichbastgruppe, die ebenfalls von einzelnen faserartigen Zellen begleitet ist. In den kleineren Nerven berühren sich Holz- und Bastteil. Der Holzteil schließt wieder einen Interzellulargang ein, der Bastteil ist mit einzelnen Faserzellen versehen. Ähnliche Verhältnisse traf ich auch in dem lebenden Material von *O. alismoides* an; nur fehlen die Faserzellen. Kräftigere Sklerenchymfasern sah ich in den Nerven von *O. Baumii*. Von den beiden Sekretzellentypen bespreche ich zunächst die epidermalen Idioblasten (Fig. 43 u. 48). Sie kommen bei allen Arten vor; nur in dem von Maximowicz gesammelten Material von *O. japonica* konnte ich sie nicht auffinden. Ihre Menge ist eine verschiedene. Zuweilen sind sie auf der einen Blattseite ziemlich reichlich entwickelt, und zwar am Blattrand, über den Blattnerven und auch zwischen den Nerven, auf der anderen nur am Rand oder noch vereinzelt über den Nerven zu finden. Meist liegen sie einzeln, selten zu 2—3 beisammen. Ihr Umriß ist in der Flächenansicht rund oder eckig und klein im Verhältnis zu den Epidermiszellen. Bei *O. alismoides* (Fig. 48) und *japonica* fällt auf, daß die Zellen sich mit einer relativ großen Fläche an der Bildung der Blattoberfläche beteiligen und sich nach innen keilförmig verschmälern. Bei anderen Arten ist die Innenwandfläche der Sekretzellen annähernd gleich groß, wie die Außenwandfläche, oder sogar größer. Diese Verhältnisse wechseln bei *O. ulvaefolia* auf demselben Blatt. Der Inhalt der Sekretzellen ist nicht überall der gleiche. Bei der Loherschen Pflanze ließ sich ein helles, stark lichtbrechendes Sekret feststellen, das in Alkohol löslich ist, mit Jodjodkaliumlösung sich gelb färbt, sodann nach Zusatz von verdünnter Schwefelsäure als gelber Tropfen entgegentritt, während konzentrierte Schwefelsäure eine Bräunung verursacht, weiter mit Überosmiumsäure sich schwach braun färbt und mit Wasserdämpfen flüchtig ist; außer dem Sekret enthalten hier die Zellen Zellkerne und Protoplasma, aber keine Chloroplasten. Bei den Herbarmaterialien von *O. alismoides* und *japonica* sah ich kein Sekret; in dem lebenden Material von *O. alismoides* öfters einen hellen,

lichtbrechenden Inhalt, der sich mit Jodlösung gelb färbt.¹⁾ Der lichtbrechende, kaum gelbliche Inhalt der Zellen im Herbarmaterial von *O. Baumii* gibt mit Jodlösung und Schwefelsäure dieselben Reaktionen, wie das Sekret bei der Loherischen Pflanze. Das schwach gelbe, milchsaftartig aussehende Sekret von *O. ulvaefolia* nimmt mit Javellescher Lauge und ebenso schon mit Kalilauge eine sehr schöne weingelbe Färbung an, durch welche sich die Sekretzellen leicht feststellen lassen. Viel charakteristischer, als die epidermalen Idioblasten, sind die sezernierenden Idioblasten des Mesophylls (Fig. 44 u. 46—47). Dieselben haben eine annähernd kugelige, eine mehr oder weniger schmal ellipsoidische

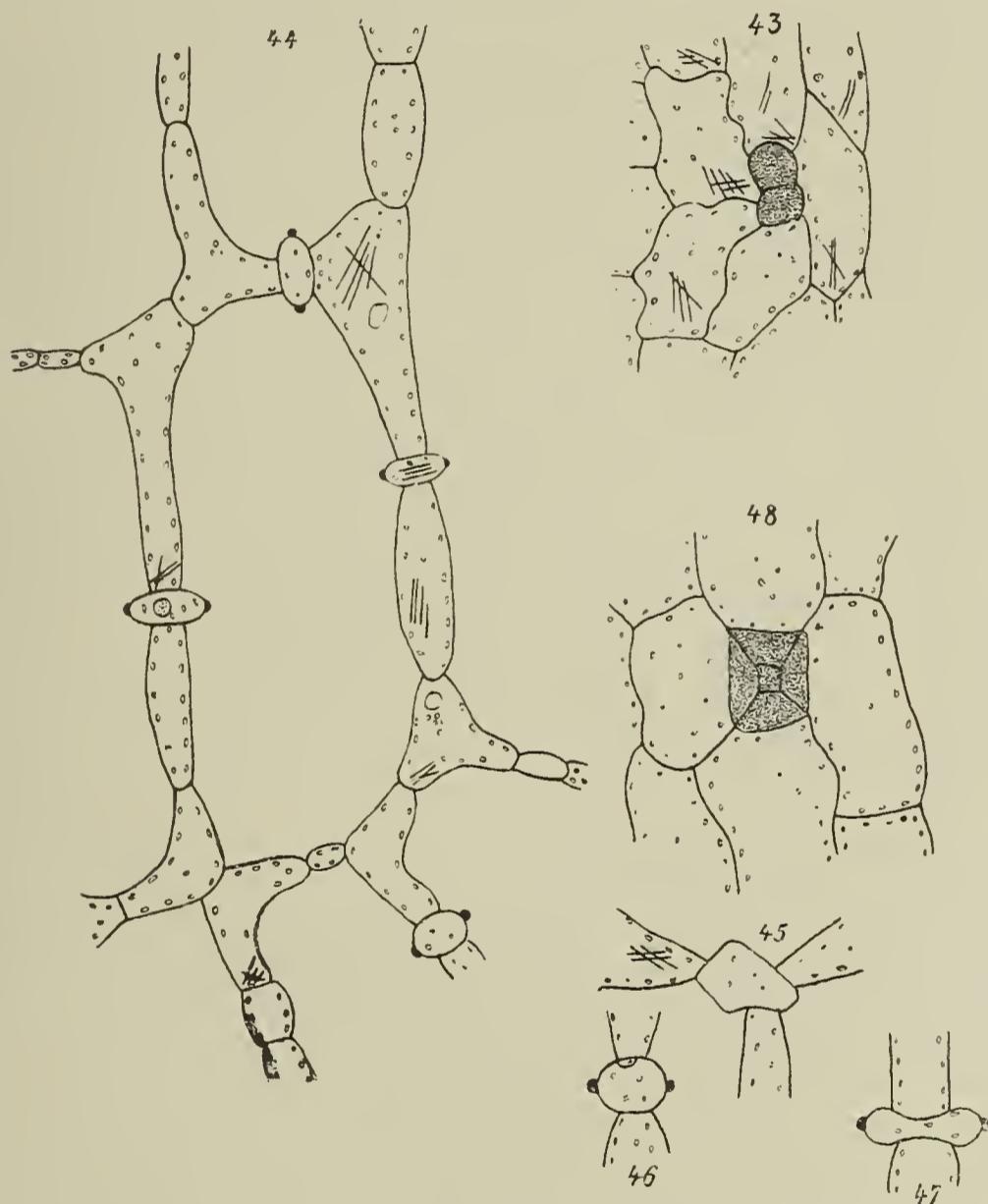


Fig. 43—47. *Ottelia* sp.: Fig. 43. Blattepidermis mit Sekretzellen. Fig. 44—45. Mesophyll in der Flächenansicht. Fig. 46—47. Sekretzellen. Fig. 48. Blattepidermis von *O. alismoides* mit einer Sekretzelle.

oder eine hantelförmige Gestalt. Sie sind zwischen den gewöhnlichen kürzer oder länger gestreckten und verschieden gestalteten Mesophyllzellen eingeschaltet, die ellipsoidischen und hantelförmigen dabei so, daß ihre Längsachse quer zum Verlauf der Mesophyll-

¹⁾ Nachträglich stellte ich am lebenden Material von *O. alismoides* fest, daß sowohl das Sekret der epidermalen Idioblasten, wie der haarartigen, die beide dort auch im Blattstiel vorkommen, mit Vanillinsalzsäure sich nicht rot färbt.

zellenreihe gerichtet ist, in der sie liegen. So ragen sie mit ihren seitlichen Teilen mehr oder weniger stark nach Art der inneren Haare in die Interzellularräume hinein. Bisweilen trifft man in zwei übereinander gelagerten Zellreihen des Mesophylls zwei solche Idioblasten übereinander an. Die Untersuchung im lebenden Material (von Loher, sowie Haage und Schmidt) ergab, daß die Zellen Zellkerne, Protoplasmaschlauch und Chloroplasten enthalten, bei der Loher'schen Pflanze zuweilen auch Kalkoxalatnadeln im Zellsaft. Sie sind assimilierende Zellen und zugleich sezernierende. Ihre Zellwand besteht aus Zellulose. Wie mir die Untersuchung junger Idioblasten in jungen Blütenstielen bei der Loher'schen Pflanze zeigte, entsteht im wandständigen Protoplasma der in die Interzellularen hineinragenden Zellteile ein öliger Tropfen, der durch die Zellwand nach außen tritt und dieser in Form einer Kalotte und später einer größeren oder kleineren Kugel anhaftet. Der Tropfen besteht aus ätherischem Öl; er löst sich in Alkohol, verschwindet beim Erhitzen der Wasserpräparate, ist also flüchtig, färbt sich mit Jodjodkaliumlösung gelb und dann auf Zusatz von Schwefelsäure braun und nimmt mit Osmiumsäure eine bräunliche bis schwarze Farbe an.¹⁾ In den Herbarmaterialien finden sich an Stelle der Tropfen harzartige gelbliche Massen, entweder noch in Tropfenform oder in Form von Krusten; dieselben sind durch Oxydation des Sekretes entstanden und, wie dieses, in Alkohol löslich. Bei der Loher'schen Pflanze traf ich die epidermalen Idioblasten auch in dem Blütenstiel und in der Außenepidermis der Kelchblätter, die Idioblasten des Innengewebes auch in den Kelchblättern und in der Fruchtknotenwand an; die Sekretzellen der Kelchblattepidermis verbreitern sich stark nach innen. Kalkoxalat tritt reichlich in Form von größeren oder kleineren Bündeln ziemlich langer nadelförmiger bis etwas breiterer stabförmiger Kristalle in der beiderseitigen Epidermis und im Mesophyll bei *O. ulvaefolia* und der Loher'schen Pflanze auf. Bei den anderen Arten finden sich auch kleine, stabförmige oder anders gestaltete Kristallkörper, die in Essigsäure unlöslich sind. Bei dem Bojerschen Material von *O. ulvaefolia* sind einzelne Randzellen des Blattes zu ganz kurzen, stumpfen, zahnartigen Haaren ausgewachsen; ähnliche Haare krönen auch die zahnartigen Emergenzen am untersten Teil des Blattstiels von *O. alismoides*. Bei *O. alismoides* habe ich auch längliche Achsel-schüppchen nachgewiesen, die in ihrem unteren Teil mehr als zweizellschichtig sind.

Auf Grund von Beobachtungen an der im hiesigen Botanischen Garten zur Blüte gelangten Loher'schen Pflanze²⁾ habe ich an dieser Stelle einige Bemerkungen zu den Blütenverhältnissen von *Ottelia* anzufügen. Auffallend war bei der Analyse der zwittrigen, einzeln in den zusammengedrückten Scheiden entwickelten und mit sechs Staubblättern versehenen Blüten, daß nur drei an der Spitze zweispaltige Griffel zu sehen waren und der Fruchtknoten im Querschnitt nur drei unvollständige Fächer durch drei tief in die Frucht-

¹⁾ S. Anm. 1 auf p. 87.

²⁾ Die Pflanzen waren einjährig und eine Nachzucht nicht möglich.

knotenhöhlung eindringende und zweispaltige Scheidewände aufwies. Für *Ottelia* werden nämlich (s. auch Gürke, in Festschrift für Ascherson, Leipzig, 1904, p. 535) sechs und bisweilen sogar neun bis zwölf zweispaltige Griffel und ein durch sechs Doppelscheidewände unvollständig-sechsfähriger Fruchtknoten angegeben. Die Fruchtknotenhöhlung ist mit Schleim¹⁾ erfüllt. Der Schleim, welcher mit Tuschlösung deutlich hervortritt, quillt mit Wasser auf, färbt sich mit Jodjodkaliumlösung nicht oder doch nicht deutlich, gibt auch nicht die Amyloidreaktion, ist optisch inaktiv und tingiert sich mit Methylenblau, Anilinblau und Korallinsoda. Derselbe wird augenscheinlich durch eigentümliche, im Umriß rundliche oder elliptische Drüsenzellenkomplexe (Fig. 49) ausgeschieden, welche der Epidermis zugehören und sich gleich den Samenanlagen, sowohl an den Scheidenwänden, als auch der Fruchtknotenwand zwischen den Scheidenwänden vorfinden und konvex in die Fruchtknotenhöhlung vorspringen. An ihrer Erhebung über dem Niveau der Innenfläche sind auch Grundgewebezellen beteiligt. Die sezernierenden Epidermiszellen sind höher als die gewöhnlichen, besitzen konvexe, fast papillöse Außenwände, haben einen annähernd polygonalen Umriß in der Fläche und eine ungleichmäßige Verdickung der Seitenwände. Auf einem Querschnitt sieht man die Seitenwände nach innen zu erst anschwellen, dann wieder dünner

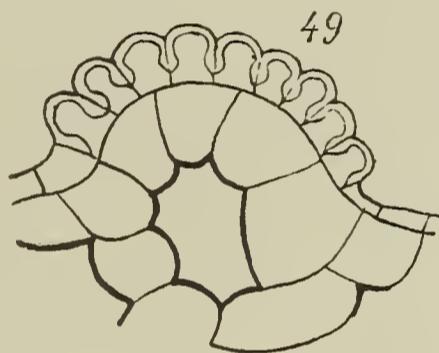


Fig. 49. Schleimdrüse von der Innenwand des Fruchtknotens im Querschnitt.

werden. Im jungen Fruchtknoten sind die Drüsen noch von der Kutikula bedeckt. Die in Rede stehenden Drüsen und die Schleimabsonderung habe ich auch im Fruchtknoten des Herbarmaterials von *O. alismoides* nachweisen können. Der kugelige Pollen zeigte bei der Loherschen Pflanze einen Durchmesser von 75μ , bei *O. alismoides* einen solchen von 45μ . Seine Exine ist mit zahlreichen, fein stacheligen Unebenheiten versehen; Keimporen fehlen.²⁾

¹⁾ Schleimartige Substanzen sind in der Literatur für die Frucht von *Ottelia* erwähnt (s. Richard, in Mémoires de l'Institut de France 1811, Sec. Partie, 1814, p. 29, auch Bentham u. Hooker, Gen. plant.). Nach Caspary (in Bot. Zeit. 1858, p. 315 u. Taf. IX, Fig. 22) ist auch der einfährige Fruchtknoten von *E. canadensis* mit einer gelatinösen Flüssigkeit erfüllt; ob diese von den mit einer papillösen Epidermis versehenen Plazenten ausgeschieden werden, ist erst zu untersuchen.

²⁾ Das Fehlen der Keimporen scheint bei den Hydrocharitaceen allgemein der Fall zu sein. Über die Struktur des Pollens in der Familie gibt im übrigen die folgende Zusammenstellung Aufschluß. *Halophila*: einzellreihige Pollenketten, bei *H. Baillonii* mit „exine fortement plissée“ (s. 10. Balfour, p. 320–321 u. pl. XI, Fig. 52 u. 12, Holm, p. 16 u. pl. III, Fig. 30–31). *Hydrilla*: P. kugelig, fein körnigwarzig (22, Kirchner etc., p. 674–676 u. Fig. 404. 5–6). *Elodea*: *E. canadensis* (22, Kirchner etc. p. 688) und *densa* (12, Holm, p. 21 u. pl. IV, Fig. 55, s. auch oben p. 57) mit kugeligem, fein stachligem P. *Vallisneria* (*V. spiralis*): P. kugelig, mit $45–60 \mu$ Durchm. u. zerstreut feinkörniger Exine. *Enalus*: „P. eporosum eplicatum“ (Griffith, Notulae ad plantas

Untersuchungsmaterial: *O. sp.*, Loher, Madagascar (pl. v.). — *O. ulismoides* Rich.: Grabowski, Borneo, H. M.; Sieber, Damiette, H. E.: pl. v. von Haage u. Schmidt. — *O. Baumii* Gürke, Baum n. 858, Kunene-Sambesi-Expedition, H. M. — *O. japonica* Miq., Maximowicz, Iter II, 1862, Japonia, H. M. u. Rein, Japonia, H. M. — *O. ultraefolia* Buchenau, Hildebrandt n. 3803, Madagascar, H. M. u. Bojer, Madagascar, H. M.

Literatur: 2. Chatin, p. 4—6 u. pl. I.

11. *Boottia*.

Die mit *Ottelia* nächstverwandte Gattung ist in anatomischer Hinsicht ebenfalls durch den Besitz von epidermalen Sekretzellen mit hellem Inhalt ausgezeichnet. Die im Mesophyll gelegenen haarartigen Idioblasten traf ich nur bei *B. kunenensis* und *Schinxiana*, dagegen nicht bei der durch eine besonders charakteristische exomorphe Blattbeschaffenheit vor allen anderen Arten sofort erkennbaren *B. Aschersoniana* an. Die Struktur des Mesophylls ist in den bandförmigen dünnen, von fünf Längsnerven durchzogenen Wasserblättern der *B. kunenensis* eine ähnliche, wie bei den von mir untersuchten *Ottelia*-Arten, dagegen naturgemäß eine andere in den langgestielten und eiförmig-lanzettlichen, lederigen, von zahlreichen schwächeren, parallel zum Mittelnerven verlaufenden Nerven durchzogenen Spreiten der Schwimmblätter von *B. Schinxiana* und in den langen untergetauchten und dreikantigen, an den Kanten mit zahnartigen Emergenzen versehenen, ziemlich dicken Blättern von *B. Aschersoniana*. Die nur bei *B. Schinxiana* vorkommenden Spaltöffnungen sind an beiden Längsseiten von je einer zum Spalt parallelen Nebenzelle begleitet. Typische Tracheen fehlen in den Nervenleitbündeln oder sind doch nicht überall vorhanden. Kalkoxalat, sowie einzellige, spitze Deckhaare am Blattrand wurden bei bestimmten Arten angetroffen.

Mit Rücksicht auf die verschiedene Ausbildung des Mesophylls bespreche ich im folgenden der Reihe nach die Blattstruktur der drei untersuchten Arten.

1. *Boottia kunenensis* Gürke, Baum n. 962, Kunene-Sambesi-Expedition, H. M. Die beiderseitige Epidermis besteht aus ziemlich großen, an den verschiedenen Teilen des Blattes ungleichgroßen und entweder isodiametrisch-polygonalen oder etwas quer oder aber stärker in Richtung der Blattlänge gestreckten, polygonalen und oft in Längsreihen angeordneten Zellen. Stomata fehlen. Zwischen den Epidermiszellen sind die relativ kleinen Sekretzellen eingeschaltet, die ziemlich zahlreich auf beiden Blattseiten, namentlich am Blattrand und über den Nerven, vorkommen.

asiaticas, III, 1851, p. 176), anscheinend glatt (18, Cunington, p. 367). *Stratiotes*: P. kugelig, mit 75 μ Durchm. u. zahlreichen feinen, langen Stacheln auf der Exine (s. auch 17, Schencke, p. 18 u. Fig. 26). *Ottelia*: s. oben. *Boottia* (*B. Schinxiana*): P. kugelig, mit 75—90 μ Durchm. u. reichlich u. fein stacheliger Exine. *Hydrocharis* (*H. morsus ranae*): P. kugelig, mit 24—33 μ Durchm. u. zahlreichen kurzen Stachelchen auf der Exine. *Hydromystria* (*H. stolonifera*): P. kugelig, mit 36—42 μ Durchm. u. einer nur bei sehr starker Vergrößerung kleinwabig erscheinenden Exine.

Sie liegen meist einzeln, selten zu zwei beisammen und nehmen mit kleinerer Stelle, als ihr Umriß bei tiefer Einstellung ist, an Bildung der Blattoberfläche teil. Ihr Inhalt färbt sich mit Jodjodkaliumlösung schön gelb und verändert sich sodann auf Zusatz von verdünnter Schwefelsäure nur wenig; in Alkohol löst er sich. Das Mesophyll ist in der Längsrichtung des Blattes von luftgangartigen Interzellularen durchzogen, welche durch Querwände, zum Teil einzellschichtige perforierte Diaphragmen mit sehr kurzarmigen, flachen Zellen, in der Flächenansicht in längsgestreckte, viereckige Lakunen gefeldert sind. Diese Interzellularen stoßen nach oben und unten direkt an die Epidermis an; ihre Längswände bestehen aus Mesophyllstreifen, die nur eine Zelle breit sind und deren Zellen in der Längsrichtung des Blattes gestreckt sind. Zwischen den Zellen der Längswände trifft man ziemlich oft die analogen, quergestreckten und breiter- oder schmaler-ellipsoidischen oder kugeligen Sekretidioblasten an, wie bei *Ottelia*. Gelbliches erhärtetes Sekret haftet ihren in die Interzellularräume ragenden Wandteilen an. In den Nerven kommen Faserzellen vor. Ein massives Faserzellenbündel aus dick- und zellulosewandigen, englumigen Zellen grenzt an den beiden Längsseiten des Blattes eine sehr schmale, bis auf die Randkantenzellenreihe zweizellschichtige Randpartie der Blattspreite ab. Der Blattrand ist deutlich und reichlich sägezählig; an der Bildung der Zähne sind neben einem längeren spitzen Haar Zellen der beiderseitigen Epidermis beteiligt.

2. *B. Schinziana* Aschers. et Gürke, Baum n. 109, Kunene-Sambesi-Expedition, H. M. Die Struktur der Epidermis ist auf den beiden Blattseiten eine verschiedene. Die Epidermiszellen der Oberseite sind in der Flächenansicht ziemlich klein und isodiametrisch und zeigen bei hoher Einstellung kleinzackig gebogene Seitenränder und leistenförmige Vorsprünge in deren Winkelscheiteln, bei tiefer Einstellung geradlinige Seitenränder. Die Epidermiszellen der Unterseite sind in der Flächenansicht rundlich-polygonal und nicht viel größer. Die oberseitige Epidermis enthält zahlreiche, auf größeren Stücken der Blattfläche mit dem Spalt parallel zueinander und parallel zur Längsrichtung der Spreite gestellte Schließzellenpaare, deren Schließzellen nur sehr schwache Eisodialleisten haben und fast immer und beiderseits von einer zum Spalt parallelen Nebenzelle begleitet sind. In der unterseitigen Epidermis befinden sich zahlreiche Sekretzellen (Fig. 50), die einen kleineren Umriß als ihre Nachbarzellen haben, mit meist rundlicher oder polygonaler, kleinerer Fläche an Bildung der Blattoberfläche teilnehmen und ziemlich tief in die Interzellularen des Blattes vordringen. Ihr helles Sekret färbt sich mit Kalilauge weingelb, ebenso schöngelb mit Jodjodkaliumlösung, sodann auf Zusatz von verdünnter Schwefelsäure braun; im Alkohol löst es sich. Das Mesophyll (Fig. 50) ist bifazial gebaut. Die obere Hälfte desselben, mit etwa zwei Drittel der Blattdicke, wird im wesentlichen von einem mehr- und unregelmäßig-schichtigen Palisadengewebe aus ziemlich langgestreckten und dünnwandigen Zellen gebildet, die untere, welche dem Schwammgewebe entspricht,

schließt eine Schicht von relativ großen Luftlücken ein, die subepidermal liegen und durch meist nur eine Zelle breite Gewebelamellen voneinander getrennt sind. In der oberen Mesophyllhälfte befindet sich unter der oberseitigen Epidermis ein fast geschlossenes ein- bis mehrschichtiges Hypoderm von ganz besonderer Ausbildung (Fig. 50). Dasselbe ist fast nur durch die Atemhöhlen der Spaltöffnungen unterbrochen. Es setzt sich im wesentlichen aus zweierlei Zellen zusammen, aus solchen, welche in der Flächenansicht mehr oder weniger längsgestreckt erscheinen, daher im Blattquerschnitt rundlich entgegengetreten und außerdem zu mehreren übereinander gelagert sind, dann aus solchen, die im Flächenschnitt rundlich begrenzt sind und im Querschnitt strebepfeilerartig die obere Mesophyllhälfte durchsetzen. Die Wände der Hypodermzellen sind ziemlich dick und stark lichtbrechend, wie die Wände von typischem Kollenchym; sie bestehen aus Zellulose. Die unterste Zelllage der oberen Mesophyllhälfte setzt sich aus niederen parenchymatischen Zellen zusammen, welche etwas dickere Wände wie die Palisadenzellen haben, in der Fläche rundlich sind und ganz kleine dreieckige Interzellularen zwischen einander haben. Diese Zellen sind zusammen mit dem Begleitparenchym der Nerven und den Enden der strebepfeilerartigen Hypodermzellen an dem Gewölbebau der unterseitigen Luftlücken beteiligt und bilden mit jenen, sowie mit den vertikalen Scheidewänden der Luftlücken zusammen das mechanische Gerüste des Blattes. Über die Zellen der die Luftlücken trennenden, meist nur eine Zelle breiten Scheidewände ist anzuführen, daß sie auf dem Flächenschnitt des Blattes nicht oder sehr wenig gestreckt entgegengetreten und im Blattquerschnitt mehr oder weniger deutlich die Form des I-Trägers zeigen. Zwischen den gewöhnlichen Zellen der Scheidewände finden sich in großer Zahl die haarartigen Sekretidioblasten (Fig. 50–53). Diese sind gewöhnlich schmal-elliptisch und mit ihrer Längsachse quer zur Scheidewand gestellt, so daß sie mit ihren seitlichen, von einer Sekretkugel bedeckten Hälften in die Interzellularräume hineinragen. Zuweilen haben sie eine etwas andere Gestalt, die Form eines T oder +-Zeichens, indem sie in der Mitte ihrer Längsseite und senkrecht zu dieser, einseitig oder beiderseitig, ausgebuchtet sind. Die Leitbündel der großen Nerven enthalten einen deutlichen Interzellulargang anstelle der Gefäße. Sie werden, wie zum Teil auch die Leitbündel der kleineren Nerven, fast allseitig von weitelumigen, faserartig gestreckten Zellen umhüllt, deren Wände gleiche Beschaffenheit wie die der hypodermalen Zellen haben. Stellenweise ließen sich in den Leitbündeln spiralig verdickte Tracheen beobachten. In der nach unten vorspringenden Mittelrippe liegen unter dem großen Leitbündel noch kleinere, von mehr kollenchymartigen Gewebe umschlossene, seitlich von diesem zwei übereinandergestellte Reihen in Richtung der Rippe gestreckter Luftgänge; über dem großen Leitbündel Palisadengewebe und hypodermales Gewebe. Kalkoxalat ist besonders reichlich im Palisadengewebe, aber auch in den Mesophyllzellen der unteren Blatthälfte ausgeschieden, und zwar in Form sehr kleiner, doppeltbrechender, meist viereckiger Kristallkörper.

3. *B. Aschersoniana* Gürke, Baum n. 772, Kunene-Sambesi-Expedition, H. M. Die Epidermiszellen sind, abgesehen von der Basis der Emergenzen, in der Flächenansicht breit- und langgestreckt-vierseitig und parallel zur Längsrichtung des Blattes in Längsreihen angeordnet. Stomata fehlen. Das Mesophyll besteht aus Zellen, die in der Längsrichtung des Blattes gestreckt sind. In gleicher Richtung gestreckte Interzellularen durchziehen das Mesophyll. Der in Form eines niederen Dreiecks gestaltete Querschnitt durch den oberen Teil des Blattes zeigt in der Circumferenz des von einem einschichtigen Mesophyllzellenmantel umhüllten medianen Leitbündels einen Kreis von weiten Luftgängen; in den beiden breiteren, von je zwei Leitbündelsträngen durch-

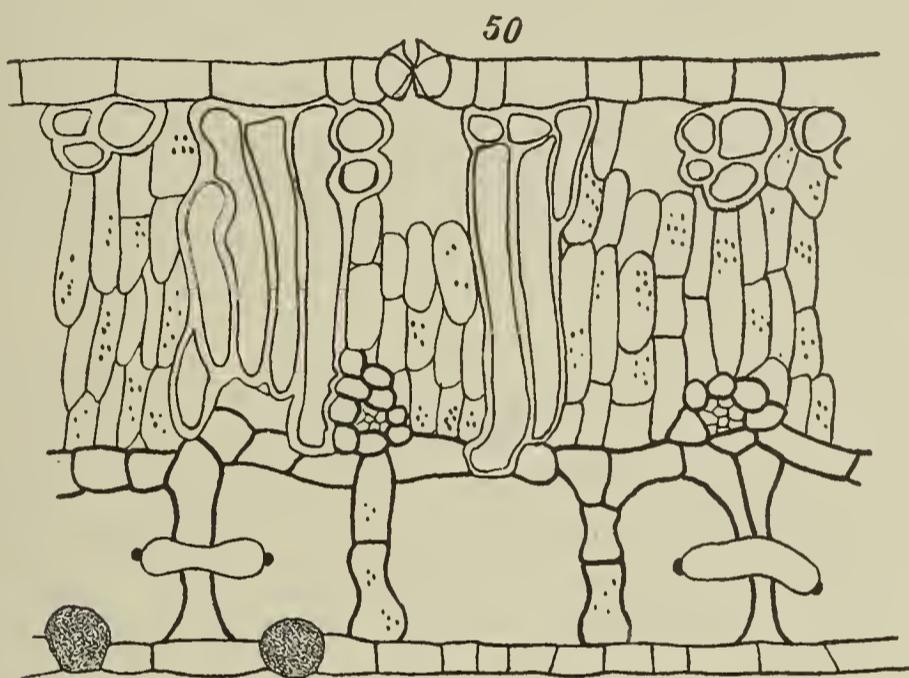


Fig. 50—53. *Boottia Schinziana*.

Fig. 50. Blattquerschnitt. Fig. 51—53. Sekretzellen.

zogenen Blattflanken sieht man auch Luftgänge, im Anschluß an die vorigen, beiderseits je einen weiten, dann gegen den Blattrand zu, an der Innenseite des größeren „inneren“ (d. h. der Mittelrippe zunächst gelagerten) Lateralbündelstranges meist zwei kleinere übereinander oder an ihrer Stelle einen größeren, dann jenseits des inneren Leitbündels noch einen Luftgang; der schmale, von nur einem Leitbündel durchzogene Rückenflügel des Blattes schließt keinen Luftgang ein. Die Luftgänge sind voneinander durch einzelschichtige Mesophylllamellen getrennt, von der Epidermis zumeist durch zwei Mesophyllzellagen. Sie sind von typisch perforierten Querdiaphragmen durchsetzt, deren Zellen dicke und getüpfelte

Wände haben. Die Leitbündel der großen Nerven haben an Stelle der Gefäße einen Interzellulargang und sind von ziemlich dick-, weiß- und zellulosewandigen, im Mittelnerv ziemlich weitelumigen und zusammengedrückten, in den größeren Lateralnerven etwas engerlumigen Faserzellen umstellt. Vereinzelt wurden auch spiralig-verdickte Tracheen beobachtet. Das Grundgewebe des Blattes ist auch an der Bildung der zahnartigen Emergenzen des Blattrandes beteiligt, welche von einem ziemlich kurzen und breiten einzelligen Haar gekrönt sind. Von den beiden Sekretzellentypen kommt nur der epidermale vor. Die Sekretzellen finden sich namentlich an den Blattkanten und unterscheiden sich durch ihre rundliche Gestalt und geringere Größe von den gewöhnlichen Epidermiszellen. Sie nehmen mit einer kleineren rundlichen Stelle an Bildung der Blattfläche teil und dringen, sich keilförmig verbreiternd, ziemlich tief in das Blatt ein. Ihr heller Inhalt ist wieder in Alkohol löslich; mit Jodjodkaliumlösung tritt Gelbfärbung ein, die sich wenig nach Zusatz von verdünnter Schwefelsäure verändert; Kalilauge bewirkt keine Gelbfärbung. Kalkoxalat findet sich in Form längerer nadelförmiger Kristalle und nicht spärlich im Mesophyll.

12. *Hydrocharis*.

Die Blätter dieser Gattung sind bekanntlich langgestielt, die Spreiten nierenförmig-kreisförmig und von mehreren Hauptnerven durchzogen, sowie von feineren Nerven annähernd parallel und quer zu den Hauptnerven. In anatomischer Hinsicht sind die folgenden Merkmale für die Gattungscharakteristik hervorzuheben: Der bifaziale Blattbau mit deutlichem mehrschichtigem Palisadengewebe auf der Oberseite und mit großen, in der Flächenansicht polygonalen und durch einzellschichtige Wände getrennten Luftkammern in der unteren Mesophyllhälfte, Spaltöffnungen mit parallelen Nebenzellen, das Vorkommen von typischen Spiral- und Ringtracheen in den Nerven und von kleineren Nerven mit verkehrt orientierten Leitbündeln (mit Holzteil nach unten) neben solchen mit normal orientierten, das Auftreten von meist kugeligen, im Herbarmaterial mit braunem Inhalt erfüllten Sekretzellen, die blasig in die Interzellularräume vorspringen, und von kleinen Kristallkörpern aus Kalkoxalat (diese bei *H. asiatica*). Neben den „braunen“ Sekretzellen finden sich nur bei *H. morsus ranae* in der unterseitigen Epidermis noch andere Sekretzellen, welche im lebenden und getrockneten Material einen hellen Inhalt aufweisen, wenig idioblastenartig hervortreten und durch die Gelbfärbung ihres Sekretes mit Kalilauge oder Javellescher Lauge leicht wahrgenommen werden können.

Im folgenden bespreche ich zunächst die Blattanatomie von *H. morsus ranae*, die bisher nur sehr ungenügend untersucht war. Die Sekretzellen und die inverse Struktur eines Teiles der Nervenleitbündel waren gänzlich übersehen und nicht einmal der Spaltöffnungstypus festgestellt. Im Anschluß an *H. morsus ranae*

wird dann von *H. asiatica* die Rede sein, welche in Hooker, Flora of Brit. India, V, 1888, p. 662 und noch im Index Kewensis mit Unrecht (siehe darüber 15, Ascherson und Gürke, p. 258) mit *H. morsus ranae* vereinigt wird.

Die Blätter von *H. morsus ranae* sind im normalen Fall typische Schwimmblätter. Ihre oberseitige Epidermis besteht aus Zellen, die in der Flächenansicht ziemlich klein sind und bei hoher Einstellung zackige, bei tiefer geradlinige Seitenränder zeigen. Sie allein enthält zahlreiche Stomata, die ziemlich regellos angeordnet und einzeln über den ziemlich weiten Atemhöhlen gelagert sind; die Schließzellenpaare sind rechts und links von je einer zum Spalt parallelen Nebenzelle begleitet. Die unterseitige Epidermis setzt sich lediglich aus etwas größeren Zellen mit geradlinigen oder schwach gebogenen Seitenrändern zusammen. Die obere Blatthälfte wird von einem unregelmäßig-dreischichtigen, von den Atemhöhlen durchsetzten Palisadengewebe eingenommen, dessen Zellen zumeist nicht sehr langgestreckt und ziemlich breit sind. Darunter folgen gewöhnliche niedere Parenchymzellen, welche auch das Gewölbe der großen Luftporen der unteren Blatthälfte bilden. Die Zellen des Gewölbes zeigen in der Flächenansicht rundlichen Umriß oder schwach gewellte Seitenränder und nehmen ganz kleine Interzellularen zwischen sich. Die Luftporen treten für gewöhnlich auf dem Querschnitt in einer Reihe entgegen. sind voneinander durch vertikal zur Blattfläche gestellte, nur eine Zelllage dicke und nur vereinzelt von sehr kleinen dreieckigen Interzellularen durchsetzte Gewebepplatten aus flachen Zellen mit deutlich gewellten Seitenrändern getrennt und nach unten direkt von der unterseitigen Epidermis bedeckt. Nur stellenweise, in Berührung mit den Leitbündeln der größeren Nerven, finden sich zwei kleinere Luftporen oder eine größere und eine kleinere übereinander. Eine ganz außerordentliche Höhe erreichen zuweilen diese Lufträume oberhalb der Insertionsstelle des Blattstiels, da, wo die Blattspreite zu beiden Seiten des Mittelnerven eine blasige Anschwellung zeigt. Die flachen Zellen der Scheidewände dieser hohen Lufträume besitzen schwächer gewellte Seitenränder und sind in der Richtung der Blattdicke gestreckt; hier und dort ist eine Luftpore durch eine zur Blattfläche parallele Scheidewand geteilt. Die untersten, subepidermalen Zellen der die Lufträume voneinander trennenden Scheidewände enthalten in den ausgewachsenen Blättern Anthocyan, wodurch die Lufträume schon dem freien Auge in der Flächenansicht als ein purpurrot begrenztes Netz entgentreten. Die Nerven enthalten in ihren Leitbündeln typische Ring- und Spiraltracheen. Im Holzteil der größeren beobachtet man in der Regel auch einen weiten Luftgang mit abortierten Tracheen. Die Nervenleitbündel sind von einer mehr oder weniger deutlichen größerzelligen Parenchymscheide umschlossen und am Holz- und Bastteil oder nur an dem letzteren von einer größeren oder kleineren Zahl weitleumiger und relativ dünnwandiger Faserzellen begleitet. Besonders hervorhebenswert ist, daß ein Teil der kleinen Nerven mit Bezug auf Holz- und Bastteil ver-

kehrt orientiert ist. Diese inversen Nerven verlaufen annähernd parallel zu den Hauptnerven, liegen in einem etwas höheren Niveau des Blattes, wie die anderen Nerven und kreuzen die die Hauptnerven verbindenden Quernerven; sie stehen zuweilen durch eigene Seitennerven mit den Hauptnerven in Verbindung. *H. morsus ranae* besitzt die beiden Typen von Sekretzellen, die epidermalen „hellen“ und die „braunen“. Die ersten befinden sich nur in der unterseitigen Epidermis, namentlich über den Scheidewänden der Luftkammern, selten über den Luftkammern selbst, meist einzeln, selten zu 2 nebeneinander. Sie sind zuweilen in der Flächenansicht etwas größer als die gewöhnlichen Epidermiszellen; auch nehmen sie mit einer Stelle, die etwas kleiner als ihr Umriß bei tiefer Einstellung ist, an der Bildung der Blattfläche teil. Ihr Inhalt ist in der lebenden Pflanze hell, hell auch oder doch nur etwas bräunlich in der getrockneten¹⁾; Chloroplasten fehlen. Mit Jodjodkaliumlösung färbt sich das Sekret schön gelb, sodann auf Zusatz von verdünnter Schwefelsäure oft rotbraun. Eine gleich schöne Gelbfärbung des Sekretes wird durch Kalilauge und auch Javellesche Lauge verursacht; nach längerer Einwirkung der letzteren verschwindet die Gelbfärbung, — das Sekret ist weiß und eine Gelbfärbung ist dann auch mit Kalilauge nicht mehr zu erzielen. Nach längerem Liegen im Alkohol löst sich das Sekret; Protoplasmaschlauch und Zellkern bleiben zurück. Mit Dämpfen von Salpetersäure löst sich der sekretorische Inhalt unter Zusammenziehung von der Zellwand ab; er erscheint fast fest, gelblich und homogen oder etwas trübe. Mit Vanillinsalzsäure oder auch konzentrierter Salzsäure allein tritt nur in den dickeren Teilen des Flächenschnittes, in welchen die subepidermale anthocyanhaltige Zellschicht erhalten ist, eine schöne Rosafärbung des Sekretes auf, die nach einiger Zeit verschwindet, gleichwie bei *Elodea densa* (s. p. 55), mit der Einwirkung der Reagenzien auf das Anthocyan zusammenhängt und nicht als Lindtsche Reaktion angesprochen werden darf. Die „braunen“ Sekretzellen fand ich nur einmal in der Blattspreite und zwar in dem über der Blattstielinsertionsstelle gelegenen und bläsig angeschwollenen Teil, dagegen immer in den Scheidewänden (namentlich in den perforierten Querdiaphragmen, selten in den Längswänden) der Blattstielluftgänge. Sie sind kugelig, liegen meist einzeln, selten zu 2 beisammen und springen in die Interzellularräume vor. Nur im getrockneten Material ist ihr Inhalt braun bis rotbraun, im lebenden (Blattstiel) hell und lichtbrechend, häufig auch durch Anthocyan, das auch sonst im Blattstielgewebe vorkommt, rosafarben. Nach außen vom Sekret ließen sich manchmal in dem lebenden Material deutliche schwach gefärbte Chlorophyllkörner erkennen. Mit Kalilauge wird das Sekret in den anthocyanhaltigen Zellen bläulich, dann weiß und gequollen, schließlich erscheint es verdichtet; Gelbfärbung tritt nicht

¹⁾ Im Herbst mit dem Absterben der Blätter färbt sich das Sekret auch bräunlich und zeigt dann gegenüber dem frischen hellen Sekret auch deutliche Gerbsäurereaktion.

ein. Mit Eisenchloridlösung tritt die Gerbsäurereaktion in einem Teil der Zellen sofort, im anderen erst nach längerer Einwirkung ein. Mit Javellescher Lauge und mit Dämpfen von Salpetersäure setzt sich die helle Farbe des Sekretes alsbald in schönes Rotbraun um. Mit Jodjodkaliumlösung wird das Sekret braun und vakuolig; auch Fällungen treten auf. Mit Vanillinsalzsäure färbt sich das Sekret blutrot und diese Färbung erhält sich nach vielstündigem Liegen der Präparate. Bemerkenswert ist, daß auch mit konzentrierter Salzsäure allein eine Rot-, manchmal sogar eine Purpurrotfärbung eintritt und daß selbst nach mehrstündigem Liegen der Präparate, wenn die Färbung ins Braune umschlägt, der Stich im Rot erhalten bleibt; das Anthocyan ist bei dieser Färbung nicht beteiligt. Kalkoxalatkristalle habe ich nicht gesehen. Achsel-schüppchen aus zwei Zellagen, welche Schleim ausscheiden, hat Schilling (18) an der Basis junger Blätter konstatiert.

H. asiatica ist eine selbständige Art. Dafür sprechen schon die Angaben von Maximowicz bei Ascherson und Gürke (15) über anders beschaffene Staubblätter und Narben, dann auch die Beschaffenheit der Stipeln — ganz: „stipula adnata“ und nicht geteilt: „stipulae laterales“ — bei Glück (Die Stipulargebilde der Monokotyledonen, in Verh. d. naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg, N. F. VII, 1901, S. A. p. 3 und 21 sqq., Taf. I und II). Dazu kommen einige nicht unwesentliche Verschiedenheiten in der Blattstruktur, wie aus den folgenden Angaben hervorgeht. In erster Linie ist das Vorkommen der Spaltöffnungen auf beiden Blattseiten zu erwähnen; unterseits liegen sie einzeln oder zu mehreren über jeder Luftkammer. Oberseits ist die gegenseitige Lagerung der Stomata stellenweise eine parallele, unterseits eine ziemlich regellose. Aus dem Auftreten der Spaltöffnungen auf der Unterseite geht hervor, daß die Blätter der von mir untersuchten Pflanze Luftblätter und keine Schwimmblätter sind. Das ist bemerkenswert, einmal deshalb, weil über die nähere Natur von *H. asiatica* als Wasser- oder Sumpfpflanze in der Literatur nichts gesagt ist, sodann, weil aus der kräftigen Entwicklung — die Blattstiele messen bis über 13 cm, die Breitendurchmesser der Spreiten bis 6½ cm — unter Berücksichtigung der bekannten Arbeit von Glück (Biolog. und morpholog. Untersuch. über Wasser- und Sumpfgewächse, 2. Teil, 1906, p. 171—172 und Taf. VI, Fig. 74—75) hervorgeht, daß die mir vorliegende Pflanze von *H. asiatica* keine Landform von *H. morsus ranae* sein kann. Die von Glück gezogenen und auch im Freien angetroffenen Landpflanzen der letzteren Art sehen ganz anders aus, nämlich nur wie rudimentäre Pflanzen¹⁾. Bezüglich der Sekretzellen ist anzuführen, daß die epidermalen gänzlich fehlen und daß die anderen, die braunen, im ganzen Mesophyll vorkommen, in der oberen, namentlich vom Palisaden-

¹⁾ Aus Endknospen von Ausläufern gezogene kleine Landpflänzchen trugen nur oberseits Stomata. Dazu sei übrigens bemerkt, daß Wollenweber (20) für ein aus dem Wasser hervorragendes Blatt von *H. morsus ranae* „einige Stomata“ und „wellige Umrise der umgebenden Zellen“ unterseits angibt.

gewebe eingenommenen Blatthälfte, wie in der unteren, dort in den Scheidewänden der oft zu 2—3 übereinander gelagerten Luftkammern. Die rotbraunen Idioblasten haben gewöhnlich dieselbe Gestalt, wie bei *H. morsus ranae*; doch sah ich auch einzelne mehr schlauchförmige im Palisadengewebe. Kalkoxalat ist sehr reichlich in Form von ganz kleinen Kristallkörpern ausgeschieden, die zu mehreren in jeder Mesophyllzelle vorkommen. Die oberseitigen Epidermiszellen haben dieselbe Beschaffenheit, wie bei *H. morsus ranae*, die unterseitigen deutlich gewellte Seitenränder. Die Leitbündel der größeren Nerven sind beiderseits von ziemlich weitlumigen und mäßig dickwandigen Faserzellen begleitet, die kleineren von einzelnen oder wenigen auf der Bastseite. Verkehrt orientierte kleinere Leitbündel finden sich auch bei *H. asiatica*.

Anhangsweise mag erwähnt sein, daß bei *H. morsus ranae* in ähnlicher Weise, wie bei *Ottelia*, das Innere der Fruchtknotenhöhhlung mit einer zähen Schleimmasse angefüllt ist. Diese quillt mit Wasser auf, ist optisch inaktiv, wird bei Behandlung mit Jodjodkaliumlösung und verdünnter Schwefelsäure zuerst blau oder stellenweise violett, während bei längerer Einwirkung diese Färbung verschwindet und im großen und ganzen einer gelblichen Platz macht. Der Schleim tingiert sich schön mit Anilinblaulösung, dagegen nur schwach mit Methylenblau. Besondere den Schleim produzierende Zellgruppen sind hier nicht vorhanden; es wird vielmehr die Epidermis der ganzen Innenwand, einschließlich der 6 gegen das Zentrum der Fruchtknotenhöhhlung vorspringenden Plazentariamellen von Schleim sezernierenden subpapillösen Zellen gebildet.

Untersuchungsmaterial: *H. morsus ranae* L., pl. v. et s., Erlangen. — *H. asiatica* Miq., Maximowicz, Iter II, Japonia, H. M.

Literatur: 2. Chatin, p. 6—10 u. pl. II—III; 18. Schilling, p. 335; 20. Wollenweber, p. 17—18; 21. Weinrowsky, p. 36; 22. Kirchner, Löw und Schroeter, p. 707—714.

13. *Limnobium*.

Die einzige Art, *L. Spongia* (Bosc) Rich., besitzt nach den Ausführungen von Bosc (in Ann. du Mus. d'hist. nat. IX, 1807, p. 396—398 und pl. 30), sowie von A. Richard (in Mém. de l'Institut de France 1811, Sec. partie, 1814, p. 32 und pl. 8) zuerst kürzer gestielte Blätter mit schwimmenden, den Blattflächen von *Hydrocharis morsus ranae* oft zum Verwechseln ähnlichen Spreiten und entwickelt später mit den Blüten länger gestielte und über dem Wasser sich erhebende Blätter, deren Spreiten am Grund nur schwach herzförmig sind. Die Spreiten der Schwimm- und Luftblätter haben die gleiche Nervatur, wie bei *Hydrocharis*. Das von mir untersuchte Herbariummaterial von Curtiss zeigte lediglich die Blätter der zweiten Form, während mir Schwimmblätter und nur diese von lebenden, durch Haage und Schmidt bezogenen Pflanzen zur Verfügung waren. Die anatomische Struktur des Blattes¹⁾

¹⁾ *L. Spongia* war bisher in anatomischer Hinsicht nicht untersucht. Was Chatin (2) unter „*Limnobium Spongia* Auct.“ vorgelegen hat, war nach der Herkunft des Materials (Surinam!, während *L. Spongia* nur in Nordamerika vorkommt,) *Hydromystria stolonifera* W. Meyer (näheres s. unter *Hydromystria*).

ist eine ähnliche, wie bei *Hydrocharis*. Der Blattbau ist in den beiden Blattformen bifazial mit oberseitigem, zwei- oder mehrschichtigem Palisadengewebe und mit weiten, durch einzellschichtige Wände voneinander getrennten Interzellularräumen über der unterseitigen Epidermis. Die Spaltöffnungen sind auf beiden Längsseiten von je einer zum Spalt parallelen Nebenzelle begleitet. Die Leitbündel enthalten typische Spiraltracheen und es finden sich, wie bei *Hydrocharis*, kleinere verkehrt orientierte Leitbündel. Die „braunen“ Idioblasten fehlen auch nicht. Sie kommen in den Schwimmblättern nur im Blattstiel, in den Luftblättern auch in der Spreite vor. In den letzteren allein enthält die unterseitige subepidermale Zellschicht idioblastenartige Sekretzellen mit anderem Inhalt, nämlich solche, welche sich vor den braunen ganz wesentlich durch ihre beträchtlichere Größe und den hellen, in Alkohol löslichen und mit Alkalien sich gelbfärbenden Inhalt auszeichnen. Auch das Vorkommen von Kalkoxalat in Form von kleinen sandartigen bis nadelförmigen Kristallkörpern ist an dieser Stelle zu verzeichnen.

Über die genauere Struktur der Schwimmblätter ist folgendes anzuführen. Die unterseitigen Epidermiszellen sind in der Flächenansicht ziemlich groß polygonal; die oberseitigen sind kleiner, ihre Seitenränder bei hoher Einstellung deutlich kleinwellig, bei tiefer gerade. Die Spaltöffnungen finden sich nur oberseits. Sie sind in größeren Arealen parallel zueinander gelagert und mit parallelen Nebenzellen versehen. Die obere Hälfte des Mesophylls besteht aus einem zweischichtigen breit- und kurzgliedrigen palisadengewebeähnlichen Parenchym, das die Atemhöhlen einschließt, dann aus mehr rundlichzelligem Parenchym mit Luftlücken in 1—2 Reihen auf dem Querschnitt, während die untere die weiten subepidermalen Luftlücken in einer Reihe enthält, die voneinander durch einschichtige Vertikalwände getrennt sind, deren Zellen in der Flächenansicht wenig gebogene Seitenränder und dazwischen kleine Interzellularen zeigen. Das Gewölbe der großen Luftkammern und die Abgrenzung der unteren Mesophyllhälfte nach oben wird von einer Parenchymschicht gebildet, deren Zellen grob undulierte Seitenränder haben, auch kleine Interzellularräume zwischen sich nehmen. Die größeren, stets normal orientierten Leitbündel sind beiderseits von einem Sklerenchymfaserbogen begleitet; die kleineren der oberen Mesophyllhälfte zeigen den Holzteil nach unten, den Bastteil nach oben gerichtet und besitzen beiderseits oder nur am Bast- oder Holzteil einige Sklerenchymfasern. Die Sklerenchymfasern sind nie sehr englumig. Die an meinem Material¹⁾ auf der unteren Blattseite sichtbare, rote Färbung ist dadurch bewirkt, daß die Zellen der untersten Mesophyllzellschicht Anthocyan enthalten. Von Sekretzellen finden sich nur die „braunen“ Idioblasten und diese nur im Blattstielgewebe. Sie liegen dort namentlich in den perforierten Querdia-

¹⁾ Nach Ascherson und Gürke (15) sind die Blätter öfters unterseits schwammig aufgetrieben, wie bei *Hydromystria* (s. auch Bosc und Richard. ll. cc.).

phragmen der Lufträume, sind kugelig und springen in die Interzellularräume vor. Ihr Sekret ist in der lebenden Pflanze hell oder durch Anthocyangehalt rötlich bis intensiv rot gefärbt. Mit Dämpfen von Salpetersäure und ebenso mit Javellescher Lauge färbt es sich rotbraun. Mit Eisenchloridlösung tritt Gerbstoffreaktion ein. Mit Vanillinsalzsäure färbt sich das Sekret blutrot; die Farbe erhält sich 24 und mehr Stunden. Mit reiner Salzsäure tritt eine mehr hellbraunrote, zuweilen auch eine blutrote Färbung ein, die sich lange Zeit erhält und die ich deshalb nicht dem Anthocyan zuschreiben kann. „Myriophyllin“ scheint übrigens nicht nur in den Idioblasten, sondern auch sonst im Blattgewebe vorzukommen.

Die Luftblätter besitzen eine unterseitige Epidermis, die sich aus Zellen mit schwach- und kleinwellig gebogenen Seitenrändern und zahlreichen Spaltöffnungsapparaten zusammensetzt. Die oberseitigen Epidermiszellen haben kleinzackige Seitenränder, die bei tiefer Einstellung geradlinig sind, und schließen ebenfalls viele, nur etwas kürzere Schließzellenpaare ein. Die Spaltöffnungen beider Blattflächen verhalten sich bezüglich ihrer gegenseitigen Lagerung und der Nebenzellen, wie die der Schwimmblätter; unterseits liegen sie in der Regel zu mehreren über jeder Luftkammer. Die obere Hälfte des Mesophylls besteht in ihrem oberen Teil aus einem etwa vier- und unregelmäßig-schichtigen Palisadengewebe, mit den Atemhöhlen zwischen den Zellen, in ihrem unteren Teil aus rundlichzelligem Parenchym. Die Grenzschicht der beiden Mesophyllhälften, die das Gewölbe der großen, in der unteren Hälfte gelegenen, subepidermalen Luftkammern bildet, ist etwas anders beschaffen, wie in den Schwimmblättern; sie zeigt in der Fläche rundliche Zellen mit ein klein wenig größeren Interzellularräumen. Die Vertikalwände zwischen den weiten Luftkammern sind wieder nur eine Zelle dick. Die größeren und kleineren Leitbündel der Nerven sind gewöhnlich beiderseits mit Sklerenchymfasern von derselben Beschaffenheit, wie in den Schwimmblättern, versehen; die kleineren der oberen Blatthälfte wieder invers, mit dem Holzteil nach unten gerichtet. Sekretzellen¹⁾ finden sich zweierlei in den Scheidewänden der unteren Mesophyllhälfte, nämlich kleinere mit einem Durchmesser von 30—42 μ und mit gelbbraunem, gerbstoffhaltigem Inhalt, der sich mit Eisenchloridlösung schwärzt und mit Vanillinsalzsäure (aber nicht mit Salzsäure allein) eine braunrote Tinte annimmt und größere mit einem Durchmesser von 54—70 μ und mit hellem, stark lichtbrechendem Inhalt, der mit Kalilauge und Javellescher Lauge und ebenso mit Jodjodkaliumlösung gelb wird, mit Eisenchloridlösung sich nicht verändert und in Alkohol löst. Die beiden Arten von Sekretzellen sind meist kugelig und ragen mit konvexen Flächen in die Interzellularräume hinein. Oft liegen auch zwei braune oder zwei oder drei helle oder eine braune und

¹⁾ Die folgenden Angaben beziehen sich, wie nochmals hervorgehoben werden soll, auf Herbarmaterial.

cine helle Sekretzelle dicht nebeneinander. Das Vorkommen der hellen, aber nicht der braunen, ist auf die unterseitige subepidermale Zellage beschränkt. In den Blattstielen sah ich nur größere und kleinere gelbbraune Idioblasten.

Untersuchungsmaterial: Curtiss n. 2749, N. W. Florida, H. M.; pl. v. foliis natantibus, Haage u. Schmidt.

14. Hydromystria.

Von *H. stolonifera* F. G. W. Meyer konnte ich langgestielte Luftblätter mit großer, fast kreisrunder Spreite, die sich keilförmig in den Blattstiel verschmälert, an einem von Sintenis gesammelten Herbarexemplar, sowie die kurzgestielten und mit kleinerer, schwach herzförmiger, unterseits schwammig aufgetriebener Spreite versehenen Schwimmblätter der unter dem Namen *Trianea bogotensis* in unseren Glashäusern kultivierten Pflanzen untersuchen. Auch in anatomischer Beziehung steht *Hydromystria*, *Limnobium* und *Hydrocharis* nahe; sie teilt mit ihnen die folgenden Strukturverhältnisse des Blattes: Schließzellenapparate, rechts und links mit je einer zum Spalt parallelen Nebenzelle, bifazialen Blattbau mit oberseitigem Palisadengewebe und einem unterseitigen, namentlich eine Schicht weiter subepidermaler Luftkammern einschließenden Schwimmgewebe, typische Spiraltracheen in den Nervenleitbündeln und das Vorkommen von kleineren, verkehrt orientierten Leitbündeln in der oberen Mesophyllhälfte. Dagegen fehlen typische Sekretzellen bei *Hydromystria* vollkommen, sowohl in der Blattspreite, wie im Blattstiel.

Die Schwimmblätter sind dick und unterseits schwammig infolge der Ausbildung der unteren Mesophyllhälfte zu einem Schwimmgewebe bis auf eine ganze schmale Randzone des Blattes. Nach Wegnahme der unterseitigen Epidermis durch einen Flächenschnitt treten unterseits die senkrecht zur Blattfläche gestellten prismatischen Interzellularräume entgegen, welche in der Umgebung der Insertionsstelle des Blattstiels sehr hoch sind und von da aus gegen den Blattrand zu sukzessiv an Höhe abnehmen. Die unterseitige Epidermis zeigt in der Flächenansicht polygonale Zellen und keine Stomata. Die Längswände der prismatischen Interzellularen sind im größten Teil ihrer Länge, nämlich abgesehen von ihren der unterseitigen Epidermis zunächst liegenden Teilen, in welchen kleine, normal orientierte Leitbündel verlaufen, nur eine Zelle dick; ihre Zellen sind in senkrechter Richtung zur Blattfläche gestreckt, mit grobwelligen Seitenrändern versehen und nur ganz selten von winzigen Interzellularen unterbrochen. Die oberseitigen Epidermiszellen sind etwas kleiner, als die unterseitigen, ihre Seitenränder bei hoher Einstellung deutlich und kleinwellig, bei tiefer gerade. Die Spaltöffnungen sind auf der Oberseite nicht sehr zahlreich; sie liegen einzeln über den Atemhöhlen und sind auf größere Stücke der Blattfläche hin parallel zueinander. Die obere Mesophyllhälfte enthält ein zwei- bis dreischichtiges Palisadengewebe aus breit-

und kurzgliedrigen Zellen, dem sich nach unten ein lückiges Gewebe anschließt, dessen mehr isodiametrische und flache Zellen grobwellige Seitenränder und dazwischen kleine Interzellularen haben und die nur eine Zelle dicken Scheidewände zwischen den ziemlich großen, bis zu zwei in der Richtung der Blattdicke vorhandenen Interzellularräume bilden. Die Gewölbeschicht über den prismatischen Luftkammern wird aus ähnlich beschaffenen Zellen mit grobundulierten Seitenrändern gebildet. In der oberen Mesophyllhälfte sind größere und kleinere Leitbündel eingelagert, welche verkehrt orientiert und mitunter von ziemlich weitleumigen Sklerenchymfasern begleitet sind. Die großen Nervenleitbündel sind normal orientiert und besitzen beiderseits ziemlich weitleumige Faserzellen, am Holzteil gewöhnlich mehr. Auch sind die größeren und kleineren Leitbündel von einer mehr oder weniger hervortretenden Parenchym-scheide aus ungleich großen Zellen umschlossen. Typische Sekretzellen fehlen in der Spreite, wie im Blattstiel. Im Blattstiel, besonders in den Querwänden der Lufträume trifft man Zellen an, welche infolge ihrer Rotfärbung durch Anthocyan idioblastenartig hervortreten. Ihr Inhalt färbt sich mit Javellescher Lauge und mit Dämpfen von Salpetersäure nicht braun. Danach können sie nicht den „braunen Idioblasten“ von *Hydrocharis* und *Limnobium* homolog sein. Es muß aber bemerkt werden, daß ein Teil ihres Inhaltes mit Vanillinsalzsäure, allerdings auch mit konzentrierter Salzsäure allein, sich blutrot färbt und daß die Färbung noch nach zwölf Stunden unverändert ist. In den mit Javellescher Lauge gebleichten Schnitten wurden hier und dort nadelförmige bis sandartige Kristallkörper (Kalkoxalat?) beobachtet. An der Basis der jungen Blätter hat Schilling (18) zweizellschichtige und Schleim sezernierende Achselschüppchen angetroffen.

Die Struktur der Luftblätter ist eine ähnliche, abgesehen namentlich von der Beschaffenheit der unterseitigen Epidermis und der geringeren Entwicklung der prismatischen Interzellularen der unteren Blatthälfte. Die oberseitigen Epidermiszellen haben kleinzackige oder kleinwellige, bei tiefer Einstellung geradlinige Seitenränder, die unterseitigen schwach kleinwellige. Die unterseitige Epidermis enthält gleich der oberseitigen Stomata, die aber etwas länger sind, und zwar deren mehrere über jedem Interzellularräum. Die Lagerung der Stomata ist beiderseits dieselbe, wie am Schwimmblatt. Der Blattquerschnitt zeigt in der Nähe der größeren Nerven bis drei große Interzellularräume übereinander. Die einschichtigen Gewebelamellen zwischen den Interzellularen, ebenso wie die Gewölbeschicht des ganzen Interzellularsystems bestehen aus Zellen mit mehr oder weniger stark gebogenen Seitenrändern und kleinen Interzellularen dazwischen. Das Gefäßbündelsystem hat dieselbe Beschaffenheit, wie in den Schwimmblättern. Es finden sich die inversen kleineren Leitbündel der oberen Mesophyllhälfte und ebenso die kleinen, normal orientierten und der unterseitigen Epidermis genäherten in den Scheidewänden der Lufträume. Die Sklerenchymfasern sind reichlicher, die Parenchym-scheiden deutlicher entwickelt, wie im Schwimmblatt.

Untersuchungsmaterial: Sintenis n. 5779, Portorico, H. M.: *Trianea bogotensis* Karst., Hort. E.

Literatur: 2. Chatin, p. 10—12 u. pl. IV¹⁾; 14. Dammer, p. 1—17; 18. Schilling, p. 335.

Inhaltsübersicht des speziellen Teiles.

1. <i>Halophila</i>	43	8. <i>Thalassia</i>	75
2. <i>Hydrilla</i>	47	9. <i>Stratiotes</i>	78
3. <i>Elodea</i>	49	10. <i>Ottelia</i>	85
4. <i>Lagarosiphon</i>	58	11. <i>Boottia</i>	90
5. <i>Vallisneria</i>	62	12. <i>Hydrocharis</i>	94
6. <i>Blyxa</i>	67	13. <i>Limnobium</i>	98
7. <i>Enalus</i>	70	14. <i>Hydromystria</i>	101

Verzeichnis der Figuren.

Fig. 1—4 <i>Halophila</i>	45	Fig. 24—30 <i>Posidonia</i>	73
Fig. 5—7 <i>Elodea</i>	51	Fig. 31 <i>Thalassia</i>	77
Fig. 8—15 <i>Vallisneria</i>	65	Fig. 32—42 <i>Stratiotes</i>	79. 82. 83
Fig. 16—17 <i>Blyxa</i>	69	Fig. 43—49 <i>Ottelia</i>	87. 89
Fig. 18—23 <i>Enalus</i>	72	Fig. 50—53 <i>Boottia</i>	93

Literatur.

1. Chatin, Mémoire sur le *Vallisneria spiralis* L., Paris 1855, 31 pp., 5 tab.
2. —, Anatomie comparée des végétaux, Livr. 1—2: Plantes aquatiques, 1856 u. 1862, p. 1—36, pl. I—XI.
3. Caspary, Die Hydrilleen, in Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. I, 1858, p. 377—513 u. Taf. XXV—XXIX. (Siehe auch: Ders., in Bot. Zeitung, 1852, p. 685 u. 1856, p. 899—901.)
4. —, Über das Vorkommen der *Hydrilla verticillata* in Preußen etc., in Amtl. Ber. üb. d. XXXV. Versamml. deutsch. Naturf. u. Ärzte in Königsberg 1860, ed. 1861, p. 293—310 u. Taf. IV—VII.
5. Irmisch, Über das Vorkommen von schuppen- od. haarförmigen Gebilden innerhalb der Blattscheiden bei monokotylyischen Gewächsen, in Bot. Zeitung, 1858, p. 177—179. (Siehe auch Ders., in Bot. Zeitung, 1859, p. 356, Anm.)
6. Magnus, Anatomie der Meeresphanerogamen, in Sitzungsber. d. Gesellsch. naturf. Freunde, Berlin, 1870, ed. 1871, p. 85 sqq.

¹⁾ Das Untersuchungsmaterial von Chatin ist als *Limnobium Spongia* Auct., unter Hinzufügung von *L. Boscii* Rich., *Hydrocharis Spongia* Bosc und *Hydromystria stolonifera* W. Meyer als Synonyme, bezeichnet und seine Anatomie so ungenügend dargestellt, daß sich aus dieser allein nicht feststellen ließe, ob *Limnobium Spongia* Rich. oder *Hydromystria stolonifera* Meyer von Chatin untersucht worden ist. Aus der Anmerkung 2 auf p. 11, in welcher die Herkunft des Materials mit „Splitgerber, Surinam“ bezeichnet ist, geht aber hervor, daß Chatin *Hydromystria stolonifera* vorlag.

7. Horn, Zur Entwicklungsgeschichte der Blüte von *Elodea canadensis*, in Arch. d. Pharmaz., Jahrg. 51, 1872, p. 426—433 u. Taf.
8. Falkenberg, Vergleichende Untersuchungen über den Bau der Vegetationsorgane der Monocotyledonen, Stuttgart, 1876, p. 27—30.
9. De Bary, Vergleichende Anatomie, 1877.
10. Balfour, On the genus *Halophila*, in Transact. and Proceed. of the Bot. Soc. Edinburgh, XII, p. II, 1878, p. 290—343 u. pl. VIII—XII.
11. Müller, J. Fr., Die Entwicklung von *Vallisneria spiralis*, in Hanstein, Bot. Abhandl. III, 4, 1878, p. 31—70 u. Taf. 6—9.
12. Holm, Recherches anatomiques et morphologiques sur deux Monocotylédones submergées (*Halophila Bailloni* Asch. et *Elodea densa* Casp.), in Bihang till K. Svenska Vet.-Akad. Handl. IX, n. 13, 1885, 24 pp., 4 pl.
13. Schenck, H., Vergleichende Anatomie der submersen Gewächse, in Bibliotheca botan. H. 1, 1886.
14. Dammer, Beiträge zur Kenntnis der vegetativen Organe von *Limnobium stoloniferum* Griseb. etc., Diss. Freiburg i. Br., 1888, 17 pp.
15. Ascherson u. Gürke, Hydrocharitaceae, in Engler-Prantl, Natürl. Pflanzenfam., T. II, Abt. 1, 1889, p. 241—242.
16. Sauvageau, Sur la feuille des Hydrocharidées marines, in Journ. de botan. IV, 1890, n. 15 u. 16, p. 269 u. 289 sqq. (Siehe auch Ders., La présence de diaphragmes dans les canaux aërières de la racine, in Compt. rend. Paris, T. CVI, Janv.-Juin 1888, p. 78—79.)
17. Schencke, Über *Stratiotes aloides*, Diss. Erlangen, 1893, 28 pp. u. Taf.
18. Schilling, Anatomisch-biologische Untersuchungen über die Schleimbildung der Wasserpflanzen, in Flora, 78, 1894, p. 333—336.
19. Chauveaud, Structure de la racine de l'*Hydrocharis morsus ranae*, in Revue gén. de botan. IX, 1897, p. 305—312.
20. Wollenweber, Vergleichende Anatomie der Schwimmblätter, Diss. Freiburg i. Br., 1897, p. 17—18 u. 21—22.
21. Weinrowsky, Untersuchungen über d. Scheitelöffnungen bei Wasserpflanzen, Diss. Berlin, 1898, p. 19—20 u. 36.
22. Kirchner, Löw u. Schroeter, Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas, Bd. I, Abt. 1, 1908, p. 665—714.
23. Veres, Mihaly, Adatok a *Stratiotes aloides* L., ismeretéher, Diss. Budapest, 1908, 40 pp., 3 Taf. (Von mir nicht gesehen.)
24. Cunnington, Anatomy of *Enhalus acoroides*, in Transact. of the Linn. Soc. of London, Vol. VII, part 16, 1912, p. 355—371 u. pl. 36.

Botanisches Institut Erlangen, Oktober 1912.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [BH_30_1](#)

Autor(en)/Author(s): Solereeder Hans

Artikel/Article: [Systematisch-anatomische Untersuchung des Blattes der Hydrocharitaceen. 24-104](#)