

# BIBLIOTHECA BOTANICA.

Abhandlungen

aus

dem Gesamtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. Oscar Uhlworm und Dr. F. H. Haenlein

in

Cassel.

(Heft No. 1.)

**Dr. phil. Heinrich Schenck:** Vergleichende Anatomie der submersen Gewächse. — Mit 10 Tafeln.



DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE  
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENEVE  
VENDU EN 1922  
CASSEL.

Verlag von Theodor Fischer.

1886.

CONSERVATOIRE  
BOTANIQUE

VILLE de GENEVE



CONSERVATOIRE  
BOTANIQUE



VILLE de GENÈVE

DUPPLICATE DE LA BIBLIOTHÈQUE  
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENÈVE  
VENDU EN 1922

# BIBLIOTHECA BOTANICA.

---

Abhandlungen

aus

dem Gesamtgebiete der Botanik.

---

Herausgegeben

von

Dr. Oscar Uhlworm und Dr. F. H. Haenlein

in

Cassel.

---

---

(Heft No. 1.)

**Dr. phil. Heinrich Schenck:** Vergleichende Anatomie der submersen Gewächse.



CASSEL.

Verlag von Theodor Fischer.

1886.

Vergleichende Anatomie  
der  
submersen Gewächse.

Von

Heinrich Schenck,

Dr. phil.

Mit 10 Tafeln.

LIBRARY  
NEW YORK  
BOTANICAL  
GARDEN



DUPPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE  
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENEVE  
VENDU EN 1922

CONSERVATOIRE  
BOTANIQUE

CASSEL.

Verlag von Theodor Fischer.

1886.



LIBRARY  
NEW YORK  
1923

## Inhaltsangabe.

	Pg.
Einleitung . . . . .	1
<b>1. Abschnitt: Die Blattstructur der submersen Gewächse</b> . . . . .	<b>3</b>
Gemeinsame äussere Merkmale der submersen Blätter . . . . .	3
Ausbildung des assimilirenden Gewebes . . . . .	3
Mangel der Dorsiventralität im Parenchym . . . . .	5
Geringe Zahl der Parenchymschichten . . . . .	5
Ausbildung und Chlorophyllgehalt der Epidermis . . . . .	5
Mangel der Spaltöffnungen . . . . .	6
Wasserspalt . . . . .	7
Gradwandigkeit der Epidermiszellen . . . . .	8
Blattleitbündel . . . . .	8
Mechanisches System . . . . .	9
Mangel von Secretionsorganen . . . . .	9
Haarbildungen, Tanninrichome, Squamulae intrafoliaceae . . . . .	9
Specielle Beschreibung der Blattstructuren . . . . .	10
1) <i>Ceratophyllum demersum</i> 10; <i>Utricularia minor</i> 11; <i>Utricularia vulgaris</i> 11; <i>Myriophyllum</i> 12; <i>Ranunculus aquatilis</i> , <i>fluitans</i> , <i>divaricatus</i> 13.	
2) <i>Litorea lacustris</i> 14; <i>Isoetes lacustris</i> 15.	
3) <i>Potamogeton pectinatus</i> 16; <i>Zannichellia palustris</i> 16; <i>Najas major</i> 16; <i>Najas minor</i> , <i>flexilis</i> 17; <i>Hydrilla verticillata</i> 17; <i>Elodea canadensis</i> 17; <i>Aldrovandia vesiculosa</i> 17; <i>Alisma Plantago</i> 18; <i>Alisma natans</i> 19; <i>Callitriche</i> 19; <i>Hottonia palustris</i> 20; — <i>Lemna trisulca</i> 21.	
4) <i>Vallisneria spiralis</i> 22; <i>Zostera marina</i> 22; <i>Zostera nana</i> 23; <i>Cymodocea aequorea</i> 23.	
5) <i>Potamogeton densus</i> 24; <i>P. nitens</i> , <i>perfoliatus</i> , <i>crispus</i> 24; <i>P. pusillus</i> 25; <i>P. acutifolius</i> 25.	
<b>2. Abschnitt: Die Stammstructur der submersen Gewächse</b> . . . . .	<b>26</b>
Anordnung der Leitbündel . . . . .	26
Mangel des secundären Dickenwachsthums . . . . .	26
Ausbildung der Gewebe . . . . .	27
1) Bau der Leitbündel.	
Verschmelzung zu axilen Strängen . . . . .	27
Reduction und Ausbildung der Gefässe . . . . .	29
Holzparenchym . . . . .	30
Siebtheil . . . . .	30
Mark . . . . .	31
Specielle Darstellung der Leitbündelstructuren . . . . .	31
a. Reihe der Dicotylen . . . . .	32
<i>Peplis Portula</i> 32; <i>Elatine Alsinastrum</i> 33; <i>Elatine hydropiper</i> , <i>hexandra</i> 33; <i>Bulliarda aquatica</i> 33;	
<i>Utricularia vulgaris</i> 34; <i>Utricularia minor</i> 34; <i>Callitriche</i> 35; <i>Hippuris vulgaris</i> 36; <i>Myriophyllum</i> 36;	
<i>Hottonia palustris</i> 37; <i>Aldrovandia vesiculosa</i> 37; <i>Ceratophyllum</i> 38; <i>Batrachium</i> 38.	

AUG 7 - 1923

β. Reihe der Monocotylen . . . . .	39
Potamogeton perfoliatus 40; P. nitens 41; P. crispus 41; P. lucens 42; P. densus 43; P. acutifolius 43; P. pusillus 43; P. pectinatus 43; Zannichellia 44; Najas, Caulinia 44; Elodea canadensis 45; Hydrilla verticillata 46; Vallisneria spiralis 46; Lemna trisulca 47.	
Rindenbündel einiger submerser Monocotylen . . . . .	47
2) Rindenparenchym, Schutzscheide, Epidermis des Stammes . . . . .	49
Mechanismus des Stängelwachstums . . . . .	54
4) Secret- und Excretbehälter . . . . .	55
3. Abschnitt: Die Wurzelstructur der submersen Gewächse . . . . .	57
Ausbildung und Bedeutung des Wurzelsystems bei den submersen Pflanzen . . . . .	57
Wurzelhaare . . . . .	58
Rindenparenchym . . . . .	58
Schutzscheide . . . . .	58
Structur des axilen Leitbündelstranges . . . . .	59
Specielle Darstellung des Baues desselben.	
α. Dicotylen.	
Hippuris vulgaris, Elatine Alsinastrum, Myriophyllum, Ranunculus fluitans, aquatilis 60; Callitriche 60.	
β. Monocotylen.	
Potamogeton natans 60; P. densus 61; P. crispus 61; P. pectinatus 61; Zannichellia palustris 61; Elodea canadensis 61; Vallisneria spiralis 62; Lemna trisulca, minor 62; Najas major 63.	
Structuränderung der Wurzeln von Ufer- und Landpflanzen bei submerser Lebensweise . . . . .	63
Vergleich der einfachsten axilen Stränge des Stengels und der Wurzel . . . . .	63
Litteraturverzeichnis*). . . . .	65
Erklärung der Abbildungen auf Tfl. I—X.	

\*) Im Text sind die Litteraturangaben abgekürzt.

Die submers vegetirenden höheren Gewächse bilden in ihrer Gesamtheit eine sehr natürliche Pflanzenformation; sie haben sich den Anforderungen des eigenartigen Mediums, in welchem sie leben, sowohl in ihrem Habitus, als auch in ihrer Lebensweise angepasst, und — da diese Anpassungen sich alle nach denselben Richtungen hin bewegen mussten, manche übereinstimmende Charaktere angenommen, trotzdem sie den verschiedensten Familien entstammen. Selbstverständlich entspricht nicht allein die äussere Gestalt den Eigenthümlichkeiten des Mediums, sondern auch die anatomische Structur, ja letztere reagirt im Allgemeinen viel genauer auf äussere Einflüsse als erstere, wie weiter unten durch zahlreiche Beispiele gezeigt werden soll. Gerade bei den submersen Gewächsen müssen wir von vorne herein die weitgehendsten Umgestaltungen des anatomischen Aufbaues erwarten, weil im Wasser die physiologischen Prozesse, besonders die Nährstoffaufnahme, zum Theil in anderer Weise als bei den Luftpflanzen sich vollziehen müssen.

Das Wesentlichste bezüglich der Besonderheiten in Gestaltung und Lebensweise dieser Gewächse habe ich in einer früheren Arbeit<sup>1)</sup> hervorzuheben und die äusseren Ursachen für die gemeinsamen Charaktere der Hydrophyten in den Besonderheiten des Mediums aufzufinden versucht. Die vorliegende Abhandlung soll die gemeinschaftlichen Züge in dem anatomischen Aufbau der submersen Pflanzen zur Darstellung bringen, die Unterschiede von der normalen Structur der Luftpflanzen kennzeichnen und von biologischen und phylogenetischen Gesichtspunkten aus Erklärungen für die beobachteten Erscheinungen geben, soweit dies ohne gewagte Speculationen bei unseren heutigen, zum Theil noch sehr verbesserungsbedürftigen Ansichten von den Functionen der einzelnen Gewebearten möglich erscheint.

Eine zusammenfassende Darstellung hat die Structur der Hydrophyten bis jetzt noch nicht erfahren, obwohl schon manche derselben in grösseren oder kleineren Specialarbeiten näher untersucht worden sind. Am meisten sind die Blätter der submersen Wasserpflanzen vernachlässigt geblieben, ihre gemeinsamen Eigenthümlichkeiten, welche sie den Luftblättern der Landpflanzen gegenüber charakterisiren, noch nicht im Zusammenhang hervorgehoben, höchstens bruchstückweise hier und da angedeutet worden. Abgesehen von den Beschreibungen der Blattstructuren einzelner Arten, welche sich in Monographien oder kleineren Aufsätzen<sup>2)</sup> vorfinden, existiren in der Litteratur fast gar keine Angaben betreffs derselben. Dagegen kennen wir die Stammstructur der submersen Gewächse weit genauer, und wenn in dieser Abhandlung der

<sup>1)</sup> Die Biologie der Wassergewächse. Bonn 1885. Auch in Verh. naturh. Ver. Rheinl. u. Westf. 42. Jahrg.

<sup>2)</sup> Magnus, Najas. — Caspary, Hydrill. — Hegelmaier, Callitr. — Askenasy, Ran. aqu. u. divar. — Casp. Aldrovandia etc.

Bau der axilen Stränge etwas ausführlicher dargestellt ist, als vielleicht nothwendig geschienen, so ist dies einerseits der Vollständigkeit halber geschehen, andererseits, weil in den Monographien manche irrthümlichen, heute nicht mehr haltbaren Angaben wiederkehren, welche zum Theil in De Bary's „Vergleichende Anatomie“, die eine übersichtliche Zusammenstellung der axilen Stränge bringt<sup>1)</sup>, übergegangen sind.

Chatin hat die Anatomie einiger monocotylen Wasserpflanzen aus den Familien der Hydrocharideen, Alismaceen, Butomeen mit zahlreichen Tafeln publicirt, indessen enthalten sowohl Text wie Figuren so viele Ungenauigkeiten, dass sein Werk nur mit grosser Vorsicht benutzt werden kann. Dasselbe muss von den Abbildungen gesagt werden, welche Filippo Parlatore gezeichnet hat und welche nach seinem Tode auf 9 Tafeln veröffentlicht wurden. Aus diesen Figuren ist weiter nichts wie die Gruppierung des Parenchyms und der Lufträume auf Stengel-, Blatt- und Wurzelquerschnitten zu ersehen.

Die Structur des axilen Stranges der Wurzel einiger submerser Gewächse hat durch Van Tieghem<sup>2)</sup> eine genauere Untersuchung erfahren.

Es erscheint mir zweckmässig, die nachfolgende anatomische Darstellung mit der Blattstructur zu beginnen, denn gerade im Bau der Assimilationsorgane erkennen wir die weitgehendsten Anpassungen an das Medium und die grössten Abweichungen von der Structur der Luftpflanzen.

---

<sup>1)</sup> De Bary, p. 381 ff.

<sup>2)</sup> Van Tieghem, Sym. de structure des pl. I. La racine.

## I. Abschnitt.

# Die Blattstructur der submersen Gewächse.

Trotz der mannigfaltigen Blattformen der untergetaucht vegetirenden Pflanzen im Einzelnen offenbart sich bei fast allen die Tendenz, die gesammte grüne Assimilationsfläche oder das Laub möglichst in haardünne Zipfel oder schmale, grasartige Bänder zu zerschlitzen. Eine Ausnahme hiervon machen die breitspreitigen Blätter gewisser Arten von *Potamogeton*, wie *P. lucens*, *P. perfoliatus*, *P. crispus* etc., aber ich habe schon in meiner oben citirten Arbeit<sup>1)</sup> auf die Wahrscheinlichkeit hingewiesen, dass diese Arten Uebergangsformen zwischen denjenigen mit Schwimmblättern, *P. natans* an der Spitze, und denen mit schmalen, linealen Blättern vorstellen, also Formen, welche noch in der Weiterentwicklung zu typischen, einseitig angepassten Hydrophyten begriffen sein dürften. Alle submersen Blattspreiten sind ferner dünn, aus wenigen Parenchymschichten aufgebaut, meist durchscheinend und mehr oder weniger schlaff im Gegensatz zu den schildförmigen, dicken und festgebauten, lederartigen Blättern der Schwimmgewächse. Alle diese Eigenschaften beruhen auf dem von der Blattstructur der Luftpflanzen sehr verschiedenen Aufbau aus den anatomischen Elementen. Im Allgemeinen habe ich die Ursachen für die charakteristische Gestaltung des submersen Laubes in obiger Arbeit<sup>2)</sup> hervorzuheben gesucht und sie im Wesentlichen in den mechanischen Anforderungen des Wassers als eines dichteren und schwereren Mediums im Vergleich zum Medium der Luft, in den Beleuchtungsverhältnissen und den Besonderheiten der Nährstoffaufnahme unter Wasser zu finden geglaubt. Im Nachfolgenden soll die Einwirkung der äusseren Factoren auf die anatomische Structur der submersen Blätter einer Betrachtung unterzogen werden.

Zunächst muss an dieser Stelle berücksichtigt werden, dass den submersen Blättern kein directes und volles Sonnenlicht für den Assimilationsvorgang zur Verfügung steht, wie der Oberseite der Schwimmblätter. Das Wasser absorbirt zum Theil die von der Sonne entsandten Strahlen, so dass zu dem untergetauchten grünen Gewebe mehr oder weniger diffuses Licht gelangt. Nun wissen wir aus den dankenswerthen Arbeiten von Stahl<sup>3)</sup> und Pick<sup>4)</sup>, dass die assimilirenden Zellen für directes und für diffuses Licht verschieden ausgebildet sind, für ersteres die Palissadenform, für letzteres aber die Form des Schwamm-

<sup>1)</sup> l. c. p. 39, 57 und 116.

<sup>2)</sup> l. c. p. 6.

<sup>3)</sup> E. Stahl: Ueber den Einfluss der Lichtintensität auf Structur und Anordnung des Assimilationsparenchyms, Bot. Ztg. 1880. — Ueber den Einfluss des sonnigen oder schattigen Standorts auf die Ausbildung der Laubblätter. Jenaische Zeitschr. für Naturwissensch. XVI. 1883.

<sup>4)</sup> H. Pick: Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Gestalt und Orientirung der Zellen des Assimilationsgewebes. Botan. Centralbl. XI. 1882.

parenchyms annehmen. In der senkrecht zur Blattspreite gestreckten Palissadenzelle lagern sich die Chlorophyllkörper an die Radialwände und entgehen so den schädlichen Einwirkungen des allzu intensiven Lichtes, in den parallel zur Spreite verbreiterten Schwammparenchymzellen dagegen werden die grünen Körperchen an die Tangentialwände vom Plasma gelagert, um das diffuse Tageslicht möglichst aufzufangen. Diese Beziehungen zwischen Intensität des Lichtes und Zellform sind durch so manche überzeugende Belege erwiesen, dass wir a priori für die im diffusen Licht thätigen, submersen Blätter die tangential erbreiterte Zelle als Form der assimilirenden Zellen erschliessen können. Und in der That treffen wir nie die hohen Palissadenzellen, sondern stets tangential gestreckte oder erbreiterte oder höchstens cubische, chlorophyllführende Zellen in diesen Blättern. Noch dazu entwickeln sich die Chlorophyllkörper der Hauptmasse nach, um möglichst viel Licht aufzufangen, in der Epidermis im Gegensatz zu dem Verhalten fast aller Luftblätter, deren assimilirendes Gewebe stets von einer farblosen Epidermis überzogen wird. Zwar enthalten die unter der Epidermis der submersen Blätter gelegenen Parenchymzellen auch noch grüne Chromatophoren, welche aber in der Regel viel weniger intensiv gefärbt und meist von Stärkekörnern erfüllt sind, also wohl weniger assimiliren als die Ableitung der Stärke vermitteln. Besonders klar erkennt man dieses verschiedene Verhalten bei *Myriophyllum* (Fig. 4a), dessen subepidermale Parenchymzellen in den Blattzipfeln ebenso wie die noch tiefer gelegenen dicht von grossen, mit schwach grüner Hülle versehenen Stärkekörnern erfüllt sind, während die Epidermiszellen die lebhaft grün gefärbten, kleinen Chlorophyllkörner enthalten.

Das Parenchym, welches in den Luftblättern an der Blattunterseite gelegen ist, nimmt die höchst charakteristische Form des Schwammparenchyms an, welches sich aus mehrstrahligen und mit den Strahlenden verbundenen Zellen unter Bildung eines intercellularen Lacunensystems aufbaut. Die Lacunen stehen in Verbindung mit den Athemhöhlen und durch die Spaltöffnungen mit der Aussenwelt. Die assimilirenden Zellen werden also von Luft umspült und entnehmen aus derselben die zur Assimilation nöthige Kohlensäure; dieses lockere, lufttraumhaltige Gewebe vermittelt ferner wesentlich die Transpiration, deren Bedeutung für die Thätigkeit der assimilirenden Zellen von Sachs<sup>1)</sup> zuerst klar erkannt wurde. Die Form des Schwammparenchyms treffen wir nicht bei den Wasserblättern, welche nicht transpiriren und keine Spaltöffnungen besitzen, in dieser charakteristischen Ausbildung an, sondern hier sind die Parenchymzellen in der Regel von tangentialgestreckter, prismatischer Gestalt entweder zu geschlossenen Schichten mit engen oder mangelnden Intercellulargängen verbunden, so bei *Myriophyllum* (Fig. 4a), bei *Utricularia vulgaris* (Fig. 3a), *Ranunculus fluitans* (Fig. 6a) etc., oder wenn grössere Luftgänge in dem Blatt zur Entwicklung gelangen, so erscheint das Parenchym in Form einschichtiger, aus gestreckten, gradwandigen Zellen aufgebaute Scheidewände, welche diese Gänge umgrenzen und scheiden, so bei *Utricularia minor* (Fig. 2a und 2b), *Ceratophyllum* (Fig. 1a), *Potamogeton pectinatus* (Fig. 11a und 11d), *Litorea lacustris* (Fig. 10a) und vielen anderen, bei denen aber in der Regel die subepidermale Parenchymschicht wie bei den ersteren eine geschlossene Zelllage vorstellt. Nirgends erblicken wir dagegen die strahligen Schwammparenchymzellen, mit denen die assimilirenden Zellen des Wasserblattes nur die tangentiale Erbreiterung gemeinsam haben.

<sup>1)</sup> Vergl. Sachs: Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig 1882. p. 271.

Da weder ein Palissaden- noch ein Schwammparenchym im Laube der submersen Gewächse differenziert wird, weil die bedingenden Factoren für deren Bildung mangeln, so verliert sich auch die Dorsiventralität, der Unterschied zwischen oben und unten, welcher das Luftblatt charakterisirt. Es fehlt der bestimmende Einfluss des directen Sonnenlichtes und ausserdem muss in Rücksicht gezogen werden, dass die im Wasser öfters hin und her bewegten schmalen oder zerschlitzten Blätter keine bestimmte Lage zu dem einfallenden Licht einnehmen. Infolge dessen bilden sich die assimilirenden Epidermiszellen, sowie die an dieselben nach innen sich schliessenden Parenchymzellen an Ober- und Unterseite in gleicher Weise aus. So kommt es, dass an den cylindrischen Zipfeln von *Myriophyllum* (Fig. 4a), *Batrachium* (Fig. 6a), ein streng radialer, stengelähnlicher Bau, abgesehen von dem Leitbündel, welches in der Axe verläuft und Xylem und Phloëm in der für die Blätter bekannten Lagerung anordnet, erzielt wird; bei den schmalen, mehr oder weniger flachen Blättern anderer Wassergewächse dagegen eine genau isolaterale Gestaltung, so bei *Potamogeton pectinatus* (Fig. 11a), *Zannichellia* (Fig. 12), *Zostera* (Fig. 21), *Vallisneria* (Fig. 20a) etc., analog dem isolateralen Blattbau vieler Landpflanzen<sup>1)</sup>, welche trockene und stark besonnte Standorte bewohnen, aber aus ganz anderen Ursachen ihre charakteristische Anordnung des Blattparenchyms erlangen. Die ursprüngliche Dorsiventralität des Luftblattes, aus welchem das submerse Blatt durch einseitige Anpassung an eine besondere Lebensweise sich entwickelt hat, offenbart sich indessen bei den meisten Vertretern noch im Bau der Blattleitbündel in der gegenseitigen Lagerung von Xylem und Phloëm, bei anderen auch noch in der extraaxilen Lagerung des ganzen Bündels, so bei *Ceratophyllum* (Fig. 1a), oder auch in der Anordnung der Luftcanäle im Parenchym, so bei *Potamogeton densus* (Fig. 22a) etc., bei *Elodea* (Fig. 13) und *Hydrilla*, bei denen die Blattlamina nur aus zwei Zellschichten besteht, endlich darin, dass die Zellschicht der Oberseite aus etwas grösseren Elementen sich zusammensetzt, wie die der Unterseite.

Die Wasserblätter zeigen ferner im Vergleich zu den Luftblättern die Tendenz, nur wenige Parenchymschichten zu ihrem Aufbau zu verwenden, eine Tendenz, welche durch die geringere Lichtintensität und durch die besondere Art und Weise der Nährstoffaufnahme im Wasser hervorgerufen zu sein scheint. So erhalten wir schliesslich Blattspreiten, welche sich nur aus drei Lagen gleichartiger Zellen aufbauen, wie bei *Potamogeton densus* (Fig. 22c) und anderen Arten dieser Gattung die Lamina zwischen den dickeren Rippen, oder sogar nur aus zwei Lagen bestehen wie bei *Elodea* (Fig. 13), *Hydrilla* und *Najas flexilis*.

Wie schon oben erwähnt, enthält die Epidermis die Hauptmasse des Chlorophylls. Die Entwicklung desselben in der äussersten Zellschicht scheint ausser durch die Beleuchtungsverhältnisse noch durch ein anderes Moment begünstigt zu sein. Nach den Untersuchungen *Westermaier's*<sup>2)</sup> dürfte der Epidermis der Luftblätter im Allgemeinen die Bedeutung eines Wasserreservoirs für die transpirirenden und assimilirenden Blattzellen zuzusprechen sein. Für die submersen Pflanzen ist eine derartige Einrichtung, wie sie sich am ausgeprägtesten in der hohen, mehrschichtigen und wasserreichen Epidermis

<sup>1)</sup> E. Heinricher: Ueber isolateralen Blattbau mit besonderer Berücksichtigung der europäischen spec. der deutschen Flora. Pringsh. Jahrb. für wiss. Bot. XV. Berlin 1884.

<sup>2)</sup> M. Westermaier: Ueber Bau und Function des pflanzlichen Hautgewebesystems. Pringsheim's Jahrb. für wiss. Bot. XIV. Berlin 1884.

vieler dickblättriger Tropengewächse kund gibt, durchaus überflüssig, da das Wasser die Blätter allseitig umspült. In einigen wenigen Fällen hat sich eine dünne, farblose Epidermis am Wasserlaub noch erhalten, so bei *Callitriche* und *Hottonia*. Diese Bildungen sind als ererbte, durch den Einfluss des Mediums noch nicht ausgemerzte zu erachten, denn bei weitaus den meisten Vertretern der submersen Flora entwickelt sich das Chlorophyll der Hauptmasse nach in der äussersten Zellschicht.

Ausser der Kraftquelle des Lichtes bedürfen die Blätter zu ihrer assimilatorischen Thätigkeit der nöthigen Nährstoffe, der Kohlensäure, des Wassers und einiger anorganischer Salze. Die Luttpflanzen nehmen die Kohlensäure aus der Luft auf; das nöthige Wasser mit den darin aufgelösten Salzen aber leitet den Blättern ein Transpirationsstrom zu, welcher von den Wurzeln aufwärts in den Gefässen des Xylems steigt. In den Blättern vermitteln die verschliessbaren Spaltöffnungen die Transpiration, zu deren Regulirung an trocknen Standorten mannigfache Haarbekleidungen, Wachsüberzüge der Aussenfläche oder Versenkung der Stomata in Gruben, Veränderung der Blattlage, Einrollung und Zusammenfaltung der Spreiten und andere Hilfsmittel verwandt werden. Alle diese Einrichtungen fallen bei den submersen Blättern vollständig hinweg, denn für diese gestaltet sich die Aufnahme der Nährstoffe sehr einfach. Die Transpiration fällt weg, an ihre Stelle tritt die Diffusion. Die submersen Blätter entnehmen die zur Assimilation nöthige Kohlensäure und die Salze direct dem umgebenden Medium, dem Wasser, welches diese Verbindungen in gelöster Form enthält. Damit hängt auch die Reduction des Wurzelwerkes, sowie des Gefässsystems innig zusammen. Begünstigt wird die Diffusion der Kohlensäure und der gelösten Salze dadurch, dass die Aussenwandung der Epidermiszellen an den submersen Assimilationsorganen in fast allen Fällen dünn bleibt; eine Cuticula ist zwar vorhanden, doch stets nur als zartes, durchlässiges Häutchen entwickelt. Auch die Zartheit der gesammten Lamina trägt wesentlich zur Erleichterung von Diffusionsvorgängen bei.

Sehr erklärlich finden wir bei der Ersetzung der Transpiration durch die Diffusion den Mangel der Spaltöffnungen bei den typischen submersen Wasserpflanzen, deren Epidermis somit eine geschlossene Haut um den ganzen Organismus bildet. Spaltöffnungen sind diesen Pflanzen nicht nur überflüssig, sie würden auch das Eindringen des Wassers in die inneren Lufträume, welche zum Gasaustausch benötigt werden, begünstigen und also unvortheilhaft sein. Der bei der Assimilation frei werdende Sauerstoff wird in diese inneren Lufträume abgeschieden, ebenso die von der Athmung herrührende Kohlensäure, und diese Gase bewirken in ihnen eine beträchtliche Spannung. Schneidet man einen submersen, assimilirenden Stengel, etwa von einer *Utricularia*, durch, so werden sofort Gasblasen mit ziemlicher Gewalt ausgetrieben. Die Gase, welche die inneren Lufträume nicht mehr fassen können, gelangen mittelst Diffusion durch die Epidermis nach aussen und steigen in Blasenform von den assimilirenden Blättern auf.

Durchgängig ermangeln die submersen Blätter der Spaltöffnungen und nur vereinzelte Ausnahmen finden statt. So ist es sehr merkwürdig, dass auf den schmallinealen Cotyledonen submers gekeimter Pflänzchen von *Ranunculus aquatilis* nach Askenasy<sup>1)</sup> einige wenige Spaltöffnungen auftreten, ohne dass eine chlorophylllose Epidermis differenzirt wäre. Die folgenden Blätter haben eine chlorophyllhaltige Epidermis ohne Spaltöffnungen. Nach Kamienski<sup>2)</sup> kommen bei *Utricularia vulgaris* und anderen

<sup>1)</sup> Askenasy, p. 198.

<sup>2)</sup> Kamienski, Bot. Ztg. 1877, p. 769. Aum.

Arten dieser Gattung Spaltöffnungen nur auf den ganzrandigen Blättchen der an unbestimmten Stellen entstehenden Adventivsprosse (Ranken Pringsheim's) vor. Auf der unteren Fläche dieser Blätter, welche zweischichtig, also nur aus Epidermis gebildet sind, befinden sich zahlreiche, grosse, einfach gebaute, mit sehr breiter, fast runder Spalte versehene Spaltöffnungen. Beachtenswerth ist ferner das Auftreten von Stomata auf denjenigen submersen Blättern der *Eucallitrichen*, welche den Uebergang von den typisch submersen, schmallinealen, spaltöffnungsfreien Blättern zu den Schwimmblättern bezeichnen, welche sich äusserlich durch etwas breitere Spreiten den letzteren nähern und auch in der Gestaltung des assimilirenden Parenchyms diesen Uebergang erkennen lassen. Es schliessen sich noch einige andere Ausnahmen den genannten an. Offenbar haben die Spaltöffnungen an den submersen Blättern keine Bedeutung mehr, ihr vereinzelt Erscheinen dürfte auf Vererbung zurückzuführen sein, ebenso wie die Thatsache, dass gewisse submerse Blätter noch eine chlorophyllfreie Epidermis ausbilden. Anpassung und Vererbung wirken überall als zwei entgegengesetzte Factoren bei der Umbildung eines Organismus, welcher in ein neues und anderes Medium versetzt worden ist.

Ob dagegen die ephemeren Wasserspaltöffnungen, welche an der Spitze junger Blätter einiger typischer submerser Gewächse sich ausbilden, ebenfalls als nutzlose, ererbte Bildungen anzusehen sind, ist nicht ohne Weiteres anzunehmen. Das Blatt von *Callitriche autumnalis* wird von einem einzigen Fibrovasalstrang durchzogen, welcher unter der Spitze blind endigt. Zwischen seinem Ende und dem oberen Blattende findet man nun nach Borodin<sup>1)</sup>, falls das Blatt noch jung ist, ein zartes, parenchymatisches, aus isodiametrischen, chlorophylllosen Zellen bestehendes Gewebe, welches von der Epidermis durch einen nach innen allseits geschlossenen, flachen Intercellularraum getrennt ist, in dem die äusseren Zellen dieses Gewebekörpers in Form abgerundeter Köpfchen vorragen. Die Epidermis trägt nun über diesem flachen Intercellularraum eine Gruppe von 3—8 kleinen, zusammengelagerten Spaltöffnungen, die geöffnet sind und in den mit Flüssigkeit erfüllten, flachen Raum hineinführen. An älteren Blättern werden die Wände der Schliesszellen resorbirt und es entsteht so ein Loch in der Epidermis. Das Blatt wird aber an dieser Stelle durch das kleinzellige Parenchym dicht abgeschlossen.

Bei *Callitriche verna*<sup>2)</sup> liegt über dem Mittelnerven ein ähnliches, parenchymatisches Gewebe, überhaupt eine ähnlich gestaltete Blattspitze; nur findet sich ein einziges, aber viel grösseres und breit geöffnetes Stoma. Dasselbe entwickelt sich sehr früh, gewöhnlich früher als die übrigen bedeutend kleineren Spaltöffnungen der Oberseite, wird indessen später gleichfalls resorbirt.

Auch bei *Ranunculus aquatilis* und *divaricatus*<sup>3)</sup>, sowie bei *Hippuris vulgaris*<sup>4)</sup> finden sich ähnliche Bildungen. ferner bei *Hottonia palustris*<sup>5)</sup>, bei welcher das gesammte Zellgewebe der Spitze, an der sich die Spaltöffnungen finden, vor dem völligen Auswachsen des Blattes abstirbt.

Derartige Gebilde sind ein sehr verbreitetes Vorkommniss an sehr vielen Luftpflanzen<sup>5)</sup> und besorgen hier die liquide Ausscheidung von Wasser, wenn die Transpiration durch grossen Feuchtigkeitsgehalt der Luft oder während der Nacht nicht vor sich gehen kann. Es fragt sich nun, ob diese Organe

<sup>1)</sup> Borodin, Bot. Ztg. 1869. p. 883 u. Bot. Ztg. 1870. p. 844. Th. XIV. Fig. 1—3.

<sup>2)</sup> Borodin, Bot. Ztg. 1869. p. 883 u. Bot. Ztg. 1870. p. 847. Th. XIV. Fig. 4 u. 5.

<sup>3)</sup> Askenasy, p. 235.

<sup>4)</sup> Borodin, Bot. Ztg. 1870. p. 848. Th. XIV. Fig. 6 u. 7.

<sup>5)</sup> De Bary, p. 54 ff. — Volkens.

an submersen Blättern in der Jugend eine bestimmte Function verrichten, später aber überflüssig werden, oder ob sie wie die Spaltöffnungen an den Keimblättern von *Ranunculus aquatilis* wesentlich als ererbte, zwecklose Bildungen aufzufassen sind. Ich muss dies dahin gestellt sein lassen.

Die Epidermiszellen der submersen Blätter zeichnen sich im Allgemeinen von denjenigen der Schwimm- und Luftblätter durch eine weitere Eigenthümlichkeit aus: Ihre Radialwände verlaufen alle eben. Von oben betrachtet, erscheinen die Zellen bald als Quadrate, bald als längsgestreckte, bald als quergestreckte Rechtecke oder Polygone von nahezu Rechteckform. Die breiteren Blätter der Luftpflanzen bilden dagegen sehr allgemein die Radialwandungen der Epidermiszellen wellig aus. Ich erinnere beispielsweise an das Verhalten der Blattoberhautzellen vieler Farnkräuter, welche mit vielfachen Buchten sich zu einer festen Schicht verankern. Diese Verschiedenheit erklärt sich aus der mechanischen Bedeutung der Falten, welche entschieden zur Aussteifung der dünnen Blattlamina beitragen. Solche Falten treten uns in besonders ausgeprägter Form an vielen Blütenblättern entgegen und lassen auch hier ihre Bedeutung am klarsten erkennen.<sup>1)</sup> Für die Epidermiszellen des schmalen zerschlitzten Wasserlaubes ist diese Gestaltung nicht angebracht, im Gegentheil eine grosse Biegsamkeit der Zipfel eher von Vortheil; ausserdem werden letztere durch das dichtere Medium des Wassers passiv in der richtigen Lage gehalten.

Was die Blattleitbündel anbetrifft, so sind dieselben entsprechend der Auflösung des Laubes in schmale Gebilde in der Regel als einfache axile oder mediane Stränge in den Zipfeln ausgebildet, so bei *Myriophyllum*, *Batrachium*, *Utricularia*, *Ceratophyllum*, *Najas*, *Elodea*, *Callitriche* etc.; bei anderen haben sich ausser den Hauptnerven auch noch sehr reducirte Seitennerven, einer jederseits, welcher nach dem Rande zu verläuft, erhalten, so bei *Potamogeton pectinatus*, *Litorella*, den submersen primären Blättern von *Alisma Plantago*, den submersen Blättern von *Alisma natans*. Bei *Vallisneria* sind im Blatt jederseits vom Hauptnerven 2 Seitenbündel vorhanden, von denen das äussere ausserordentlich dünn und reducirt dicht am Rande verläuft. In den breitspreitigen Blättern gewisser *Potamogetonen* endlich, welche die Phylogenie von Schwimmblättern in ihren Formen verrathen, treffen wir auch ein grösseres System von Längsnerven und Quernerven an.

Die Blattleitbündel werden von einer Parenchymscheide umschlossen, welche nicht wesentlich anders gestaltet ist, als das benachbarte Parenchym. Sie zeichnen sich durch ihren geringen Durchmesser im Vergleich zu demjenigen des ganzen Blattes aus und wiederholen im Allgemeinen die Differenzirung ihrer Elemente, wie sie in den Stammbündeln derselben Species statt hat.<sup>2)</sup> Wie letztere reduciren sie in auffallendem Maass die Xylemelemente, vor allem die Gefässe, welche unter Wasser in Folge Wegfalls der Transpiration und Vereinfachung der Nährstoffaufnahme keine Bedeutung mehr haben. Diese Reduction führt in den Endgliedern der Anpassungsreihe bis zu völligem Schwinden der Wasserleitungsrohren. Ferner macht sich die Tendenz bemerkbar, alle Elemente des Bündels, abgesehen von den Siebröhren, in Form gleichartiger, zartwandiger, englumiger und langgestreckter Parenchymzellen auszubilden. Je weiter die einseitige Anpassung an die Lebensbedingungen unter Wasser vorgeschritten, desto gleich-

<sup>1)</sup> Vergl. E. Köhne: Ueber Zellhautfalten in der Epidermis von Blumenblättern und deren mechanische Function. Ber. deutsch. bot. Ges. II. 1884.

<sup>2)</sup> Vergl. weiter unten in Abschnitt 2.

artiger erscheint das Bündel gestaltet. In manchen Leitbündeln erhalten sich die Gefässe noch als solche, in anderen dagegen werden sie bloss angelegt und später durch Resorption in einen mit Flüssigkeit erfüllten Gang umgewandelt, welcher dann das Blattbündel durchzieht.

Das mechanische Gewebesystem gelangt bei der Mehrzahl der zarten submersen Blätter nicht zur Ausbildung; dieselben bedürfen eines solchen nicht. Das Blatt erlangt seine nöthige Zug-Festigkeit wesentlich durch die Verbindung der Parenchymzellen, vor allem durch die in geschlossener Schicht vorhandene Epidermis, welche in der Regel aus etwas kleineren Elementen besteht, als das darunter gelagerte Blattparenchym. Baststränge oder Fasern treffen wir fast nur bei den grösseren, mit breiten Spreiten versehenen *Potamogeton*-Arten, wie *P. lucens*, *P. perfoliatus* etc. an, bei welchen ihnen eine gewisse Bedeutung auch noch zukommt, ferner in den ausserordentlich langen und schmalen Blättern der *Zostera marina* und anderer Meeresphanerogamen, welche in einem viel bewegteren Medium vegetiren, als die Süsswasserphanerogamen.

Es ist bemerkenswerth, dass die meisten submersen Blätter, ebenso wie auch die Stengel, Secretbehälter, Oeldrüsen, Harzgänge und ähnliche Bildungen nicht besitzen. Der Mangel derselben scheint mir mit deren biologischer Bedeutung in Zusammenhang zu stehen, doch lässt sich etwas Positives darüber nicht aussprechen.

Erwähnt wurde schon oben, dass die submersen Blätter keine Einrichtungen zur Herabsetzung der Transpiration tragen; nie erzeugen sie auf der Oberfläche dichte Haarbekleidungen, besitzen vielmehr meist glatte Epidermen. Haarbildungen treten nur vereinzelt auf. Bei *Utricularia*, *Aldrovandia*, *Hottonia palustris*, *Callitriche* sehen wir auf Blatt und Stamm, besonders dicht an jungen Pflanzentheilen, eigenthümliche, dem nämlichen Typus angehörige Köpfchenhaare verschiedener Form sitzen, über deren Function man nichts Sicheres zu entscheiden vermag. Möglich, dass sie zum Aufsaugen von Nährstoffen bestimmt sind, möglich auch, dass sie als Excretionsorgane fungiren, oder endlich, dass sie ererbte Bildungen ohne besondere Function vorstellen.

Höchst eigenthümliche Trichome sitzen an den jungen Blattspitzen von *Ceratophyllum*<sup>1)</sup> zwischen den beiden Endstacheln, sowie bei *Myriophyllum*<sup>2)</sup> an den Enden und zwischen den Fiederchen der jungen Blätter an der ganzen Knospe. Sie haben die Gestalt mehrzelliger, langgestreckter Anhängsel und sind dicht mit stark lichtbrechendem, gerbstoffhaltigem, ölartigem Inhalt erfüllt. Da sie bald absterben und daher nur in der Nähe des Vegetationspunktes vorhanden sind, so dürfte die Annahme, dass sie vielleicht in irgend einer Weise als Schutzorgan der Endknospe fungiren, einige Wahrscheinlichkeit für sich haben. De Klercker gibt für *Ceratophyllum* an, dass die tanninführenden Trichome eine Art Dach über der Stammspitze bilden und dass sie immer von einer röthlich gelblichen, tanninhaltigen Masse umgeben seien. Sehr wahrscheinlich schützt dieses Secret den zarten Vegetationskegel und die Blattanlagen gegen Parasiten u. dergl., jedoch müssen wir diese Deutung vorläufig dahin gestellt sein lassen.

<sup>1)</sup> Borodin, Bot. Ztg. 1870. p. 850. — Magnus, Bot. Ztg. 1871. p. 482. — Hegelmaier, Bot. Ztg. 1871. p. 501. — De Klercker, p. 8. Th. I. Fig. 9.

<sup>2)</sup> Borodin, Bot. Ztg. 1870. p. 850. Th. XIV. Fig. 8. — Magnus, Bot. Ztg. 1871. p. 482. — Hegelmaier, Bot. Ztg. 1871. p. 493. — Vöchting, p. 13. Th. VII. Fig. 30 u. 31.

Schenck, Vergl. Anatomie der submersen Gewächse.

Dieselbe Function scheint mir auch den sogenannten Squamulae intrafoliaceae (Irmisch<sup>1)</sup>) zuzukommen, welche bei sehr vielen Wasserpflanzen in verschiedenen Formen sich vorfinden, so bei den *Hydrilleen*<sup>2)</sup>, *Najadeen*<sup>1)</sup>, *Potameen*<sup>1)</sup>, *Hydrocharideen*<sup>1)</sup>, *Butomeen*<sup>1)</sup>, *Alismeen*<sup>1)</sup>, *Elatineen*<sup>3)</sup>, *Callitricheen*<sup>4)</sup> u. A. Diese Gebilde sind keine Stipulae, wie sie Caspary<sup>2)</sup> bezeichnet, sondern echte Trichome, welche in den Blattachsen in Gestalt von zarten, durchsichtigen, 1 oder 2 schichtigen, rundlichen oder länglichen Schüppchen sitzen, frühzeitig an der Stammspitze entstehen, sich rascher als die benachbarten Blattanlagen entwickeln und später zu Grunde gehen, so dass man an älteren Blättern keine Spur mehr von ihnen findet. Wahrscheinlich sondern alle ein Secret ab, welches den Vegetationskegel umhüllt. Müller<sup>3)</sup> gibt für die Schüppchen der Elatineen an, dass die Endzellen ihrer Zipfel ein Secret abscheiden, welches die Blattanlagen und den Vegetationskegel umgebe und vor eindringendem Wasser schützen solle. Wie das Wasser denselben schaden soll, ist mir indessen nicht recht einleuchtend. Die Squamulae intrafoliaceae sind übrigens nicht auf Wasserpflanzen beschränkt, sondern auch Landpflanzen erzeugen sie.

Die in Obigem dargelegten, gemeinsamen anatomischen Eigenschaften der Gewebe, aus welchen das submerse Blatt sich aufbaut, wiederholen sich dem Wesen nach in gleicher Weise bei allen Gliedern der submersen Flora; aber trotzdem treten im Einzelnen, den mannigfaltigen Blattformen der Wassergewächse entsprechend, bedeutende Verschiedenheiten in der Gesamtanordnung des Blattgewebes, der Luftgänge und der Leitbündel hervor. Gewächse aus den entferntesten Familien mit den verschiedensten Blattgestalten haben sich, wenn auch in verschieden hohem Grade, der submersen Lebensweise angepasst, und ihre anatomische Structur nach derselben Richtung hin umgestaltet, ohne deshalb zu identischen Formen zu gelangen. Wir wollen die Blätter dieser untergetaucht vegetirenden Pflanzen nun im Einzelnen bezüglich der anatomischen Structur einer vergleichenden Betrachtung unterwerfen und ordnen sie zu diesem Zwecke in Gruppen, welche sich im Allgemeinen aus der äusseren Blattform ergeben. Um Wiederholungen zu vermeiden, unterlasse ich es, in jedem besonderen Falle auf die gemeinsamen, schon oben dargelegten Gesichtspunkte hinzuweisen.

1) Die dicotylen Gewächse mit submersen, haarförmig zerschlitztem Laub zeigen mehr oder weniger vollkommen cylindrische Blattzipfel, welche in der Anordnung des Parenchyms eine überraschende Analogie mit den dünnen radial gebauten Wasserstengeln verrathen. Die Blattzipfel werden von einem einzigen Leitbündel durchzogen, welches in dem Parenchym eingebettet, bei einigen sogar genau in der Axe wie die axilen Stammbündel, verläuft.

*Ceratophyllum demersum* sei zunächst betrachtet. Dieses sehr charakteristische submerse Gewächs, welches keine Wurzeln erzeugt und auch keine Landformen hervorbringt, sogar submers blüht und fructificirt, besitzt Blattzipfel, welche im Querschnitt elliptische, fast kreisrunde Gestalt (Fig. 1a) haben und von einem einzigen, sehr kleinen Leitbündel durchzogen werden. Dasselbe verläuft der Blatt-

<sup>1)</sup> Irmisch, p. 177 ff.

<sup>2)</sup> Caspary, Hydrill. p. 394 u. 460. Th. XXV. Fig. 12 u. XXVII. Fig. 44.

<sup>3)</sup> Müller, Flora 1877. p. 493. Th. VII. Fig. 4 u. 5.

<sup>4)</sup> Hegelmaier, Callitr. p. 11 u. 12. Th. II. Fig. 3 u. 18.

oberseite genähert und bestimmt dadurch die dorsiventrale Anordnung des Blattparenchyms. Es wird von einer einfachen Parenchymscheide umschlossen (Fig. 1b). Das Blattparenchym ist schwach entwickelt im Vergleich zum Durchmesser der Zipfel und wird von Luftcanälen, die durch einschichtige Scheidewände von einander getrennt sind, der Länge nach durchzogen, von 3 grossen nach unten zu, 2 viel kleineren nach oben zu. Nach aussen umgrenzt die Längsgänge eine geschlossene, einfache Parenchymlage, welche unmittelbar unter der Epidermis lagert. Die Epidermis (Fig. 1c) besteht aus kleinen, niedrigen, von der Fläche gesehen polygonalen, quergestreckten, gradwandigen und dünnwandigen Zellen, welche die Hauptmasse des Chlorophylls enthalten, während die darunter gelegenen Blattparenchymzellen (Fig. 1d) bedeutend grösser sind, von der Fläche gesehen von fast Rechteckform und in der Längsrichtung kurz gestreckt erscheinen, ebenfalls dünne Wände besitzen, aber nur sparsam die grünen Körperchen enthalten.

Der Stiel der Blattzipfel ist aus denselben Elementen in gleicher Weise aufgebaut, nur sind die Lufträume und die verschiedenen Gewebelagen entsprechend dem grösseren Durchmesser derselben mächtiger entwickelt.

*Utricularia minor* hat noch zartere und lockerer gebaute Blattzipfel wie *Ceratophyllum*. Das Parenchym zeigt nur eine sehr geringe Entwicklung und wird von einigen grossen und kleinen Luftgängen der Länge nach durchzogen, welche es in lauter einschichtige Septen auflösen. Diese Luftgänge treten nach aussen unmittelbar bis an die Epidermis heran, welche fast die Hauptmasse des ganzen Blattes ausmacht (Fig. 2a und 2b). Hier und da verbinden sich auch die Parenchymsepten seitlich zu einer subepidermalen Lage (Fig. 2b). Da, wo die Scheidewände im Innern zusammentreffen, verläuft von einer wenigzelligen Parenchymscheide umschlossen, das entweder genau im Centrum befindliche oder auch etwas der Oberseite genäherte Leitbündel, welches also im ersteren Falle (Fig. 2a) eine isolaterale oder wenn der Zipfel im Querschnitt kreisrund ist, eine radiale Anordnung der Blattelemente mit sich bringt. Das Leitbündel selbst ist ausserordentlich dünn und besteht aus sehr zarten, englumigen, langgestreckten Elementen, welche in der Regel nur ein einziges enges Ringgefäss umgeben. Die Epidermis führt wiederum die Hauptmasse des Chlorophylls und besteht von oben gesehen aus lang polygonalen, dünnwandigen und gradwandigen Zellen, welche ungefähr dieselben Dimensionen wie die Parenchymzellen besitzen, überhaupt wenig von diesen verschieden erscheinen. Zwischen den Epidermiszellen sind kleine, kurze Haare mit 2zelligem Endknöpfchen eingestreut. Das Parenchym enthält nur sparsam Chlorophyll.

*Utricularia vulgaris* weicht in der Structur der Blattzipfel von der vorhergehenden Art bedeutend ab und zeigt dagegen grosse Uebereinstimmung mit *Myriophyllum* durch die grössere Entfaltung des Parenchyms, wodurch die Zipfel einen viel kräftigeren Bau erlangen. Vielleicht hängt dieser Unterschied zwischen beiden Arten mit der Beschaffenheit ihrer Wohnplätze zusammen. *Utricularia minor* erhielt ich aus einem kleinen, von Bäumen beschatteten, ruhigen Tümpel bei Bonn, *Utricularia vulgaris* dagegen aus dem grossen Laacher See bei Andernach, dessen Ufer mehr oder minder durch den Wellenschlag, den alle grösseren Seen haben, getroffen werden.

Die zerschlitzten Blätter besitzen radialen Bau ihres cylindrischen Laubes (Fig. 3a). Im Centrum verläuft ein einziges, axiles Leitbündel, welches dicker und etwas höher entwickelt ist, als dasjenige von *Utricularia minor*. Umschlossen wird das Leitbündel von einer einfachen geschlossenen Parenchymscheide, die der Schutzscheide entspricht, auf welche ziemlich regelmässig concentrisch und radial angeordnet etwa

4—5 Schichten Parenchym folgen. Dieselben schliessen ziemlich dicht zusammen und lassen nur kleine Luftgänge zwischen sich offen, von denen die innersten etwas grösser sind und annähernd in einem Ring gruppiert erscheinen. Im Vergleich zu denen von *Utricularia minor* sind also die Zipfel sehr massiv gebaut. Zu äusserst folgt die Epidermis (Fig. 3c), welche von der Fläche betrachtet aus lang polygonalen, gradwandigen, die Hauptmasse des Chlorophylls führenden Zellen mit eingestreuten Köpfchenhaaren besteht. Die Epidermiszellen sind etwas kleiner als die darunter gelagerten Parenchymzellen (Fig. 3d), fast wie diese gestaltet.

Die Endzipfel haben analogen Bau wie die unteren Theile des Blattes, mit dem Unterschied, dass entsprechend ihrem geringeren Durchmesser die Zahl der Parenchymschichten allmählig abnimmt, so dass in den obersten Abschnitten nur 1—2 Lagen das Leitbündel umgeben. Auch flachen sich die Endzipfel etwas ab und gewinnen so einen isolateralen Bau (Fig. 3b).

*Myriophyllum* hat ziemlich massiv gebaute Blattzipfel, welche denen von *Utricularia vulgaris* ähnlich sind, ebenfalls von einem axilen Leitbündel durchzogen werden und radiale Anordnung des Parenchyms wie im Stengel zeigen, so dass Oberseite und Unterseite keinen Unterschied erkennen lassen (Fig. 4a). Die Epidermis ist spaltöffnungsfrei und besteht aus kleinen, fast cubischen Zellen (Fig. 4b), unter ihr liegt das etwa 4schichtige, in concentrischen Lagen und radialen Strahlen gruppierte Parenchym, dessen Zellen grösser und der Länge nach gestreckt sind. Es umschliesst einen Ring von nicht sehr grossen, durch kurze einschichtige Septen getrennten Luftcanälen. In der Axe verläuft von einer Schutzscheide umschlossen das Blattleitbündel, welches nach der Oberseite zu eine kleine Gruppe von engen Gefässen enthält, nach unten zu ein deutliches, obwohl sehr englumiges Phloëm besitzt. Im Uebrigen sind seine Zellen langgestreckt und zartwandig.<sup>1)</sup> Alle diese Zellen sind zartwandig, besonders auch die Epidermis. Letztere ist in Folge der vielen in ihr enthaltenen Chlorophyllkörper lebhaft grün gefärbt, während das Parenchym grosse, von schwach grünlicher Hülle umgebene Stärkekörner aufweist.

*Myriophyllum* bildet bekanntlich im Gegensatz zu *Ceratophyllum* und *Utricularia* unter geeigneten Bedingungen kleine, räuschenartige Landformen<sup>2)</sup> mit verkürztem Stengel und kleineren Blättern, deren Zipfel weniger an Zahl, auch viel kürzer und dicker beschaffen sind. Nicht nur die äussere Gestalt der Landform weicht von der Wasserform ab, sondern der Einfluss der neuen Lebensbedingungen hat auch in den Blättern eine ganz andere Structur hervorgerufen, welche derjenigen der Luftblätter sich nähert. Wie *Myriophyllum* haben auch viele andere typische submerse Gewächse die Fähigkeit, wenn sie an's Ufer bei sinkendem Wasserspiegel mit ihren Axen gelangen oder wenn ihre Samen auf feuchtem Schlamm an der Luft keimen, sich zu Landformen zu entwickeln und ihr Gewebe, besonders aber die Gewebe des Blattes, zweckentsprechend auszugestalten und diese Structuränderungen bewegen sich in Bahnen, welche zu der normalen Structur der Luftblätter hinüberführen. Was hier für die Landformen von *Myriophyllum* gesagt werden soll, das gilt im geringeren oder höheren Masse auch von den Landformen der übrigen Hydrophyten.

Wenn *Myriophyllum alterniflorum* an sonniger Stelle auf feuchtem Flusskies wächst, so bildet sich eine Form mit wenigen sehr kurzen und dicken Blattfiederchen aus. Dieselben sind nicht mehr radial

<sup>1)</sup> Vergl. Vöchting, p. 12. Abb. des Querschnitts durch das Leitbündel auf Th. VII. Fig. 26.

<sup>2)</sup> H. Schenck, Die Biolog. d. Wassergewächse, p. 22 u. 23. Bonn 1885.

gebaut, sondern dorsiventral, im Querschnitt elliptisch. Der Blattnerve zeichnet sich durch viel entwickelteres Xylem aus, entsprechend der erhöhten Anforderung an die Function der Gefässe. Er verläuft der Blattunterseite genähert (Fig. 5a). In der Gestaltung des Blattparenchyms offenbart sich die Dorsiventralität, welche der Einfluss des directen Sonnenlichts an den Luftblättern allgemein hervorruft. Was zunächst die Epidermis anbelangt, so ist sie farblos und enthält höchstens noch einige wenige kleine Chlorophyllkörperchen, sie entwickelt ferner Spaltöffnungen sowohl auf der Ober- als auf der Unterseite und ihre Radialwände zeigen geschlängelten Verlauf der Contouren (Fig. 5b), wodurch die Festigkeit des Blattes erhöht wird. Wie bei den Luftblättern geht die Function der Assimilation auf die Chromatophoren des Blattparenchyms über. An der dem directen Licht ausgesetzten Blattoberseite hat sich durch Streckung der Zellen eine Art grünen Palissadenparenchyms unter der Epidermis differenzirt, während an der Blattunterseite die Zellen mehr abgerundet auf dem Blattquerschnitt erscheinen, grössere Intercellularlücken zwischen sich lassen und so den Beginn einer Schwammparenchymbildung vorstellen.

Die an schattigen feuchten Uferstellen erwachsenen Landformen, beispielsweise von *Myriophyllum spicatum* (Fig. 4c), zeigen die geschilderten anatomischen Verhältnisse etwas weniger ausgeprägt, es bilden sich in ihnen weniger Spaltöffnungen zumal auf der Unterseite aus, die Radialwände der Epidermiszellen (Fig. 4d) sind kaum geschlängelt, letztere aber gestreckt im Gegensatz zu den fast cubischen der Wasserform. Die Palissaden treten nicht so deutlich hervor, erscheinen aber doch auf dem Flächenschnitt in Form von kreisrunden Elementen (Fig. 4e), im Gegensatz zu den polygonalen noch zu fester Lage zusammenschliessenden subepidermalen Parenchymzellen der Blattunterseite (Fig. 4f).

Diese auffallende, durch die Beschaffenheit des umgebenden Mediums bedingte Verschiedenheit in der Structur der Luft- und Wasserblätter, welche sich sogar an Blättern derselben Axe herausbilden kann, lässt sich nun in noch ausgeprägterer Weise bei den entsprechenden Formen unserer Wasserhahnenfüsse constatiren, welchen eine weit grössere Gestaltungsfähigkeit innewohnt.

Wie bei *Myriophyllum* sind auch bei *Ranunculus aquatilis* und Verwandten die Zipfel der haarförmig aufgelösten, submersen Blätter fast genau radial gebaut und werden von einem axilen Leitbündel mit schwach ausgebildetem Xylem durchzogen. Das ziemlich dicht zusammenschliessende, stärkeleitende und aufspeichernde Blattparenchym ist ziemlich regelmässig in radiale Reihen angeordnet und wird aussen von der chlorophyllhaltigen Epidermis umgeben, welche bei *Ranunculus fluitans* (Fig. 6b) aus mehr queren, bei *Ran. divaricatus* (Fig. 8b) aus fast isodiametrischen polygonalen, bei *Ran. aquatilis* aus mehr gestreckten, gradseitigen Zellen besteht und im ausgebildeten Zustande des Blattes nie Spaltöffnungen trägt (vergl. p. 7). Bei *Ran. fluitans* (Fig. 6a) sind der Lebensweise in fliessenden Gewässern entsprechend die Zipfel gewöhnlich dicker, zeigen also eine grössere Zahl von Parenchymschichten als die zarten Zipfel des *Ran. aquatilis* und *Ran. divaricatus*. Letzterer (Fig. 8a) hat auch lockerer gebaute Zipfel, in welchen die Lufträume weiter sind. Bezüglich des Chlorophyllgehalts der Blattzellen und der Gestalt der Parenchymzellen (Fig. 8c) gilt das für die oben beschriebenen Hydrophyten Gesagte.

Ganz verschieden und viel höher differenzirt in Folge der erhöhten Ansprüche des Mediums verhalten sich die merkwürdigen Luftblätter der Landformen.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Vergl. Schenck, Biol. d. Wasserg. p. 27.

Das Luftblatt von *Ran. fluitans* (Fig. 6c) ist im Querschnitt elliptisch mit flacherer Unterseite und wird von mehreren Nerven mit wohl entwickeltem Xylem, der letzteren genähert, durchzogen. Die Epidermis (Fig. 6d) ist farblos, trägt reichlich Stomata auf der Oberseite, weniger reichlich auf der Unterseite und zeigt geschlängelten Verlauf der Radialwände. Das assimilirende Parenchym erscheint in mehrschichtiges Palissadenchlorenchym und rundzelliges Schwammparenchym differenzirt. Aehnlich verhält sich auch *Ran. divaricatus*. Selbstverständlich lassen sich an sumpfigen Stellen, an denen das Wasser zum Theil noch zurückblieb, auch Uebergangsformen zur typischen Wasserform finden.

Am meisten gleichen die breitlappigen Blätter der Landform des *Ran. aquatilis*<sup>1)</sup>, welcher die grösste Plasticität besitzt, in der Structur den normalen Luftblättern. Die Palissadenzellen (Fig. 7a) sind gross, lang gestreckt und lassen Athemhöhlen unter den Spaltöffnungen der stark welligen Epidermis (Fig. 7b u. 7c) zwischen sich frei. Unter der Schicht dieser grossen Palissaden lagern sich kürzere Zellen, welche als Leitzellen die assimilirten Stoffe den Leitbündelscheiden zuführen. Das Schwammparenchym ist hier deutlicher entwickelt als bei den anderen Arten.

Bis zu einem gewissen Punkte in der Entwicklung bleibt die Structur der Wasser- und Luftblätter noch übereinstimmend und aus derselben Anlage können beide Formen hervorgehen. Dann aber differenzirt sich das Luftblatt weiter, während das Wasserblatt im Allgemeinen mehr die primären Zellformen beibehält und wesentlich nur noch wächst. Das Wasserblatt stellt somit gewissermassen einen Entwicklungszustand des Luftblattes dar. Obwohl morphologisch unvollkommener, verrichtet aber das Wasserblatt seine physiologischen Functionen eben so gut, wie das höher differenzirte Luftblatt und in dieser Hinsicht sind beide gleich vollkommen anzusehen.

2. An die genannten, zerschlitzeblättrigen Wasserpflanzen wollen wir die ebenfalls im Querschnitt mehr oder weniger kreisrunden, pfriemenförmigen Blätter der submersen Formen von *Litorella* und *Isoëtes* anreihen. Beide Gewächse sind amphibisch und zeigen daher keine so weit gehende Umgestaltung der Blattstructur wie etwa die äusserst zarten Zipfel der ausschliesslich submersen *Utricularia minor*.

Bei *Litorella lacustris*<sup>2)</sup> werden die langen, oberwärts fast genau cylindrischen und die Tendenz zu einer radialen Anordnung der Elemente verrathenden Blätter von einem medianen, ausserdem aber auch noch von zwei kleineren seitlichen Leitbündeln durchzogen (Fig. 10 a). Das mächtig entwickelte, zartwandige Parenchym ist in lauter einschichtige Septen, welche die vielen, ziemlich grossen Luftgänge trennen, zerklüftet und bildet im Umkreis der Leitbündel zartwandige Schutzscheiden und nach aussen eine geschlossene subepidermale Schicht, welche von einer aus schmalen, langen Zellen bestehenden Epidermis (Fig. 10 b u. 10 c.) bedeckt wird. Die Parenchymzellen sind auch lang gestreckt und erscheinen im Querschnitt abgerundet.

Die submers wachsenden Exemplare lassen die charakteristischen Merkmale der untergetauchten Blätter überhaupt erkennen und weichen ziemlich bedeutend in der Structur von den auf Schlamm an der Luft erwachsenen ab, welche im Querschnitt viel breiter erscheinen und deren Länge viel geringer bleibt

<sup>1)</sup> Askenasy, p. 196 u. 200 hat im Wesentlichen die Blattunterschiede zwischen Land- u. Wasserform für *Ran. aquat.* u. *div.* kurz hervorgehoben. Seine Querschnittszeichnungen der Blätter der Wasserformen sind nicht ganz genau.

<sup>2)</sup> Vergl. auch Areschoug, p. 143, Taf. VI. Fig. 4 u. VII. Fig. 1 u. 2.

An den Landformen ist die Epidermis viel dickwandiger und trägt auf Ober- und Unterseite zahlreiche, in Längsreihen liegende Spaltöffnungen, während die Wasserform solche in äusserst geringer Zahl nur an der Oberseite zur Entwicklung bringt, obwohl dieselben in diesem Falle ohne Bedeutung sind. Das Parenchym der Wasserform ist zartwandiger, die Luftkanäle sind grösser als bei der Landform. Wesentlich unterscheidet sich an beiden auch die äusserste unter der Epidermis gelegene Parenchymsehicht, welche von der Fläche gesehen bei letzterer Form aus abgerundeten Zellen mit Intercellulargängen sich zusammensetzt und so eine ähnliche Ansicht bietet wie das Palissadenparenchym der gewöhnlichen Luftblätter. Besonders an den Kanten stellt die subepidermale Lage eine Art Uebergang zu dieser Gewebsform dar, während dagegen an der Wasserform die äusserste Parenchymlage aus gestreckten, rechteckigen, fast dicht zusammenschliessenden Zellen besteht. Die Blattgefässbündel der Luftpflanze sind oben und unten durch dicke Bastbelege und durch reichliche Gefässbildung ausgezeichnet; in der Wasserform erscheinen die Bastbelege kaum angedeutet und bedeutend weniger Gefässe ausgebildet.

Die gleichfalls pfriemlichen Blätter von *Isoëtes lacustris* haben abgerundet viereckigen Querschnitt (Fig. 9a) und werden von einem einzigen centralen Leitbündel durchzogen, welches nach der Blattunterseite zu im Halbkreis Phloëmgruppen, aus Siebröhren und Geleitzellen bestehend, nach oben zu einige wenige Gefässe im Xylem und in der Mitte einen lysigenen Gang enthält. Das Blattparenchym bildet zunächst unter der Epidermis eine ziemlich geschlossene Zone aus 1 bis 2, an einzelnen Stellen auch aus 3 Lagen Zellen; sodann folgen nach innen und zwar in den 4 abgerundeten Kanten des Blattes verlaufend 4 weite Luftgänge, welche von 4 Längsscheidewänden von einander getrennt werden und in unregelmässigen Abständen von zarten Querdiaphragmen gefächert erscheinen. Die Längsscheidewände bestehen aus mehreren Lagen zarter im Querschnitt abgerundeter Parenchymzellen, welche von der äusseren Rindenzone ausgehen und in der Axe des Blattes zusammenstossen, um hier eine mehrschichtige innere Rindenzone um das Leitbündel zu bilden. Die innersten Schichten sind etwas kleinzelliger, eine Schutzscheide ist nicht ausgeprägt. Die Epidermis (Fig. 9c) ist regelmässig zusammengesetzt aus langgestreckten, rechteckigen, zartwandigen Zellen, entwickelt keine Spaltöffnungen und enthält kleine wandständige Chlorophyllkörner, die darunter gelegene Parenchymsehicht (Fig. 9b u. 9d) hat kürzere, aber viel breitere, fast isodiametrische Elemente und enthält ebenfalls wie auch die tiefer gelegenen Parenchymzellen Chlorophyllkörner, welche aber wohl mehr der Stärkeleitung als der Assimilation dienen.

Die Landformen von *Isoëtes lacustris* und die terrestren Arten der Gattung entwickeln selbstverständlich Spaltöffnungen und zeigen im Uebrigen dieselben Abänderungen der Structur wie bei der vorhergenannten *Litorella*.

3. Eine dritte, viel mannigfaltigere Reihe von Blattstructuren ergibt sich bei vergleichender Betrachtung der lineal oder lanzettlich gestalteten submersen Blätter, welche im Gegensatz zu den bisher genannten nicht cylindrisch gebaut sind, sondern mehr oder weniger abgeflacht mit Blattoberseite und Unterseite erscheinen, wenn auch in den meisten Fällen ein entsprechender Structurunterschied in Epidermis und Blattparenchym an beiden Blattseiten nicht nachzuweisen ist, so dass diese Blätter, abgesehen von dem medianen Gefässbündel, sowohl rechts und links, als oben und unten symmetrisch oder isolateral gebaut erscheinen.

Zunächst sei hier *Potamogeton pectinatus* erwähnt, welcher von den übrigen Arten der Gattung, die am Schlusse dieses Abschnitts betrachtet werden sollen, sehr in der Anordnung der Blattelemente abweicht. *Pot. pectinatus* erzeugt verschiedene Varietäten, die sich durch die Grösse und Dicke der Stengel und Blätter unterscheiden. Eine besonders zarte Form hat Blätter, welche im Querschnitt (Fig. 11a) rundlich elliptische Gestalt und einen sehr zierlichen Bau besitzen. Die Epidermis (Fig. 11b) besteht aus kleinen, von der Fläche gesehen hexagonalen bis quadratischen, dünnwandigen Zellen und enthält wiederum die Hauptmasse des Chlorophylls. Unter ihr folgt eine geschlossene Lage etwas grösserer, fast gleichgestalteter Parenchymzellen (Fig. 11c), welche zwei grosse nach den Kanten des Blattes zu gelagerte Längsluftgänge umhüllt. Beide Gänge werden in der Mediane durch eine dickere Parenchymschicht, welche das ganze Blatt durchzieht und I-trägerartig dasselbe festigt, geschieden. In dieser Schicht liegt das Leitbündel, welches aus zartwandigen, langgestreckten Elementen mit einem nach der Blattoberseite zu gelegenen, aus einem Gefässe durch Resorption entstandenen Gang besteht. Die mediane Parenchymplatte umhüllt das Leitbündel mit einer einschichtigen Scheide und spaltet sich oberhalb und unterhalb derselben in 3—4 einschichtige kurze Septen zur Bildung von kleineren Luftgängen. In den beiden Kanten des Blattes hat sich noch je ein zarter Seitennerv, von einer kleinzelligen Parenchymscheide umschlossen und an die subepidermale Parenchymschicht angelagert, erhalten.

Eine grössere Form des *Pot. pectinatus* hat derbere, längere Blätter, welche im Querschnitt viel breiter elliptisch erscheinen. Sie bestehen genau aus denselben Elementen wie bei ersterer Form, mit gleicher Anordnung derselben, nur sind alle Luftgänge und Gewebeschichten ausgedehnter. Die beiden grossen seitlichen Gänge werden gewöhnlich noch von einem einschichtigen Längsseptum gestützt. (Fig. 11d.)

Bei beiden Formen treten in den Gängen von Strecke zu Strecke zarte, einschichtige Quersepten auf, wie allgemein in den Luftgängen der Wasserpflanzen.

Aehnlichen, nur etwas einfacheren Bau zeigt uns das schmallineale Blatt von *Zannichellia palustris* (Fig. 12). Dasselbe besitzt wie bei der genannten *Potamogeton*-Art eine kleinzellige, spaltöffnungsfreie, chlorophyllführende Epidermis, darunter wieder die Lage grosszelligen, geschlossenen Parenchyms und nach innen beiderseits je einen grossen Luftgang. Beide Gänge werden in der Mediane durch eine Scheidewand getrennt, welche aus dem medianen wie bei *Pot. pectinatus* beschaffenen Leitbündel und dessen grosszelliger einfacher Parenchymscheide, die sich oben und unten an die äussere Parenchymschicht anlegt, gebildet. Seitenbündel sind nicht vorhanden.

An diese Blattstructur schliesst sich unmittelbar diejenige von *Najas major* an, welche von Magnus<sup>1)</sup> beschrieben worden ist. Auch das Blatt dieser Pflanze besitzt die kleinzellige, spaltöffnungsfreie Epidermis und darunter eine Lage grosszelligen Parenchyms, welches rechts und links einen hier etwas kleineren Längsluftgang umschliesst. In der Mediane des Blattes verläuft das einfache Leitbündel, welches dieselbe Zusammensetzung wie das axile Stammbündel zeigt, also aus zarten langen Elementen mit einem centralen Gang besteht, der durch Resorption einer Zellreihe, welche einer Gefässanlage homolog zu erachten ist, gebildet wird. Das Leitbündel wird von einer Parenchymscheide umschlossen, die sich oben und unten an die subepidermale Lage anlegt, zu beiden Seiten aber die Luftgänge begrenzt.

<sup>1)</sup> Magnus, *Najas*, p. 49, Taf. VII. Fig. 1.

*Najas minor* zeigt nach Magnus<sup>1)</sup> einen viel einfacheren Blattbau, indem die Epidermis und die subepidermale Parenchymlage der vorhergehenden Art hier auf eine einzige ziemlich grosszellige Zellschicht, welche das Blatt aussen umschliesst, reducirt sind. Nur in den Kanten ist beiderseits diese Schicht verstärkt durch eine subepidermale Zellreihe. Im Uebrigen treffen wir dieselbe Anordnung und Structur wie bei *N. major*. Die Luftgänge treten oben und unten bis zur Epidermis.

Die dritte bei uns vorkommende Art der Gattung, *Najas flexilis*, vermittelt den Uebergang zu den zarten, im Wesentlichen aus 2 Zellschichten bestehenden Blättchen von *Hydrilla* und *Elodea*. Nach Magnus<sup>2)</sup> hat das Blatt dieser Art in der Mediane den gleichen Bau wie *N. minor*, aber rechts und links von den beiden Luftcanälen erbreitert sich die Lamina durch Zusammentreten der oberen und unteren Epidermis seitlich von den Luftgängen, ohne dass Parenchym sich zwischenlagert. In den äussersten Kanten wird diese zarte Lamina sogar einschichtig. Der Hauptmasse nach besteht das Blatt also nur aus Epidermis.

Noch zarter und einfacher ist das Blatt der beiden *Hydrilleen* gebaut. *Hydrilla verticillata* hat nach Caspary<sup>3)</sup> sitzende eilanzettliche bis lineale Blätter, deren jedes in der Mediane von einem gefässlosen Leitbündel durchzogen wird und im Wesentlichen nur aus zwei Zelllagen besteht. Nur dicht am Leitbündel schieben sich noch jederseits einige wenige Parenchymzellreihen ein, zwischen denen und den äusseren Zellschichten einige kleine, mit Luft erfüllte Interzellulargänge auftreten. Die Laminazellen enthalten Chlorophyll, auch die des Randes, welche in regelmässigen Abständen in Zähnchen auslaufen. Sie sind von oben gesehen rechteckig, nach der Spitze zu mehr langpolygonal, an der Basis mehr cubisch. Die Zellen der Oberseite sind grösser als die der Unterseite und hierin offenbart sich noch die ursprüngliche Dorsiventralität des Blattes.

*Elodea canadensis*, die andere bei uns vorkommende *Hydrillee*, soll nach Caspary<sup>4)</sup> genau denselben einfachen Blattbau besitzen, abgesehen davon, dass die Randzellen und die unter der Mittelrippe befindlichen Zellen weniger Chlorophyll enthalten. Caspary hat indessen übersehen, dass das zarte zweischichtige Blatt Bastfasern enthält, welche in Form einer kleinen Gruppe das Blattleitbündel an der Unterseite begleiten (Fig. 13). Ausserdem sind die unmittelbar unter demselben gelegenen Epidermiszellen sowie an den Blatträndern mehrere nebeneinander liegende Zellen der unteren Epidermis langgestreckt und verdickt, also bastfaserartig differenzirt. Die Randfasern dürften die zarte Lamina wirksam gegen Einrisse schützen. Vielleicht besitzt auch *Hydrilla* solche Fasern.

Vergleichen wir die Structur der letzterwähnten Blätter mit dem normalen Bau eines Luftblattes, so tritt uns eine ausserordentliche Verschiedenheit entgegen. In der höchst einfachen Blattstructur der *Hydrilleen* ist gewissermassen der Abschluss des umgestaltenden Einflusses des flüssigen Mediums erreicht.

Der Hauptmasse nach besteht auch der lineale Blattstiel von *Aldrovandia vesiculosa*<sup>5)</sup> aus Epidermis. Derselbe muss als das eigentliche Assimilationsorgan angesehen werden, da die Lamina zu einem

<sup>1)</sup> Magnus, *Najas*, p. 50, Tfl. VI, fg. 7.

<sup>2)</sup> *ibid.* p. 51, Tfl. VI, fg. 8.

<sup>3)</sup> Caspary, *Hydrill.* p. 389, Tfl. XXV, fg. 8.

<sup>4)</sup> *ibid.* p. 450.

<sup>5)</sup> Vergl. Caspary, *Bot. Ztg.* 1859, p. 127, Tfl. IV, fg. 4 u. 24.

Fangapparat umgestaltet ist. Es tritt ein winziges, medianes Leitbündelchen, welches nur an der Basis ein einziges Ringgefässchen enthält, in das Blatt ein. Der Blattstiel erscheint im Querschnitt schmal elliptisch und wird rings umschlossen oder vielmehr gebildet von einer einschichtigen, aus gestreckten, gradwandigen, chlorophyllhaltigen Zellen bestehenden Hülle oder Epidermis<sup>1)</sup> (Fig. 14). Spaltöffnungen fehlen selbstverständlich. An diese Zellschicht grenzen unmittelbar die grossen und flachen, von oben betrachtet sechseitigen Lufträume, durch einschichtige, grüne Parenchymsepten geschieden, welche letztere auf dem Querschnitt als Brücken zwischen oberer und unterer Epidermis erscheinen. Das Leitbündel verläuft in der Mediane und wird von einer chlorophyllhaltigen, an die Epidermis sich anlegenden Scheide umgeben. Es gibt keine Zweige in die borstenförmigen Anhängsel des Stieles ab, welche am Grunde ähnlich wie dieser gebaut sind, indem die Lufträume auch in sie hineinziehen. Weiter oberwärts aber bestehen die Borsten nur aus langgestreckten grünen Epidermiszellen mit randständigen, farblosen Haarzähnen.

Die Schilderung der Structur der speciell zum Fang und zur Verdauung kleiner Wasserthierchen angepassten Lamina würde an dieser Stelle, wo das Blatt nur als Assimilationsorgan betrachtet werden soll, zu weit vom Thema führen<sup>2)</sup>.

Wenn auch etwas complicirter gestaltet, so zeigt merkwürdiger Weise der Querschnitt durch ein submerses, lineares Erstlingsblatt der untergetaucht gekeimten jungen Pflanze von *Alisma Plantago* fast dasselbe Bild wie der *Aldrovandia*-Blattstiel (Fig. 15 a). Die Epidermis bildet auch hier den wesentlichsten Theil der Blattsubstanz. Sie besteht von der Fläche gesehen aus rechteckigen, gradwandigen, reichliches Chlorophyll führenden Zellen von quadratischem Querschnitt und bildet keine Stomata aus. Grosse Luftgänge durchziehen das Blatt, treten bis an die Epidermis heran und sind durch einschichtige, grüne Parenchymsepten der Länge nach getrennt, zur Festigung der Quere nach in bestimmten Abständen von zarten perforirten Quersepten gefächert. In der Mediane sind die Luftgänge kleiner und da, wo ihre Parenchymseiden in der Mitte zusammentreten, verläuft das schmale Leitbündelchen. Auch in den Blatträndern erblickt man ein allerdings sehr winziges Seitenbündelchen.

Auf die zarten linealen Blätter folgen an der Keimpflanze solche mit etwas erbreiterter Spreite, welche schrittweise in die schwimmenden und Luftblätter übergehen. Dieser Uebergang markirt sich aber auch in der inneren Structur, indem an den etwas breiteren Blättern, obwohl noch unter Wasser, schon Spaltöffnungen an der Oberseite zur Entwicklung kommen und auch die Form der Epidermiszellen derjenigen der Luftblätter ähnlich erscheint (Fig. 15 c u. d), indem ferner das Blattmesophyll mit seinen grossen Luftgängen mehr und mehr die Form eines Schwammparenchyms annimmt (Fig. 15 b) und endlich an der Oberseite der Schwimmblätter zu einem Palissadenparenchym sich gestaltet. Recht auffallend ist der Unterschied, den die submersen Erstlingsblätter im Gegensatz zu den ihnen gleichwerthigen ersten Blättern von Keimpfänzchen, welche auf Schlamm an der Luft erwachsen, bezüglich ihrer Structur zur

<sup>1)</sup> Caspary l. c. sagt, der Blattstiel wie auch der Stamm habe keine Epidermis, seine äusserste Zellschicht sei Parenchym, welches dicht mit Chlorophyll erfüllt sei. Caspary fasst also den Begriff Epidermis rein physiologisch, was aber nicht zugänglich ist, denn es finden sich alle Uebergänge von der spaltöffnungslosen, chlorophyllhaltigen äussersten Zellschicht der submersen Gewächse bis zu der wohl charakterisirten Oberhaut der Luftpflanzen. Als Epidermis ist die äusserste Zellschicht zu bezeichnen, welche in verschiedener Weise in den beiden Medien Luft und Wasser differenzirt wird, in letzterem Medium weniger von dem unter ihr gelegenen Parenchym abweicht als in ersterem.

<sup>2)</sup> Vergl. darüber Caspary, Bot. Ztg. 1859, p. 127.

Schau tragen. Die von einem reichen Nervennetz durchzogene, eiförmige, zugespitzte Spreite der letzteren zeigt den Bau der Luftspreite überhaupt, also ein gut entwickeltes Palissadenparenchym an der Oberseite und ein Schwammparenchym an der Unterseite (Fig. 15 e), Stomata oben und unten in der chlorophylllosen Epidermis etc. Es ist höchst bemerkenswerth, dass ein und dieselbe Pflanzenart über eine so weit gehende Anpassungsfähigkeit bei der Ausgestaltung der Blattgewebe verfügt.

*Alisma natans* bildet bekanntlich an ihren Sprossen vor den Schwimmblättern zarte, schmale grasartige, submerse Blätter. Dieselben gleichen sehr den oben beschriebenen von *Alisma Plantago* in Form und Structur, nur sind die Luftgänge in etwas grösserer Zahl vorhanden und liegen ungefähr in 2 Querreihen (Fig. 16 a), auch sind die Epidermiszellen bedeutend länger (Fig. 16 b u. c). Wie aus der Abbildung ersichtlich, ist der Aufbau des Blattes ein isolateraler, wie auch bei den submersen Blättern von *Alisma Plantago*. Die Schwimmblätter von *Al. natans* weichen selbstredend von den untergetauchten Blättern ganz bedeutend in der Structur ab.

Bei *Callitriche*<sup>1)</sup> lässt sich ein ähnlicher Gegensatz zwischen den submersen und den an der Luft lebenden Blättern constatiren. Indessen liegen die anatomischen Verhältnisse nicht ganz einfach. Am klarsten ist die Structur des submersen Blattes ausgeprägt in der Sectio *Pseudocallitriche*, wozu unsere *Call. autumnalis* L. gehört. Diese Art ist ein ausschliesslich untergetaucht vegetirendes Gewächs, welches, soweit wir wissen, nie Landformen und auch keine Schwimmblätter bildet, sondern stets schmale, lineale flache, zarte Blätter unter Wasser erzeugt, deren Structur dieser Lebensweise entspricht. Die Epidermis trägt nach Hegelmaier weder am ausgebildeten Blatt, noch an den Stengeln Spaltöffnungen, ebenso fehlen die charakteristischen Sternhaare der übrigen *Callitriche*n. Ihre Zellen von oblonger oder trapezoidischer Gestalt mit graden Radialwänden, ordnen sich in zur Längsaxe parallelen Reihen; auf der Unterseite sind sie schmaler wie auf der Oberseite und auch weniger dick. Merkwürdigerweise mangelt der Blattepidermis das Chlorophyll gänzlich, eine vereinzelte Ausnahme im Gegensatz zu dem Verhalten der meisten anderen submersen Gewächse, welche sich durch die Annahme erklären lässt, dass diese Bildung eine vererbte, von der Plasticität der Pflanze nicht überwundene repräsentirt. Das Chlorophyll findet sich in den von der Epidermis umschlossenen Parenchymzellen, welche 2 Lagen mächtig, an den äussersten Rändern nur 1 Lage stark entwickelt sind und zu ebenen Flächen ohne alle Intercellulargänge aneinander gedrängt liegen<sup>2)</sup>. Das Blatt wird nur von einem medianen gefässarmen und von einer Parenchymseide umschlossenen Leitbündel durchzogen. Die obere Lage des Parenchymis ist etwas grosszelliger als die untere, eine Erscheinung, welche die ursprüngliche Differenzirung in Palissaden- und Schwammparenchym noch andeutet.

Die Sectio *Eucallitriche*, wozu unsere gewöhnlichen Arten, *Call. vernalis*, *stagnalis*, *hamulata* gehören, zeigt im Unterschiede von *Pseudocallitriche* eine grosse Variationsfähigkeit im Habitus. In sehr tiefem Wasser sind die Blätter alle schmal lineal, in weniger tiefem erbreitern sie sich löffelförmig und bilden an der Wasseroberfläche Schwimmrosetten. Bei sinkendem Niveau erscheinen Sumpfformen, kleine Kräutchen mit niederliegenden Stengeln und kleinen eiförmigen Blättchen. Hand in Hand geht mit dieser

<sup>1)</sup> Vergl. auch Hegelmaier, *Callitr.* p. 8. 9. 10. 11. 30. 31. 32.

<sup>2)</sup> Abb. eines Querschnitts durch ein junges Blatt bei Hegelmaier Tfl. II, fg. 2.

Variation auch im Allgemeinen eine entsprechende Abänderung der anatomischen Structur. Die schmallinealen submersen Blätter (Fig. 17a, b u. c) haben demnach ähnlichen Bau wie *Call. autumnalis*, abgesehen davon, dass die Epidermis aller Eucallitrichen die eigenthümlichen Sternhärcchen erzeugt und dass auch das Parenchym mächtiger entwickelt ist, gewöhnlich dreischichtig, in der Mediane sogar vierschichtig. Auch lockert sich das Parenchym an der Unterseite zu rundlichen Zellen mit Luftgängen auf, während an der Oberseite die Zellen compacter zusammenschliessen und nur enge Gänge zwischen sich lassen. Neben dem Mediannerven entwickeln sich in der Regel auch noch kleinere seitliche Nerven.

Nach oben zu gehen die schmallinealen Blätter gewöhnlich in solche mit löffelartig erweiterter Spreite, die Vorläufer der Schwimmblätter, über, und eigenthümlicher Weise macht sich dieser Uebergang auch in der anatomischen Structur geltend. Die Epidermiszellen (Fig. 17d u. e) nehmen wellenförmige Contouren an und bilden vereinzelte Spaltöffnungen an der Oberseite aus, obwohl die letzteren völlig nutzlos sind. Auch in der Gestaltung des Parenchyms markirt sich der Uebergang zu den Schwimmblättern. Bei *Eucallitriche* geht somit die Reaction des Mediums auf die Zellengestaltung nicht glatt auf, wie etwa bei *Ranunculus aquatilis*, welchem in dieser Beziehung eine ausserordentliche Gestaltungsfähigkeit zu Statten kommt. Die Vererbung fixirter Eigenthümlichkeiten wirkt bei *Callitriche* dem umgestaltenden Einfluss des Mediums entgegen.

Vergleichen wir das lineale submerse Blatt von *Eucallitriche* mit dem kleinen cilanzettlichen der Landform, etwa bei *C. vernalis*, so bemerken wir an letzterem sofort die schön ausgebildete Epidermis mit den gebuchteten Wänden (Fig. 17g u. h), die Spaltöffnungen zumal auf der Oberseite, sparsamer auf der Unterseite. Unter der oberen Epidermis differenzirt sich ein Palissadenparenchym, bestehend aus dicken, etwas gestreckten Zellen (Fig. 17f) mit kreisrundem Tangentialschnitt (Fig. 17i) und Luftgänge und Athemböhlen zwischen sich frei lassend. Das Blattparenchym der Unterseite stellt ein typisches Schwammparenchym vor (Fig. 17k).

*Hottonia palustris*<sup>1)</sup> besitzt zwar gefiederte Blätter, indessen gleichen die einzelnen linealen flachen Fieder sehr in der Structur den schmallinealen submersen Blätter der *Callitrichen*, weshalb diese Pflanze hier angereicht werden soll. Das Blatt von *Hottonia* wird von einem schwachen Gefässbündel durchzogen, welches einfache Aeste in die Fieder abgiebt. Dieses Bündel enthält zarte dünne Elemente und nur einige wenige Ringgefässchen. Zu äusserst umgibt eine dünne Epidermis (Fig. 18b), welche abweichender Weise ebenfalls kein Chlorophyll entwickelt, das Blatt. Ihre Zellen sind von oben gesehen, langgestreckt und ungefähr rechteckig mit sehr schwach gewellten Radialwänden und differenziren sich nirgends zu Spaltöffnungen. Haare sind in Form zerstreuter Köpfchenhaare vorhanden. Das chlorophyllführende Parenchym bildet zunächst um das mediane Bündelchen eine Scheide, nach den Seiten zu lockert es sich auf und lässt grosse Luftlücken zwischen sich. (Fig. 18a). Unter der Epidermis schliesst es sich zu einer dichteren einschichtigen Lage von etwas gestreckten Zellen (Fig. 18c), deren enge Intercellulargänge bis zur Epidermis gehen. Die Blätter sind somit sehr zart und locker gebaut und entbehren der mechanischen Elemente vollständig.

<sup>1)</sup> Areschoug, p. 140.

Im Anhang zu den bisher beschriebenen Blattstructuren sei an dieser Stelle die *Lemna trisulca*<sup>1)</sup> erwähnt, welche submerse, frei schwimmende, blattlose Sprossketten bildet. Diese Sprosse ersetzen die Assimilationsorgane an Stelle der unterdrückten Blätter und zeigen dementsprechend manches Uebereinstimmende in der Structur mit den submersen Blättern überhaupt. Der einzelne Spross besteht aus zwei Gliedern, dem dünnen, gestreckten Sprosstiel und dem breiten flachen, eiförmigen zugespitzten zweiten Sprossglied; zwischen beiden erzeugt das Nodium in seitlichen Taschen die gleichgestalteten Tochter sprosse.

Ein zartes Leitbündel tritt in die Mediane des Sprosstiels ein und spaltet sich im Knoten in drei Aeste für das flache zweite Sprossglied. Die Structur dieser Bündelchen wird im zweiten Abschnitt näher erörtert. Nach aussen werden die Sprosse von einer zarten Epidermis aus tafelförmigen, mit stark buchtigen Seitenwänden in einander greifenden Zellen (Fig. 19c) überzogen. Stomata fehlen gänzlich. Chlorophyll ist in der Epidermis nur in geringer Menge vorhanden, tritt dagegen in den Parenchymzellen wohlentwickelt auf. Die absolute und relative Grösse der Epidermiszellen schwankt etwas; zu beiden Seiten der Mittellinie der Sprosse nehmen sie schmale längsgestreckte Gestalten an.

Der Sprosstiel (Fig. 19a) zeigt im Querschnitt elliptische Form und isolateralen Bau. In seiner Axe befindet sich das Leitbündel, von einer Parenchymscheide umschlossen, an welche sich bis zur Epidermis etwa zwei Lagen grosszelligen Parenchyms anlegen. Das Sprosstielparenchym schliesst dicht zusammen und lässt nur hie und da enge Intercellulargänge frei. Es besteht aus dünnwandigen polygonalen Zellen.

Das zweite Sprossglied enthält unter der Epidermis nach dem Rande zu nur eine einzige Parenchymlage grosser polygonaler Zellen ohne jede Lufthöhlenbildung. Weiter einwärts steigt die Zahl der Parenchymlagen auf zwei und drei und es entwickeln sich alsdann durch Abrundung der Zellen Intercellulargänge (Fig. 19b u. d). An der Basis des zweiten Sprossgliedes ist endlich das Parenchym am mächtigsten (ca. 8 schichtig) und wir treffen hier auch grössere Lufthöhlen in zwei Etagen, welche aber nie die Ausdehnung wie bei den schwimmenden Arten der *Lemnaceen* erreichen. In den Wandungen der Taschen befinden sich nur an der Basis einige Luftkanäle. Die Taschenwandungen zeichnen sich dadurch aus, dass ihre innere Epidermis aus Zellen besteht, welche den Parenchymzellen sehr gleichen, sodass es den Anschein hat, als ob die Epidermis daselbst abgehoben sei (Fig. 19e). Nach den Rändern zu bestehen die Taschenwandungen nur aus den beiden dicht zusammenschliessenden Epidermisschichten.

Bei den an der Oberfläche schwimmenden *Lemnaceen* macht sich zum Unterschied von *Lemna trisulca* der durch den Einfluss des Lichtes herbeigeführte Gegensatz zwischen oberem und unterem Parenchym geltend; es entwickeln sich ferner an der Oberseite in der chlorophyllosen Epidermis Spaltöffnungen und zur Ermöglichung der Schwimmfähigkeit grosse Lufthöhlen, welche an genannter Art nur in geringer Zahl und Grösse erscheinen. *Lemna trisulca* erzeugt bei der Blütenbildung schwimmende Luftsprosse<sup>2)</sup> und diese nähern sich den übrigen *Lemnaceen* im Bau. Sie weichen von den submersen Sprossen ab in der Gestaltung der Epidermiszellen, welche kleiner sind und an den Radialwänden starke leistenartige

<sup>1)</sup> Vergl. auch Hegelmaier, Lemn., p. 65 ff. u. Taf. VI. Fig. 2—7.

<sup>2)</sup> Hegelmaier, Lemn., p. 61—62.

Verdickungen zur Festigung tragen, durch den Besitz von Spaltöffnungen an der Oberseite und durch grössere Lufthöhlen. Dagegen ergibt sich in der Gestaltung des Parenchyms kaum ein Unterschied.

Bemerkenswerth ist wie für alle *Lemnaceen* auch für *Lemna trisulca* das Auftreten von Raphiden-schläuchen im Parenchym.

4. Einige submerse Gewächse zeichnen sich durch sehr lange, grasartige, lineale Blätter aus, welche eine charakteristische Anordnung des Blattgewebes zur Schau tragen und dadurch eine besondere Gruppe für sich bilden.

*Vallisneria spiralis*<sup>1)</sup> gehört hierher. Die Blätter sind streng isolateral gebaut, Oberseite und Unterseite völlig gleich gestaltet. Das lange Blatt wird von einem grösseren medianen Blattnerve und jederseits zwei seitlichen kleineren, einer davon dicht längs des Randes parallel durchzogen. Mittelst Queranastomosen stehen diese Nerven in Verbindung unter einander. Sie bestehen aus langgestreckten zarten Elementen, enthalten keine Gefässe; aber in dem Theile, welcher dem Xylem homolog zu setzen ist, findet sich ein kleiner, durch Resorption von Zellreihen entstandener Gang. (Fig. 20b.) Der Phloëtheil liegt nach unten und ist deutlich differenzirt.

Die Spreite lässt zu äusserst eine niedrige Epidermis erkennen, welche von oben gesehen aus mehr oder weniger rechteckigen Zellen, ohne Stomata und Haarbildungen, sich aufbaut. (Fig. 20c.) Die Aussenwandung ist sehr dünn und die Cuticula kaum ausgeprägt. Darunter folgt oben und unten eine Lage grosszelliger, aus langgestreckten Elementen bestehenden Parenchyms, welches dicht zusammenschliesst. Sehr charakteristisch für das *Vallisneriablatt* sind die Längsgänge, welche in höchst regelmässiger Weise das Blatt durchziehen, bis an die genannte Parenchymlage oben und unten herantreten und seitlich durch kurze einschichtige Septen getrennt werden. Diese Septen sind drei Zellen hoch, die mittelste davon erscheint im Querschnitt kleiner als die äusseren, der obigen Parenchymlage angehörenden. Die Längsgänge werden hie und da durch perforirte zarte Querdiaaphragmen gefächert.

Chorophyll findet sich in grösster Menge in der Epidermis, sparsamer in allen Parenchymzellen.

Zu dieser Gruppe sind ausserdem die *Seegräser* zu rechnen, welche Blätter von ähnlicher Form wie *Vallisneria*, aber von bedeutend festerem Gefüge und sogar mit Bastrippen versehen besitzen, weil sie an ihrem Wohnort von den Bewegungen des Wassers weit mehr zu leiden haben, als die letztere.

Bei *Zostera marina*<sup>2)</sup> wird das bis 3 dem lange Blatt von 7 oder 9 an der Spitze mit bogenförmiger Anastomose endigenden Parallelnerven durchzogen, von denen der mediane sich über dieselbe noch etwas fortsetzt. In der Lamina zwischen den Nerven sieht man in gleichmässigen Abständen und gleicher Ausbildung Lufteanäle der Länge nach verlaufen, welche von einschichtigen Längsscheidewänden getrennt werden, sowie durch zarte Quersepten hie und da gefächert erscheinen, also eine ganz analoge und zugleich streng isolaterale Anordnung der constituirenden Elemente wie bei *Vallisneria*.

Zu äusserst wird das Blatt (Fig. 21) von der Epidermis überzogen, welche aus kleinen, in Längsreihen übereinander liegenden Zellen mit stark verdickter Aussenwandung und deutlicher Cuticula bestehen.

<sup>1)</sup> Vergleiche auch J. Fr. Müller p. 39—41 u. Taf. II.

<sup>2)</sup> Vergl. Grünland, Tafel IV. Fig. 4, Abb. des Querschnitts durch den Blattrand. Beschreibung sehr unvollständig. — Duchartre, Bull. soc. bot. France 1872 pg. 293—295. — Areschoug, pg. 200 ff. Th. IV, Fig. 4. — Falkenberg, pg. 23 ff.

Von oben gesehen erscheinen diese Zellen von fast cubischer Form, nach der Blattbasis zu werden sie länger. Sie sind mit Chlorophyll dicht angefüllt, welches fast gänzlich dem inneren Gewebe mangelt. Unter der Epidermis folgt oben und unten wie bei *Vallisneria* eine geschlossene Lage grosszelligen Parenchyms, welche mit der Epidermis die äussere Umhüllung des Blattes abgibt. Die weitere Anordnung der Elemente tritt sofort klar im Querschnitt entgegen. Da, wo ein Nerv verläuft, verbinden sich obere und untere Rinde durch eine dicke mehrschichtige Parenchymlängswand, in welcher das Leitbündel eingeschlossen wird. Zwischen zwei benachbarten Blattnervenwänden durchziehen 6—10 gleichgestaltete, im Querschnitt aufrecht ovale Längscanäle die Lamina. Dieselben treten oben und unten bis an die subepidermale Lage und werden seitlich von einschichtigen etwa 6—8 Zellen hohen Parenchymsepten getrennt, die im Querschnitt wie Brücken zwischen oberer und unterer Rinde aussehen.

Das Blatt von *Zostera marina* umschliesst ausserdem noch zahlreiche Bastbündel, die meisten davon subepidermal oder marginal, die übrigen viel geringer an Zahl und Ausbildung begleiten die Leitbündel. Diese Bastbündel verleihen dem Blatte die nöthige Zugfestigkeit, während die charakteristische I-Trägerartige Gestaltung der Parenchymlängswände sehr zur Erreichung der Druck- und Biegezugfestigkeit beiträgt.

Die Blattleitbündel sind collateral gebaut und haben denselben Bau wie die Blattleitbündel der *Potamogetonen*, nach oben einen Xylemtheil mit lysigenem Gang, nach unten einen grossen Phloëmtheil.

*Zostera nana* hat einen ganz analogen Blattbau, nur viel kleinere Blätter mit nur 3 Nerven, einem medianen und 2 seitlichen schwächeren. Jederseits verlaufen zwischen dem mittleren und dem seitlichen Strang nur 3 Längscanäle, im Ganzen also 6. Ferner sind die Bastbündel weniger zahlreich und alle subepidermal. Sie folgen den beiden Blatträndern und entfernen sich nicht weit von denselben.

Auch *Cymodocea aequorea* (*Phucagrostis major* Cav.)<sup>1)</sup> folgt dem gleichen Typus des Blattbaues wie *Zostera*. Unterschiede ergeben sich im Wesentlichen nur aus der besonderen Structur der Scheidewände, welche die Blattleitbündel enthalten, indem das Parenchym derselben über und unter den letzteren sich zur Bildung von Septallacunen in einschichtige Septen spaltet, welche im Querschnitt das Aussehen von Strahlen, welche von dem Centrum der Scheidewand gegen die subepidermale Parenchym-schicht führen, gewähren. Im Medianus entwickeln sich oben und unten je 3 Septallacunen, also je 4 Septen, in den übrigen Blattrippen nur je 2 Lacunen, also 3 Septen. Zwischen den leitbündelführenden Scheidewänden befinden sich nur 2 primäre, grosse Lacunen, welche bis an die Rinde gehen und der Länge nach von einer einschichtigen Wand getrennt sind, wie bei *Zostera* die 6—10 Lacunen zwischen den Rippen. Zwischen dem Randnerven und dem nächststimmern verläuft nur 1 grosse Lacune. Die Bastbündel sind alle subepidermal, abgesehen vom Randbündel, das von der Epidermis durch eine Parenchymzellreihe getrennt ist. Die Anordnung der Bastbündel ist eine regelmässige. Sie finden sich zu je einem am Ende des mittleren Septums der Septallacunen in den Seitenrippen, in der Mittelrippe an den Enden der beiden mittleren Septen der Septallacunen. Blattbündel sind im Ganzen 9 vorhanden, mithin 18 Bastbündel.

<sup>1)</sup> Vergl. Bornet, pg. 43. — Duchartre, Bull. soc. bot. France 1872, pg. 299.

5. Als letzte Gruppe mögen die Blattstructuren der breitspreitigen, grossblättrigen *Potamogeton*-Arten und im Anschluss daran einiger Arten mit schmalen linealen Blättern betrachtet werden. Diese ersteren *Potamogetonen* wie *P. perfoliatus*, *crispus*, *nitens*, *densus* etc. weichen durch die Gestalt des Laubes sehr von den übrigen submersen und zerschlitzzblättrigen Gewächsen ab, treffen aber doch Einrichtungen, um ihre dünne Blattlamina gegen nachtheilige Einwirkungen des bewegten Wassers zu schützen; sie bilden keine Blattstiele aus, sondern sitzen mehr oder weniger stengelumfassend der Axe an, falten sich gewöhnlich der Länge nach zusammen und kräuseln ihren Blattrand. Ferner sind die Rippen, zwischen denen die zarthäutige Lamina ausgespannt ist, ziemlich dick und enthalten auch Bastfasern als mechanische Elemente, während die übrigen submersen Blätter mit Ausnahme der im Meere lebenden Seegräser solcher entbehren.

*Potamogeton densus* hat cilanzettliche, fast stengelumfassende Blätter, welche von einem Mediannerven und jederseits zwei Seitennerven, die unter einander durch sparsame Queräste anastomosiren, durchzogen werden. Die zwischen diesen Rippen ausgebreitete zarte Lamina besteht nur aus drei Schichten und diese verhalten sich bezüglich der Ausbildung ihrer Zellen ziemlich gleich; nur ist die obere Epidermis etwas grosszelliger (Fig. 22 c). Die Epidermiszellen sind von der Fläche gesehen polygonal und gradwandig (Fig. 22 d u. e), haben sehr dünne und zarte Wandungen, eine dünne Cuticula und entwickeln nie Spaltöffnungen. Alle Laminazellen enthalten vorzugsweise an den breiteren Tangentialwänden gelagerte Chlorophyllkörner. Ferner grenzen die Zellen der Mittelschicht nicht geschlossen an die Epidermis, sondern lassen sehr kleine, aber die ganze Spreite an den Zellkanten durchziehende Intercellulargänge zwischen sich frei. Die dicken Blattrippen werden von Leitbündeln durchzogen, welche mit denen des Stengels bezüglich der Ausbildung der einzelnen Elemente übereinstimmen (Fig. 22 c). Nach oben und unten legen sich einige mechanische Fasern an das Leitbündel, in den Seitenbündeln gewöhnlich nur eine einzige, in den Medianen bis 8. Doch bilden sich die Fasern nicht immer auf beiden Seiten aus.

Die Blattrippen verdanken ihre Dicke der grösseren Entwicklung des Parenchyms mit seinen Längsluftcanälen. Das mediane Bündel wird von einer doppelten Parenchymscheide umgeben, welche oben direct an die Epidermis sich anlegt; nach unten aber befinden sich mehrere im Bogen gestellte und durch einschichtige Septen getrennte Luftgänge (Fig. 22 a), die bis an die Epidermis treten. Einige kleinere Gänge finden sich noch beiderseits oben neben dem Leitbündel. Die Gänge werden durch zarte Quersepten gefächert. Die Seitenbündel sind viel einfacher gebaut und werden rechts und links nur von je einem Luftgang begleitet.

Die anderen breitblättrigen Arten *P. nitens*, *perfoliatus*, *crispus* etc. besitzen im Wesentlichen genau dieselbe Structur wie *P. densus*. Unterschiede ergeben sich abgesehen von der äusseren Blattform nur aus der Anzahl der Seitennerven, welche namentlich bei *P. perfoliatus* eine grosse ist (jederseits etwa 8), aus der grösseren oder geringeren Entfaltung der mechanischen Fasern im Umkreise der Leitbündel, aus der Gestaltung und Vertheilung der Luftgänge in den Rippen. Bei den obigen 3 Arten werden wenigstens in den grösseren Rippen die Bündel ringsum von einem Kreis solcher Luftgänge umgeben, an welche sich noch jederseits bis zum Beginn der dreischichtigen Lamina 1—2 Seitengänge anlegen.

Die einzelnen Blattgewebselemente der grossblättrigen *Potamogetonen* zeigen, wie aus Obigem hervorgeht, also auch die allgemeinen Eigenschaften der Structur der submersen Blätter überhaupt.

Im Anschluss an die breitblättrigen *Potamogetonen* sollen hier als Vertreter der Arten mit schmalen linealem Laub *Pot. pusillus* und *Pot. acutifolius* betrachtet werden, welche sich im Blattbau den ersteren nähern, indem die Lamina ebenfalls nur aus 3 Schichten, oberer und unterer Epidermis, sowie mittlerer Parenchymlage, alle 3 aus ähnlich gestalteten Zellen bestehend, zusammengesetzt erscheint.

Die zarten schmalen Blätter des *Potamogeton pusillus* werden von einer stark entwickelten Mittelrippe durchzogen, in deren Parenchym das Leitbündel verläuft. Ueber und unter demselben ziehen sich einige kleine Intercellulargänge und beiderseits zwei nebeneinander gelagerte und durch einschichtige Septen getrennte grössere Gänge der Länge nach hin. An die Mittelrippe stösst nun jederseits ziemlich scharf abgesetzt die dünne dreischichtige Lamina, welche jederseits in der Mitte noch von einem schwachen Seitenbündel und dicht am Rande von einer dünnen Bastrippe durchlaufen wird. Chlorophyll ist in allen 3 Schichten gleichmässig vorhanden. Stomata fehlen gänzlich.

Das schmallineale und zugespitzte Blatt von *Potamogeton acutifolius* hat ebenfalls ein medianes und jederseits ein seitliches kleineres Leitbündel, doch treten beide kaum hervor. Zu beiden Seiten des medianen Bündels läuft je ein enger Intercellulargang. Das Parenchym vermehrt sich dort nicht, so dass die Mittelrippe nach aussen nur sehr schwach hervortritt. Die Lamina besteht wie bei den anderen Arten aus 3 Schichten. Höchst eigenthümlich ist an dem Blatte dieser Species, dass das mechanische System sich ausnahmsweise stark entwickelt. Sowohl über und unter den Leitbündeln, besonders an der Unterseite bilden sich starke Bastschienen aus (Fig. 23). In der Lamina selbst verlaufen jederseits 6 subepidermale starke Bastrippen gleichmässig über die Spreite vertheilt und der Blattrand wird unter der Epidermis noch von einem besonders starken Bündel mechanischer Zellen gefestigt. Dieses Auftreten von Bastrippen ist ein ganz exceptionelles und dürfte nicht leicht seine Erklärung finden.

*Potamogeton pectinatus* wurde schon oben erwähnt, er entspricht in seinem Bau ungefähr der Mittelrippe der breiteren Arten und weicht in dem Mangel der dreischichtigen Lamina von diesen bedeutend ab.

Im Wesentlichen wäre damit die Zusammenstellung der Blattstructuren der submersen Gewächse beendet. Es erübrigt noch zu bemerken, dass die nicht erwähnten Arten, soweit aus vereinzelt Notizen in der Litteratur sich ergibt und auch a priori zu schliessen ist, sich der einen oder anderen Form anschliessen lassen werden. Jedenfalls genügen die angeführten Beispiele vollständig, um die Eingangs dargelegten allgemeinen Gesichtspunkte abzuleiten.

## 2. Abschnitt.

### Die Stammstructur der submersen Gewächse.

Vergleicht man den Stamm der submersen Gewächse mit demjenigen typischer Landpflanzen bezüglich der Structur und der Anordnung der ihn zusammensetzenden Gewebe, so ergeben sich bedeutsame Unterschiede, welche ihre letzte Ursache in der Verschiedenheit der Medien finden und hauptsächlich durch die verschiedenen mechanischen Anforderungen an die Festigkeit des Stengels und durch die verschiedene Art der Nährstoffaufnahme bei Vegetation unter Wasser oder an der Luft hervorgerufen werden. Die Vertreter der submersen Flora sind zum geringsten Theile solche, welche mit gestauchter Achse am Boden vegetiren und aus dieser ein Büschel von langen schmallealen Blättern erzeugen (*Vallisneria* etc.), zum weitaus grösseren Theile aber solche, welche gestreckte, verzweigte, dünne Stengel besitzen, die entweder frei und wurzellos im Wasser schwimmen (*Utricularia*, *Aldrovandia*, *Ceratophyllum*) oder am Boden aus den unteren, rhizomartigen Stengelgliedern Wurzeln treiben und sich anheften, im Uebrigen aber frei fluthen (*Myriophyllum*, *Potamogeton* etc.). Der kurze dicke Stamm der ersteren zeigt keine besondere mechanische Construction, wohl aber derjenige der letzteren, welcher im Gegensatz zu dem aufrecht wachsenden und zum Tragen des Astwerks und des Laübes biegungsfest construirten Landpflanzenstengel wesentlich zugfest beschaffen sein muss. Die submers schwimmende oder fluthende Pflanze wird passiv infolge der grösseren Dichte des Wassers und des Auftriebs der in den Intercellularräumen enthaltenen Luft in der zum Lichte günstigsten Lage gehalten. So kommt es, dass die Aeste gleiche Ausbildung wie die Hauptaxe erlangen, denn letztere braucht nicht stärker und dicker construirte zu werden, um das Gewicht der ersteren zu tragen. Die nöthige Zugfestigkeit wird nun bei diesen fluthenden und schwimmenden Stengeln dadurch erreicht, dass die langgestreckten Elemente, die Leitbündel nach der Axe hin zusammengerückt werden und daselbst zu einem axilen Leitbündelstrang mehr oder minder innig verschmelzen, nach Analogie zu dem axilen Strang der Wurzeln, welche ebenfalls zugfest gebaut sein müssen.

Aus der Vegetationsweise der submersen Gewächse begreift sich ferner der Mangel des secundären Dickenwachsthums. Haupt- und Nebenaxen gestalten sich gleichartig und wachsen ausserdem, sich verzweigend, an den Spitzen ziemlich rasch vorwärts, während von hinten die Pflanze beständig, in dem einen Falle schneller, in dem andern langsamer, abstirbt und auf diese Weise einen Stock von Tochterindividuen

erzeugt. Auf welche Ursachen diese beständige Verjüngung der ganzen Pflanze zurückgeführt werden muss, ist noch unentschieden<sup>1)</sup>. Ein Cambium lässt sich in den wenigsten Leitbündeln erkennen und wo es auftritt, stellt es sehr bald seine Thätigkeit ein.

Die Gewebe, aus denen der Stamm sich aufbaut, sollen im Folgenden einer gesonderten Darstellung unterworfen werden.

## I. Leitbündel.

Wie schon erwähnt, verschmelzen die Leitbündel der submersen Gewächse bei den Formen mit langgestreckten Stengeln zu axilen Strängen sowohl bei den dicotylen, als auch bei den monocotylen Vertretern. Der Grad der Verschmelzung ist freilich je nach dem Grade der Anpassung ein verschiedener. Bei einigen lässt sich noch scharf die Zusammensetzung des Stranges aus einzelnen Leitbündeln, stamm-eigenen und blattspurigen, erkennen; in den Endgliedern der Anpassungsreihe dagegen stellt der Strang ein einfaches, concentrisches Gebilde vor, welches nur in phylogenetischem Sinne aus der Verschmelzung von Einzelbündeln hervorgegangen zu erachten ist. Eine merkwürdige Ausnahme machen allein die submersen Arten von *Ranunculus*, deren Leitbündel nicht zusammenrücken, sondern frei im Parenchym verlaufen.

Die Vereinfachung der Nährstoffaufnahme unter Wasser führt eine Reduction der die Bündel zusammensetzenden Elemente, in erster Linie des Xylems herbei. Dass die Rückbildung nicht die Verschmelzung der Einzelbündel zu dem axilen Strang veranlasst hat, diese vielmehr wesentlich als eine mechanische Anforderung der submersen Lebensweise aufzufassen ist, ergiebt sich durch den Vergleich mit dem Stengel der *Saprophyten*<sup>2)</sup> und *chlorophyllfreien Parasiten*. Auch bei diesen Gewächsen spielen sich die physiologischen Processe zum Theil anders ab, als bei den grünen Landpflanzen. Mit der Herabsetzung der Transpiration ist die Reduction der Gefäße begleitet, so dass die Leitbündelelemente manches Uebereinstimmende mit denen der Wasserpflanzen trotz der verschiedenen Lebensweise erlangen. Aber die einfachen Leitbündel des Saprophytenstengels behalten ihre ererbte Situation, sie rücken nicht zu axilen Strängen zusammen.

Caspary<sup>3)</sup> hat die Ansicht ausgesprochen, dass die centralen Stränge bei den *Hydrilleen*, bei *Aldrovandia*, bei den *Najadeen* einfache Bündel seien. Sanio<sup>4)</sup> dagegen brachte zuerst den phylogenetischen Gesichtspunkt in die Deutung dieser Gebilde; er sagt, dass die centralen Stränge der erwähnten Wasserpflanzen nicht einfache Bündel, sondern ein dem Verdickungsring analoges Gewebe vorstellen, dass also mit anderen Worten diese Bündel nicht einem Gefässbündel, sondern dem ganzen Bündelsystem, welches

---

<sup>1)</sup> Für das baldige Absterben der unteren Stengelglieder und Blätter und die stetige Erneuerung der submersen Pflanze scheint mir von grossem Einfluss der Umstand zu sein, dass sich auf ersteren sehr bald eine dichte Vegetation von epiphytischen Algen, Diatomeen etc., sowie Pilze und niedere Thiere ansiedeln, welche die Organe in ihren Functionen behindern, ihre Widerstandsfähigkeit abschwächen und die Fäulniss beschleunigen, so dass dadurch die Pflanze gezwungen wird, sich beständig an den Spitzen der Aeste zu erneuern.

<sup>2)</sup> Vergl. beispielsweise Fr. Johow: Die chlorophyllfreien Humusbewohner West-Indiens. Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. XVI. Berlin 1885.

<sup>3)</sup> Caspary, Pringsheims Jahrb. IV. p. 114 u. ff.

<sup>4)</sup> Sanio, Bot. Ztg. 1863. p. 409 u. Bot. Ztg. 1865 p. 184.

sich sonst aus dem Verdickungsring bildet, entsprechen, mit dem Unterschiede, dass hier die Sonderung in Cambiumbündel und Zwischengewebe ausgeblieben.“ In ähnlicher Weise fasst auch Russow<sup>1)</sup> die axilen Leitbündel in den Stengeln dicotyler und monocotyler Wasserpflanzen als ein „contrahirtes Leitbündelsystem“ auf. „Wenn man mit den in der Axe zusammengedrückten, von einer gemeinsamen Scheide umgebenen Leitbündeln im Stengel der *Potamogeton*-Arten und in den Ausläufern von *Hydrocharis Morsus Ranæ* die axilen, als einfache Leitbündel erscheinenden Stränge der *Najadeen*, *Hydrillen*, oder auch die Axenstränge von *Hippuris*, *Myriophyllum*, *Hottonia* vergleicht, so kann man nicht umhin, diese Ansicht für die richtige anzuerkennen. Bei *Hydrocharis* und den dünnstengeligen *Potamogeton*-Arten sind die einzelnen Leitbündel einander so nahe gerückt, dass es erst nach einer längeren sorgfältigen Prüfung und Vergleichung mit den dickstengeligen *Potamogeton*-Arten gelingt, die einzelnen, durch schmale Grundgewebsplatten von einander getrennten Leitbündel zu unterscheiden. Denken wir uns diese schmalen Grundgewebelamellen fort, so kommt ein Leitbündel zu Stande, wie wir es bei *Cymodocea*, *Najas* und *Elodea* finden. Bei *Vallisneria* und *Lemna* ist die Contraction durch Schwinden von Leitbündelelementen noch weiter vorgeschritten; jedenfalls repräsentirt aber hier der winzige, schliesslich nur aus lang gestreckten parenchymatischen Zellen, Leitzellen, bestehende Strang das ganze Leitbündelsystem.

Vom Standpunkt der Descendenztheorie ist diese Auffassung die natürlichste und diejenige, welche sich allgemeinen Eingang verschafft hat.

Die Leitbündel besitzen bei den verschiedenen Vertretern der submersen Flora durchaus nicht dieselbe Structur ihrer Elemente. Es muss berücksichtigt werden, dass die Anpassung in dem einen Fall weiter vorgeschritten sein kann, als in dem anderen. Wir unterscheiden solche Gewächse, welche ausschliesslich submers vegetiren und fructificiren, solche, welche nur auf kurze Zeit ihre Blüthen zur Bestäubung aus dem Wasser hervortauchen und solche, welche sich mehr amphibisch verhalten, Schwimmblätter entwickeln können oder auch Landformen zu bilden im Stande sind, also eine grössere Plasticität sich bewahrt haben. Erstere zeigen dementsprechend auch die weitgehendste Umgestaltung in der Structur, letztere dagegen mehr die von den Landpflanzen ererbten Eigenthümlichkeiten in der Ausbildung der Leitbündelelemente, obwohl bei ihnen eine ganz entschiedene Tendenz, sich den ersteren zu nähern, zu Tage tritt.

Wohin diese Tendenz schliesslich geführt hat, erkennen wir in der einfachen Structur beispielsweise des axilen Stranges von *Zannichellia*. Derselbe ist genau concentrisch gebaut, besitzt in der Mitte einen mit Flüssigkeit erfüllten Längscanal, welcher durch Resorption ursprünglich am Stammscheitel angelegter, aber transitorischer Ringgefässe, der einzigen Gefässe des gesammten Bündels überhaupt, entsteht und von einer Schicht zartwandiger langgestreckter Elemente umgeben wird. Nach aussen lagert sich an letztere bis zur schwach ausgeprägten Schutzscheide reichend eine Ringzone von zartwandigem aber wohl differenzirtem Phloëm, bestehend aus Siebröhren mit ihren Geleitzellen und dazwischen zartwandiges Phloëmparenchym. Die den Canal zunächst umgebenden Zellen müssen wir als Holzparenchym bezeichnen, welches mit dem ersteren zusammen den Holztheil des concentrischen Stranges vorstellt. Uebrigens ist zu bemerken, dass eine scharfe Abgrenzung von Holztheil und Phloëmzone kaum möglich ist, weil Phloëmparenchym und Holzparenchym gleiche Differenzirung zeigen und unmittelbar aneinander

<sup>1)</sup> Russow p. 62.

stossen. Wie ist dieser einfach gebaute Strang zu Stande gekommen? Wir müssen ihn für homolog erachten dem gesammten System von isolirten Leitbündeln der typischen monocotylen Landpflanze. Im Laufe der phylogenetischen Entwicklung rückten infolge immer weiter gehender Anpassung der Structur an die Lebensweise der Pflanze unter Wasser diese Leitbündel bei gleichzeitiger Reduction des Xylems nach der Axe zusammen zu einem gemeinsamen Strang, in welchem die Xylemtheile nach und nach zu einem einzigen axilen Körper verschmolzen, während die Phloëmtheile ihre normale Lage nach aussen beibehaltend, zu einer Ringzone sich vereinigten.

Dass die einfach erscheinenden, axilen Stränge in der That diese phylogenetische Entwicklung zurückgelegt haben, lehrt ein Vergleich mit den höher differenzirten derjenigen Vertreter der submersen Flora, welche noch am meisten die Structur des Stammes der Landpflanzen beibehalten haben. Bei *Potamogeton perfoliatus* sind im axilen Leitbündelkörper die einzelnen Leitbündel noch scharf durch wohl entwickeltes Markgrundgewebe gesondert.

Zwischen beiden Extremen können wir je nach dem Grade der Anpassung, der Reduction der Elemente, des Schwindens des Markgrundgewebes, die übrigen Vertreter in eine Uebergangsreihe einordnen und zwar nicht nur die Monocotylen, sondern auch die Dicotylen, deren Endglieder den gleichen concentrischen Bau schliesslich erlangen, wie *Zannichellia* unter den ersteren.

Die Verschmelzung der Bündel tritt wohlverstanden nur bei den langstengeligen fluthenden Formen ein, in viel geringeren Grade oder gar nicht dagegen bei denen, welche mit gestauchten, auch wohl ausläufertreibenden Axen Bodenlauben bilden, weil hier auf Zugfestigkeit kein so grosses Gewicht gelegt zu werden braucht. So sind bei *Vallisneria* die Bündel alle isolirt, zeigen aber in der Differenzirung der Elemente die weitgehendste Anpassung.

Beim Vergleich der Leitbündel der submersen Pflanzen mit denen typischer Landpflanzen constatiren wir als auffallendsten Unterschied bei ersteren die Reduction der Gefässbildung. Schon wenn Landpflanzen oder amphibische Gewächse gezwungen werden, unter Wasser zu vegetiren, so ist die Abnahme der Gefässe ein allgemeines Ergebniss<sup>1)</sup>, welches sich aus ihrer Function begreift. Bei den Landpflanzen sind die Gefässe die Wasserleitungsbahnen, in welchen sich der Transpirationsstrom und in diesem die zur Assimilation nothwendigen anorganischen Salze von der Wurzel zu den Blättern aufwärts bewegt. Die submersen Gewächse nehmen ihren Bedarf an Nährstoffen dagegen mittelst Diffusion direct aus dem Medium auf<sup>2)</sup> und machen somit die Ausbildung von Gefässen wie auch von Spaltöffnungen überflüssig. Dementsprechend ist die Zahl der Gefässe in ihren Leitbündeln eine minimale, sie ist am grössten noch bei solchen, welche leicht Landformen bilden, oder ihre Inflorescenzaxe zur Bestäubung der Blüthen eine Zeit lang über die Oberfläche an die Luft erheben oder Schwimmblätter bilden, indess bei anderen jegliche Gefässbildung unterbleibt. Nicht nur wird die Zahl der Gefässe eine geringere, auch die Differenzirung derselben eine einfachere<sup>3)</sup>, so dass bei den meisten nur noch Ringgefässe zur Ausbildung gelangen.

<sup>1)</sup> Vergl. Costantin, Ann. sc. nat. 1884. p. 293 ff. [Peplis, Nasturtium, Vicia sativa, Ricinus, Phaseolus etc.] — Schenck, Ber. deutsch. bot. Ges. 1885. p. 481. Tfl. XIV. [Cardamine.]

<sup>2)</sup> Vergl. Abschnitt I. p. 6.

<sup>3)</sup> Vergl. Caspary, Gefässbündel der Pfl.

Eine ziemlich allgemeine Erscheinung in den Leitbündeln der submersen Pflanzen, besonders der *Monocotylen*, ist die Thatsache, dass ursprünglich unter dem Vegetationspunkt im Procambiumstrang angelegte Ring- und Spiralgefässe oder Gruppen solcher später bei der Streckung der Internodien durch Resorption der Quer- und auch Längswände sich in einen mit Flüssigkeit erfüllten Gang umwandeln, in welchem hier und da die Verdickungen, einzelne Ringe oder kurze Spiralen, der Wandung anhaftend, noch erhalten bleiben.<sup>1)</sup> Das ausgebildete Leitbündel besitzt dann keine Gefässe mehr; nur in den Knoten, wo die Streckung unterbleibt, sieht man in der Regel noch die Reste der ursprünglichen Gefässe. Es fragt sich, ob diese Gänge die Function der Zuleitung von Wasser und Salzen zu dem Gewebe des Vegetationsscheitels und der wachsenden Region zu erfüllen haben oder ob sie für gewöhnlich von keiner Bedeutung sind, sondern nur die Wasserleitung dann besorgen, wenn die Pflanze ihre Blüthen an die Luft erhebt, oder wenn sie Schwimmblätter bildet, oder bei sinkendem Wasserspiegel an ihren Sprossenden in die Landform übergeht. Diese Frage lässt sich aus dem anatomischen Befund allein nicht entscheiden. Die lysigenen Gänge sind mit Flüssigkeit erfüllt, welche zuweilen in älteren Internodien bräunlich gefärbt erscheint (*Elodea*, *Potamogeton*), so dass es den Anschein hat, als ob die Gänge als Excretbehälter fungirten.

Die transitorischen Gefässe, welche zu einem Gang resorbirt werden, sind in der Regel Ring- und Schraubengefässe. Bei *Elodea* erscheinen indessen diese Gefässe insofern schon reducirt, als es meist nicht mehr zur Ausbildung von vollständigen Ringen, sondern nur von Ringstücken kommt. Bei *Ceratophyllum*, *Najas* und Anderen bemerken wir ebenfalls axile Gänge, aber hier sind es keine Gefässe oder Gefässzellen mehr, aus denen sie entstehen, sondern unverdickte Procambiumzellen, welche als Gefässanlagen zu betrachten sind, deren Querwände aber noch vor Eintritt irgend welcher Verdickungen schon resorbirt werden. Der nähere Vorgang der Resorption, im Besonderen der Träger der Resorptionswirkung, ist uns noch unbekannt.

Holzparenchym ist in allen Fällen vorhanden, wenn auch von sehr einfacher Ausbildung; es umgibt die Gefässe bzw. die aus ihnen hervorgehenden Gänge in Form zartwandiger unverholzter gestreckter Zellen, deren Zahl in den Endgliedern der Reihe eine sehr geringe entsprechend der geringen Gefässbildung wird.

Während der Holztheil der Leitbündel somit eine weitgehende Reduction aufzuweisen hat und schliesslich nur auf eine kleine Gruppe von Elementen beschränkt erscheint, kann von einer Rückbildung des Siebtheiles dagegen nicht gesprochen werden. Sowohl bei denjenigen Vertretern, deren Leitbündel noch gesondert sind, als bei denjenigen mit einfachem axilen Strang, in welchem er als Ringzone entwickelt ist, zeigt der Siebtheil seine typische Differenzirung in Siebröhren nebst ihren Geleitzellen (K. Wilhelm) und in Phloëmparenchym<sup>2)</sup>, welches zwischen den ersteren in Form langgestreckter, zartwandiger Zellen gelagert ist. Die Siebröhren sind meist wohl entwickelt und springen auf Querschnitten durch ihr weites Lumen und die Form der Wände in die Augen (vergl. Fig. 35, *Potamogeton perfoliatus*);

<sup>1)</sup> Vergl. auch Frank, p. 130 ff.

<sup>2)</sup> Phloëmparenchym und Geleitzellen wurden früher (De Bary, p. 336) als Cambiform bezeichnet, welchen Ausdruck man nach Ausscheidung der Geleitzellen auf das Phloëmparenchym bezieht. Ich wähle den Ausdruck Phloëmparenchym (entsprechend Holzparenchym) weil bisher unter Cambiform sehr verschiedene Dinge verstanden worden sind.

auf Längsschnitten erkennt man die Siebplatten und die in deren Nähe auftretenden winzigen Stärkekörnchen besonders deutlich bei Zusatz von Jodlösung, erstere auch nach Färbung mit Corallin. Das Phloëmparenchym ist zartwandig und da seine Elemente den Holzparenchymzellen in den Strängen der submersen Gewächse meist gleichgestaltet erscheinen, so ist, weil beide unmittelbar aneinanderstossen, eine scharfe Abgrenzung zwischen Xylem und Phloëm in den meisten Fällen nicht möglich.

Das Phloëm gibt in den einfachen, concentrischen Strängen den Hauptbestandtheil ab im Gegensatz zu dem reducirten, axil stehenden Xylem und zeigt dadurch, sowie durch seine deutliche Differenzirung an, dass seine Function bei den submersen Gewächsen keineswegs überflüssig geworden ist.

Man hat für die einfach gebauten Leitbündel von *Aldrovandia*, *Najas*, *Vallisneria* etc. bisher angenommen, dass sie abgesehen von den lysigenen Gängen aus lauter gleichartigen Elementen, nämlich zartwandigen langgestreckten mit horizontalen oder schiefen Querwänden versehenen Zellen zusammengesetzt seien. Caspary<sup>1)</sup> führte für diese Zellen die Bezeichnung „Leitzellen, cellulae conductrices“, in seiner Arbeit über die Hydrilleen ein, weil er fand, dass sie mit Proteinstoffen dicht erfüllt sind, und glaubte, ihnen die Function der Leitung derselben zusprechen zu müssen. Später wurden die Caspary'schen Leitzellen „Cambiform“ genannt, ein Ausdruck, welcher vielfach von den Autoren<sup>2)</sup>, welche sich mit der Structur der submersen Pflanzen befassten, angenommen wurde und von Naegeli<sup>3)</sup> herrührt, der darunter ein Procambium versteht, welches ohne zu Xylem oder Phloëm zu werden, in den Dauerzustand übergegangen ist. Da sich indessen für die sogenannten Cambiformstränge bei genauerer Untersuchung herausstellt, dass überall Siebröhren vorhanden sind, so muss die Bezeichnung Leitzellen oder Cambiform für die einfachen Stränge der submersen Pflanzen fallen gelassen werden. Ich halte es für sehr unwahrscheinlich, dass unter den Leitbündeln der submersen Gewächse solche mit gänzlich fehlenden Siebröhren anzutreffen sind. Um so weniger ist in diesen Leitbündeln eine Reduction der Siebröhren zu erwarten, als letztere in der Reihe der Gewächse zuerst gerade bei im Wasser lebenden Pflanzen, gewissen Seetangen, zur Differenzirung gelangen.

Bei manchen dicotylen und monocotylen Vertretern der submersen Flora treffen wir im axilen Strang noch ein wohl entwickeltes Mark an. Die Verschmelzung der Bündel ist also hier noch nicht soweit vorgeschritten, dass die Xylemtheile sich in der Axe vereinigen, wie es bei der Mehrzahl in der That der Fall ist. Innerhalb der Gattung *Potamogeton* können wir die Reduction des Markgrundgewebes klar verfolgen. Dasselbe schwindet immer mehr und mehr, wird schliesslich zu einer dünnen, die Bündel trennenden Zone, deren Elemente die Tendenz zeigen, sich wie das zartwandige Phloëm- und Holzparenchym auszubilden. Bei den einfachst gebauten Arten endlich erscheint das Mark gänzlich unterdrückt.

Sowohl die dicotylen, als auch die monocotylen Vertreter der submersen Flora lassen sich wie schon erwähnt bezüglich des Baues der Leitbündel in je eine Reihe zusammenstellen, welche mit höher differenzirten Formen beginnt und mit einseitig angepassten und einfach gebauten abschliesst, derart, dass die Endglieder beider Reihen eine fast genau übereinstimmende Structur des axilen Stranges zur Schau tragen, ein Ergebniss, welches in letzter Linie auf dem stets nach einer bestimmten Richtung bei

<sup>1)</sup> Caspary, Hydrill. p. 383.

<sup>2)</sup> Beispielsweise von Hegelmaier, Callitr. p. 19.

<sup>3)</sup> Naegeli, p. 4. Vergl. auch Prantl, p. 315.

der phylogenetischen Entwicklung hinwirkenden Einfluss des Mediums beruht. Im Folgenden soll eine derartige Zusammenstellung der Leitbündel versucht und die Structur der letzteren im Einzelnen eingehend dargestellt werden.

#### a. Reihe der Dicotylen.

Zunächst ist für die dicotylen Vertreter zu bemerken, dass die Verschmelzung der Leitbündel zu einem axilen Strang eine so innige ist, dass die einzelnen Constituenten überhaupt nicht oder kaum noch zu erkennen sind. Eine merkwürdige Ausnahme bilden die Leitbündel von *Ranunculus aquatilis*, *fluitans* etc., welche frei im Parenchym verlaufen und überhaupt nicht verschmelzen; auf sie soll zum Schluss zurückgekommen werden. Einige Vertreter haben im Inneren des axilen Stranges noch ein deutliches Mark erhalten, welche wir daher an den Anfang unserer Darstellung setzen. Unter denselben sei zunächst erwähnt

*Peplis Portula*, welche schon einen deutlich ausgeprägten axilen Strang besitzt, in dem die Einzelbündel nicht mehr zu erkennen sind, obwohl die Pflanze amphibisch vegetierend häufiger als Landform denn als submerses Gewächs angetroffen wird. Auf die Schutzscheide folgt (Fig. 24), wenn wir den Querschnitt durch ein Internodium betrachten, zunächst nach innen eine dünne Ringzone zartwandigen Phloëms aus deutlichen, auf dem Längsschnitt bei Behandlung mit Jodlösung sofort scharf hervortretenden Siebröhren, aus deren Geleitzellen und aus zartem Phloëmparenchym bestehend, sodann ein Ring von Xylem, welcher sich in regelmässiger Weise aus kurzen, radialen Gefässreihen, die je durch eine radiale Reihe zartwandigen Holzparenchyms getrennt werden, zusammensetzt. Man bemerkt leicht, dass nach zwei gegenüberliegenden, den Blättern zugewandten Seiten die Gefässbildung am reichlichsten vor sich gegangen ist, so dass man zwei bogenförmig zusammenschliessende Gruppen von Gefässstrahlen im Ringe unterscheiden kann. Die Gefässe bilden sich von innen nach aussen, die äusseren sind Netzgefässe. An der Aussenseite des Xylems ist eine Cambiumschicht leicht erkennbar, in welcher man angelegte Gefässe erblickt. Doch hat diese Schicht nach der Streckung der Internodien wohl kaum noch Bedeutung, wie denn allgemein bei Wasserpflanzen das Cambium seine Thätigkeit bald einstellt oder überhaupt nicht nach der Differenzirung des Procambiumstranges sich ausbildet. Merkwürdiger Weise folgt nach innen von der Xylemzone bei *Peplis* eine zweite Phloëmringszone, der äusseren gleich gestaltet, in welcher auf Längsschnitten die Siebröhren ebenfalls leicht zu erkennen sind. *Peplis* leitet sich also von Formen mit bicollateralen Gefässbündeln<sup>1)</sup> ab. Im Innern wird der Strang ausgefüllt mit einem besonders bei der Landform wohl entwickelten Mark, welches bei derselben aus weitleumigen, abgerundeten Elementen mit Intercellulargängen besteht und Kalkoxalatdrusen, wie deren auch in dem Rindenparenchym zerstreut vorkommen, führt. In der Wasserform ist das Mark nicht so scharf charakterisirt, indem seine Zellen dicht ohne Bildung von Intercellulargängen zusammenschliessen und auch keine Drusen oxalsauren Kalkes zu bilden scheinen. Sie lassen sich nach aussen zu auch nicht mehr scharf von den der inneren Siebzone angehörigen parenchymatischen Elementen trennen.

<sup>1)</sup> Nach Russow, p. 66, besitzen die Lythrarier allgemein bicollaterale Leitbündel, ebenso auch *Trapa* und die übrigen Onagrarien. — Solche Bündel auch nach De Bary, p. 352, bei manchen anderen dicotylen Familien. (Myrtaceen, Melastomaceen, Cichoriaceen, Solaneen, Cucurbita etc.).

In der Wasserform sind die Gefässe an Zahl geringer, sowie auch der ganze Strang im Verhältniss dünner.

An *Peplis* reiht sich abgesehen davon, dass der innere Phloëmring fehlt, ohne Weiteres *Elatine* <sup>1)</sup>.

Bei *Elatine Alsinastrum* <sup>2)</sup> folgt auf die Schutzscheide zunächst wieder die zarte Phloëmzone, dann der Gefässring, dessen Gefässe aber nicht so regelmässig in kurze, radiale Reihen angeordnet erscheinen (Fig. 25). Die einzelnen Gefässe werden von zartwandigem Holzparenchym umgeben. Im Innern des Stranges hebt sich das Mark durch seine grösseren und weiteren langgestreckten Zellen, welche dicht zusammenschliessen, ab, ohne indessen nach aussen eine scharfe Abgrenzung gegen das zartwandige Holzparenchym zu gestatten, ebenso wenig wie auch die Grenze zwischen Phloëmparenchym und Holzparenchym eine scharfe ist, da ein Cambium im fertigen Stengel nicht zu erkennen ist. Das Mark ist bei *Elatine Alsinastrum* nicht so hoch differenzirt, wie an der Landform von *Peplis*. Am meisten nehmen die centralen Parenchymzellen Markcharakter in den Knoten an, in welchen sie kürzer und weiter sind, nach Müller <sup>3)</sup> sogar kleine Intercellulargänge zwischen sich frei lassen sollen, welche ich an meinem Material jedoch nicht auffinden konnte. Die Abbildung Fig. 25 stellt den Querschnitt durch ein dünnstengeliges, submerses Exemplar dar. Als Sumpfform erwachsen, wird die Pflanze viel dickstengelig und besitzt einen viel grösseren axilen Strang mit zahlreichen Elementen. Von den Gefässen sind die innersten Ring- oder Schraubengefässe, welche auf Längsschnitten theilweise durch die Streckung auseinander gezerzt erscheinen, die äusseren Netz- und Treppengefässe.

*Elatine hydropiper* und *hexandra* <sup>4)</sup> schliessen sich im Bau des axilen Stranges der vorigen Art an, nur ist das Mark als solches noch weniger charakterisirt, indem auch im Knoten keine Intercellulargänge mehr entwickelt werden und die Zellen desselben von den zwischen den Gefässen befindlichen zartwandigen Holzparenchymzellen kaum verschieden erscheinen.

Müller kommt auf Grund des Verlaufs der Blattspuren in Knoten und der Art der Verbindung derselben mit dem axilen Strang zu der Ansicht, dass der axile Strang von *Elatine* sich allein aus Blattspuren zusammensetzt, welche aber im Internodium nicht mehr verfolgt werden können, weil die Verschmelzung schon eine zu weitgehende ist. Bei den beiden letzten Arten, welche zweizählige Blattwirtel besitzen, gruppieren sich die Gefässe in 2 halbmondförmige Abschnitte, nach den Medianen der Blätter zu dicht unter dem Knoten und deuten also hierdurch die Blattspuren noch an. Bei *Elatine Alsinastrum* mit mehrzähligen Blattwirteln lässt sich Aehnliches erkennen.

Hier scheint sich auch die kleine *Bulliarda aquatica* nach Caspary's <sup>5)</sup> Darstellung anzuschliessen. Der axile Gefässstrang ist sehr dünn und zeigt zwei undeutliche Gruppen von Gefässen, welche grösstentheils ringförmige, selten hie und da spiralige Verdickungen haben. Die Gefässe haben nach aussen, zur Seite und zwischen sich zarte, lange Zellen, mit graulichen, feinkörnigen Proteinstoffen erfüllt. Caspary sagt von denselben: „Obgleich die zwischen den Gefässbündeln befindlichen der Lage nach

<sup>1)</sup> Vergl. Müller: Flora 1877, p. 481 ff., Tfl. VII.

<sup>2)</sup> Müller, Tfl. VII fg. 1. Abbildung des axilen Stranges im Querschnitt.

<sup>3)</sup> Müller, p. 485.

<sup>4)</sup> Müller, p. 486.

<sup>5)</sup> Caspary, Bulliarda, p. 76 u. 77. Tfl. VII. Fig. 29.

als Mark zu betrachten sind, zeigen sie im Bau und Inhalt von den nach aussen liegenden keinen Unterschied; Holz, Bast, Mark sind hier blos der Lage, nicht dem Bau nach verschieden.“ Diese zarten langen Zellen nennt er „Leitzellen“. Ohne Zweifel stellt indessen der ausserhalb der Gefässzone befindliche Ring Phloëm vor, in welchem sich sicher Siebröhren nachweisen lassen werden. Die Unterscheidung zwischen Phloëmparenchym, Holzparenchym und Mark scheint allerdings hier nur der Lage nach begründet zu sein, indem Differenzen infolge der weitgehenden Reduction nicht zur Ausbildung gekommen sind.

*Utricularia vulgaris*<sup>1)</sup> gehört gleichfalls in die Gruppe von Vertretern der submersen Flora, welche im axilen Strang noch ein deutlich differenzirtes Mark entwickeln. Indessen sind die Gefässe, wie ein Blick auf die Abbildung des Querschnitts (Fig. 26) lehrt, äusserst reducirt, nur in sehr geringer Zahl (bis 3) vorhanden und ausserdem zeigt der Strang die einzig stehende Eigenthümlichkeit, dass er dorsiventral angeordnet ist, insofern nämlich, als der Xylemtheil nach der Unterseite des schwimmenden Stämmchens zu ausgebildet erscheint. Auf die Schutzscheide folgt nach innen wie bei allen axilen Strängen zunächst die breite Ringzone von Phloëmgruppen mit deutlichen Siebröhren nebst Geleitzellen, welche sich durch kleineres Lumen abheben und von parenchymatischen Elementen getrennt werden. Der Phloëmring umschliesst einen ziemlich mächtigen Gewebekörper, welcher der Hauptmasse nach aus etwas collenchymatisch verdickten, gestreckten Parenchymzellen mit graden Querwänden und Stärke führend besteht und das Mark repräsentirt. Zwischen dieses Mark und die Phloëmzone schiebt sich nach der Unterseite zu der Xylemtheil ein, aus wenigen persistenten Ringgefässen mit umliegendem dünnwandigem Holzparenchym bestehend. Uebrigens ist auch hier die Abgrenzung von Mark nach aussen zu, von Xylemparenchym und Phloëmparenchym nicht scharf zu ziehen, da diese parenchymatischen Elemente an den Grenzen gleichgestaltet sind. Phylogenetisch könnte man sich die Dorsiventralität des Stranges durch die Annahme erklären, dass der Xylemring des normalen axilen Stanges oben und seitlich allmählich geschwunden ist und dass nur an der Unterseite eine Gruppe sich erhalten hat. Eine Cambiumschicht ist nirgends zu erkennen.

Van Tieghem<sup>2)</sup> hat die Siebröhren nicht gesehen und sagt, dass der ganze Strang abgesehen von den Gefässen, von denen er nur eines in der Mitte gesehen haben will, aus einfachen Leitzellen (Caspary) beständen, eine Ansicht, welche sich bei genauer Betrachtung der Structur nicht mehr halten lässt.

Interessant ist der abweichende Bau der Inflorescenzaxe<sup>3)</sup> sowie der Blütenstielchen von *Utricularia vulgaris*. Auf die Rinde folgt ein biegungsfester Sklerenchymring aus verdickten Bastfasern, in welchem sehr kleine zarte Phloëmbündel eingesprengt sind. An seiner Innenseite lagern sich mehrere in tangentialen Reihen geordnete Gefässgruppen im Umkreis an. Das Centrum ist ausgefüllt von Mark mit axiler Lacune. Nach van Tieghem trifft man in demselben eine kleine Anzahl von kleinen, aus einigen englumigen, langgestreckten Zellen zusammengesetzten Bündelchen, welche jedenfalls markständige kleine Phloëmgruppen repräsentiren. Die Unterschiede im Bau des submersen Stammes und der an die Luft erhobenen Inflorescenzaxe begreifen sich aus den verschiedenen Anforderungen, welche an beide gestellt werden.

Was den axilen Strang von *Utricularia minor* anbetrifft, so ist derselbe wie die ganze Pflanze viel zarter wie bei *vulgaris*, besonders bei den kleineren Formen. Das Mark ist dünnwandiger; im Xylem treffen wir häufig nur ein Gefäss an (Fig. 27), in dickeren Stämmchen auch zwei.

<sup>1)</sup> Vergl. Van Tieghem, Ann. sc. nat. 1868, p. 55 und De Bary, p. 385.

<sup>2)</sup> Van Tieghem, ibid., p. 55.

<sup>3)</sup> Van Tieghem, ibid., p. 57 und Russow, p. 67.

Im Vergleich zu *Peplis* zeichnen sich die *Utricularien* schon durch eine sehr weitgehende Umgestaltung des axilen Stranges entsprechend der ausschliesslich submersen Lebensweise aus.

Zu demselben Ergebniss gelangen wir auch durch die Betrachtung des axilen Stranges der *Callitriche*-Arten <sup>1)</sup>, welche auch in viel höherem Maasse Wasserbewohner sind als *Peplis* und *Elatine*. Der Strang umschliesst in seiner Mitte einige dünnwandige parenchymatische Zellen <sup>2)</sup>, welche als ein sehr wenig entwickeltes Mark nach Lage und Form aufzufassen sind (Fig. 28 c. u. 29). Diese Markzellen werden aber in der Regel sehr frühzeitig zu einem axilen Gang resorbirt; in den Landformen scheinen sie sich am ehesten noch zu erhalten, obwohl sie auch hier schon abgerundet und mit Intercellulargängen erscheinen. Der axile Hohlraum wird zunächst umschlossen von einem Xylemring und auf diesen folgt bis zur Schutzscheide ein Phloëmring, beide nur aus sehr wenigen Elementen bestehend und nicht scharf von einander abzugrenzen.

In dem schmalen Xylemring erkennen wir mehrere Gefässe, deren Bildung frühzeitig im Procambiumstrang beginnt. Die beiden ersten Gefässe werden nach Hegelmaier nahe der Mitte des Stranges angelegt derart, dass zwischen ihnen eine oder mehrere dünnwandige Zellen, aus denen das Mark resp. die Markhöhle hervorgeht, liegen bleiben, und derart, dass die beiden ersten Gefässe in die Medianebene des zu dem Internodium gehörigen Blattpaares zu stehen kommen. Von diesen beiden Punkten aus schreitet die Gefässbildung bei der weiteren Differenzirung des Stranges seitlich fort, so dass 2 mehr oder weniger deutliche Gefässgruppen schliesslich zu Stande kommen können; sie erreicht aber keine grosse Bedeutung, da verhältnissmässig nur wenige Gefässe gebildet werden, die meisten in den Stengeln der Landformen (ca 12), die wenigsten bei den Wasserformen. Die zuerst differenzirten Gefässe sind Ring- und Spiralfgefässe, welche bei der Streckung zu Grunde gehen und in die Bildung der axilen Höhle zum Theil mit eingehen, in welcher man ihre Reste hier und dort der Wandung anhaftend noch erkennen kann. Die axile Höhle wird von fertigen Gefässen und zwischen diesen von zartwandigem Holzparenchym begrenzt. Auch der Phloëmring erlangt keine grosse Mächtigkeit, enthält aber deutlich differenzirte, im Längsschnitt bei Behandlung mit Jodlösung sofort hervortretende Siebröhren mit ihren Geleitzellen und zwischen diesen zartwandiges Phloëmparenchym, welches gerade so gestaltet ist wie das Holzparenchym, nämlich in Form gestreckter zarter Zellen. In den Landformen (Fig. 28 c. u. 29) scheint die Phloëmzone allgemein etwas geringere Entwicklung zu erfahren, als in den Wasserformen. In Fig. 29 erkennt man aus der Form der Zellwände, dass nur etwa 4 Siebröhren, übers Kreuz stehend, in der schmalen Phloëmzone vorhanden sind. Hegelmaier <sup>3)</sup> hat im Phloëmring die Siebröhren nicht gesehen und behauptet, dass, abgesehen von den Gefässen, alle dünnwandigen Elemente Cambiform (Naegeli) oder Leitzellen (Caspary) vorstellten. Wir lassen diese Bezeichnung fallen, weil die normale Differenzirung in Holz- und Siebtheil auch hier sich nachweisen lässt, wenn auch die scharfe Abgrenzung zwischen beiden Theilen an den Berührungslinien nicht möglich erscheint.

Während bei den vorher genannten Gewächsen ein echtes Mark in der Mitte des axilen Stranges sich erhalten hat, welches allerdings bei *Callitriche* in Folge der Resorption kaum noch Bedeutung haben

<sup>1)</sup> Vergl. auch Hegelmaier, *Callitr.*, p. 13 u. Tfl. I.

<sup>2)</sup> Hegelmaier, *ibid.*, Tfl. I, Fig. 2.

<sup>3)</sup> Hegelmaier, *ibid.*, p. 13.

dürfte, sind die axilen Stränge anderer dicotyler Wasserpflanzen eines solchen verlustig gegangen, indem die Xylemgruppen der in die Verschmelzung des axilen Stranges im Laufe der phylogenetischen Entwicklung eingegangenen Einzelbündel sich zu einem einzigen axilen Körper vereinigt haben. Jedoch ist für *Hippuris*, *Myriophyllum* und *Hottonia* zu bemerken, dass, obwohl die ersten Gefässe in der Axe angelegt werden, doch im fertig gebauten Stengel die Gefässe eine Ringzone bilden, welche ein parenchymatisches markähnliches Gewebe einschliesst. In demselben wurden die anfangs dort vorhandenen Gefässe resorbirt. Wir müssen es logisch als Holzparenchym bezeichnen, obwohl es die Form eines Markes angenommen hat.

An die Spitze dieser dicotylen Wassergewächse wollen wir wieder eine amphibische Pflanze stellen, welche wie *Peplis* häufiger als Landform denn als submers fluthende angetroffen wird.

Im ausgebildeten Strang von *Hippuris vulgaris*<sup>1)</sup> unterscheiden wir zunächst innerhalb der Schutzscheide wiederum den Phloëmrings, welcher aus englumigem, ziemlich derbwandigem Phloëmparenchym mit eingestreuten, dünnwandigen Siebröhren nebst ihren Geleitzellen besteht. Sodann folgt ein mehrschichtiger Xylemring mit zahlreichen Gefässen, zu äusserst Netzgefässe, nach innen Schrauben- und Ringgefässe, getrennt durch dünnwandiges Holzparenchym. Der Gefässring umschliesst nun ein ziemlich grosses, parenchymatisches, dünnwandiges, als Mark erscheinendes Gewebe, welches, wie schon erwähnt, als Holzparenchym aufzufassen ist<sup>2)</sup>, weil in der Stammknospe etwa unter dem viertjüngsten Blattwirtel im Procambiumcylinder die ersten Gefässe in Form einer kleinen Gruppe von Ring- resp. Schraubengefässen genau in der Axe differenzirt werden. „Dann folgen, nach Strasburger, Schraubengefässe, welche von den centralen durch dünnwandige Zellen getrennt erscheinen. An der Aussenseite dieser setzt sich der Vorgang in derselben Weise, mit Uebersprungung dünnwandiger Elemente fort. Während an der Aussenseite Gefässe hinzukommen, werden die im Inneren gelegenen bis zur Unkenntlichkeit gedehnt und ihre Verdickungsleisten schliesslich resorbirt. Nur die unverdickten Elemente bleiben erhalten. So kommt das centrale markartige Gewebe zu Stande, das wir im fertigen Stengel von einem Gefässring umgeben sehen.“

Trotzdem dass der ganze Strang in Wirklichkeit als ein einfaches centrales Gefässbündel erscheint, muss er phylogenetisch doch als ein contrahirtes Leitbündelsystem aufgefasst werden.

*Myriophyllum*<sup>3)</sup> ist bezüglich der Structur des axilen Stranges an *Hippuris* ohne Weiteres anzureihen, indem wir hier innerhalb des Gefässringes, welcher in Folge der submersen Lebensweise im Vergleich zu *Hippuris* bedeutend weniger Gefässe zählt, ein markähnliches Gewebe antreffen, welches aber auch als Holzparenchym aufzufassen ist. Die zuerst gebildeten Gefässe erscheinen genau in der Axe des Procambiumcylinders<sup>4)</sup>, die Gefässbildung schreitet nach aussen vorwärts, indem gleichzeitig die erst gebildeten resorbirt werden. Interessant verhält sich *Myriophyllum* bezüglich der Differenzirung des Phloëmrings, in welchem sich nämlich, wie Vöchting zuerst nachgewiesen, in der Regel deutliche abge sonderte Phloëmgruppen unterscheiden lassen<sup>5)</sup>, während dagegen die Gefässe keine Unterscheidung in Gruppen mehr gestatten. Die Phloëmbündel enthalten Siebröhren; sie sind unter sich durch parenchymatisches,

<sup>1)</sup> Sanio, Bot. Ztg. 1865, p. 184 ff. — Russow, p. 66. — Strasburger, p. 186 u. 250.

<sup>2)</sup> Siehe Strasburger, p. 250.

<sup>3)</sup> Russow, p. 66. — Vöchting, p. 4 ff. Thl. IV, Fig. 1 u. 2, Thl. VI, Fig. 15 u. 16.

<sup>4)</sup> Vöchting, Thl. VI, Fig. 15.

<sup>5)</sup> Vöchting, Thl. VI, Fig. 16 u. Thl. IV, Fig. 2.

dem zartwandigen Holzparenchym gleiches Gewebe getrennt, welches seiner Lage nach als Homologon von Markstrahlen aufzufassen sein dürfte. Vöchting hat genau den Verlauf der Phloëmbündel in die Blattleitbündel verfolgt, bezüglich dessen auf seine Arbeit verwiesen wird. Es sind im Querschnitt doppelt so viel Bündel zu sehen als Blätter in den Quirlen vorhanden sind, also entweder 8 oder 10, da die Quirle 4 oder 5 zählig sein können. Diese gesonderten Phloëmbündel deuten die Einzelleitbündel an, aus denen der Strang durch Verschmelzung hervorging.

*Myriophyllum* bildet Landformen, welche dieselbe Strangstructur wie die Wasserformen bewahren, aber mehr Gefässe zur Ausbildung bringen.

*Hottonia palustris*<sup>1)</sup> gehört ebenfalls hierher, nur verschmelzen die Phloëmgruppen zu einer einheitlichen Ringzone (Fig. 30). Die Gefässe stehen in unterbrochenem Ring und umgeben das markähnliche Holzparenchym, in dessen Centrum die ersten Gefässe angelegt wurden. Bei der Resorption derselben in Folge der Streckung der Internodien treten an ihre Stelle unregelmässig begrenzte Interzellularlücken, welche mehr oder weniger von dem Parenchym verdrängt werden, zum Theil sich aber noch erhalten, wie aus der Abbildung ersichtlich ist.

Das Phloëm besitzt deutliche Siebröhren, das Xylem anfangs Ring- und Schraubengefässe, dann Netzgefässe. In älteren Stengeln wird ein nur sehr kurze Zeit thätiges Cambium zwischen Phloëmring und Xylemkörper angelegt.

Die Endformen in der Reihe der dicotylen submersen Gewächse stellen *Aldrovandia* und *Ceratophyllum* vor, bei welchen das Mark ebenfalls völlig verschwunden ist und im fertigen Stengel ausserdem gar keine Gefässe mehr angetroffen werden.

*Aldrovandia vesiculosa*<sup>2)</sup> lässt innerhalb der Schutzscheide, welche hier nur der Lage nach als innerste Rindenschicht charakterisirt ist und nicht die bekannten verkorkten Streifen zeigt, zunächst eine breite Phloëmringszone mit eingestreuten Siebröhren erkennen (Fig. 31). Letztere treten auf Längsschnitten sofort bei Behandlung mit Jodlösung hervor und sind von Caspary, welcher die Zellen des Stranges alle als Leitzellen bezeichnet, übersehen worden. Die Phloëmzone umschliesst eine Gruppe von parenchymatischen Zellen, welche ihrerseits im ausgebildeten Internodium einen axilen Gang umgeben. Derselbe verdankt seine Entstehung der baldigen Resorption einer ursprünglich im jungen Stengel angelegten axilen Gruppe von 8—9 Ringgefässen. Auf Quer- und Längsschnitten bemerkt man hie und da der Wandung des Ganges anhaftend noch die Ringe der im Uebrigen zerstörten Gefässe, welche im Knoten auf kurze Strecken erhalten bleiben und hier den Gang vertreten. Die den Gang umgebenden zartwandigen langgestreckten Zellen sind als letzter Ueberrest des Holzparenchyms anzusehen. Eine scharfe Abgrenzung der centralen Xylemparthie gegen die Phloëmzone ist indessen nicht möglich, da die parenchymatischen

---

<sup>1)</sup> Russow, p. 66 u. Kamienski, Primul., p. 212 u. Tfl. IX, Fig. 13. (Abbildung des Querschnitts durch einen jungen aber schon differenzirten Strang.)

<sup>2)</sup> Caspary, Bot. Ztg. 1862, p. 195, Tfl. VII, Fig. 25. — Die Angaben von Chatin in Bull. soc. bot. France 1858 sind sehr ungenau. Er hat die Luftgänge des Rindenparenchyms für Gefässe angesehen!

Elemente der letzteren dem Holzparenchym gleichgestaltet sind. Der mit Flüssigkeit erfüllte axile Gang vertritt im fertigen Stamm die Gefässe, aber es fragt sich, ob er für die Zuleitung von Wasser und Salzen zu der wachsenden Region von irgend einer Bedeutung ist, es fragt sich ferner, ob auch die früh zerstörten Gefässe eine solche haben oder nicht. Die Pflanze wächst ausschliesslich submers und kann also nicht transpiriren. Bemerkenswerth erscheint die bedeutende Entwicklung der Siebzone gegenüber der Reduction des Xylems. Da erstere gerade so differenzirt ist wie auch bei typischen Landpflanzen, so ist bei ihr von einer Reduction nicht die Rede. Die Siebröhren scheinen auch bei ausschliesslich submersen Gewächsen ihre Function, sei es als Eiweissleiter oder sei es eine andere, unverändert zu erfüllen.

*Ceratophyllum*<sup>1)</sup> endlich zeigt die weitgehendste Umgestaltung, insofern, als zu keiner Zeit ring- oder spiralförmige Verdickungen im Strange zu erkennen sind. Das ausgebildete Internodium besitzt aber auch hier wie bei *Aldrovandia* einen axilen Gang (Fig. 32), welcher durch Resorption einer kleinen Gruppe, nicht von Gefässen, sondern von englumigen, zartwandigen Procambiumzellen nach Sanio<sup>2)</sup> hervorgeht. Offenbar sind diese Elemente der Ringgefässgruppe von *Aldrovandia* homolog zu setzen, mit dem Unterschiede, dass die Resorption schon eintritt, bevor irgend welche Verdickungen sich gebildet haben. Der Gang wird umgeben von einer Zone etwas collenchymatisch verdickter, stärkehaltiger, markähnlich aussehender, gestreckter Parenchymzellen, welche als Holzparenchym aufzufassen sind. Sodann folgt kaum scharf abgegrenzt, bis zur Schutzscheide reichend eine sehr mächtige Zone von Phloëm mit sehr grossen Siebröhren, die etwa in 2 Reihen angeordnet erscheinen. Jede Siebröhre ist von einer sehr deutlichen kleinen Geleitzelle begleitet, welche offenbar durch Längstheilung aus derselben Mutterzelle wie die Siebröhre hervorging. Zwischen den Siebröhren befindet sich kleinzelliges Phloëmparenchym. Die Siebröhren sind von Sanio für Gänge gehalten worden.

Mit concentrirter Schwefelsäure oder mit schwefelsaurem Anilin behandelt, reagiren alle Wandungen der Zellen des axilen Stranges nur auf Cellulose. Verholzung tritt nirgends ein.

Die submersen Arten der Gruppe *Batrachium* unter den *Ranunculus* Arten bilden bezüglich der Anordnung der Stammleitbündel eine bemerkenswerthe und nicht recht zu erklärende Ausnahme im Vergleich zu den übrigen submersen Gewächsen, mit denen sie in ihrer äusseren Gestaltung, in der Blattstructur, sowie im biologischen Verhalten so viele gemeinsame Züge haben. Die Leitbündel verschmelzen nämlich nicht zu axilen Strängen, sondern verlaufen getrennt im Stengel.

Die Internodien von *Ranunculus aquatilis*, *fluitans*, *divaricatus* werden in den typischen Wasserformen von einem im Centrum befindlichen, aus dem Markgrundgewebe durch Zerstörung der Zellen bei der Streckung hervorgehenden Luftcanal durchzogen, während in den Landformen eine Marklacune nicht zur Entwicklung kommt. Etwa in der Mitte zwischen Epidermis und Markhöhle verlaufen im Parenchym regelmässig vertheilt die Einzelleitbündel, deren Zahl eine verschiedene sein kann. Bei *R. divaricatus*

<sup>1)</sup> Sanio, Bot. Ztg. 1865, p. 192. — De Klercker, p. 5, Tfl. I, Fig. 1. Querschnittszeichnung.

<sup>2)</sup> Sanio, Bot. Ztg. 1865, p. 192. — Vergl. auch Frank, p. 142.

zählt man in der Regel in dem dreikantigen Stengel 3 Leitbündel, auch wohl 4 durch Gabelung des einen, bei *R. aquatilis* sah ich in dünnstengeligen Formen nur 4, in dickstengeligen 5—7, ebenso bei *R. fluitans*, während die Landformen der beiden letzten Arten 3 Bündel besitzen.

Das einzelne Leitbündel hat überall sehr übereinstimmenden collateralen Bau und gleicht bis ins Einzelne dem normalen Leitbündel einer monocotylen Pflanze. Nach aussen zu sehen wir einen wohl entwickelten zarten Siebtheil (Fig. 33 u. 34), nach innen dagegen den Xylemtheil, bestehend aus wenigen Gefässen, zartwandigem Holzparenchym und durchzogen von einem (oder auch zwei, Fig. 33) lysigen entstehenden Gang, welcher durch Zerstörung der zuerst angelegten Ringgefässe unter gleichzeitiger Ausweitung gebildet wird. Reste dieser Gefässe erblickt man in Form von einzelnen Ringen hie und da im Gange. Die Leitbündel bestehen verhältnissmässig nur aus wenigen Elementen und erfahren kein nachträgliches Dickenwachsthum, da das Cambium, welches man in einzelnen Bündeln (Fig. 33) noch erkennen kann, sehr bald seine Thätigkeit einstellt.

Die Anzahl der Gefässe schwankt. Am geringsten ist sie bei *R. divaricatus*, welcher fast nur submers mit lauter untergetauchten Blättern vegetirt (Fig. 34). Bei Formen von *R. aquatilis* mit Schwimmblättern steigt ihre Zahl, ebenso bei den Landformen.

Die das Leitbündel umgebenden Zellen zeichnen sich durch kleineren Durchmesser als die Parenchymzellen aus und sind bei *R. divaricatus* und in dünnstengeligen Formen von *R. aquatilis* nicht verdickt und auch nicht verholzt, in dickstengeligen Formen und in Landformen dagegen verdicken und verholzen sie ihre Membran und stellen eine Scheide dar, welcher aber keine grosse mechanische Bedeutung zugeschrieben werden kann. An den Seiten bleiben einzelne Zellen unverdickt und bezeichnen sog. Durchgangsstellen für den Säfteverkehr.

### β) Reihe der Monocotylen.

In sehr instructiver Weise lässt sich bei den monocotylen submersen Gewächsen die Phylogenie des einfachen, typischen, axilen Stranges verfolgen, denn es vollzieht sich innerhalb einer einzigen vielgestaltigen Gattung die Umwandlung des aus mehreren Einzelbündeln bestehenden, grossen axilen Leitbündelkörpers stufenweise bis zu einem einfachen concentrischen Strange. Die Gattung *Potamogeton* ist es, welche uns diese interessante Uebergangsreihe vor Augen führt. Sie umfasst auf der einen Seite schwimmende Arten, mit breiten, eiförmigen, lederartigen Schwimmblättern und reichen Blütenähren, auf der andern Seite typisch submerse mit schmalem grasartigen Laub, dünnen Stengeln und armlüthigen Inflorescenzen, dazwischen aber intermediäre Formen, welche zum Theil noch breite submerse, aber zarthäutige Blattspreiten besitzen und die Abstammung von den schwimmenden Formen verrathen, auch im Bau des axilen Leitbündelsystems sich von diesen nicht unterscheiden, zum Theil aber schon schmalere Blätter und auch einen einfacheren Strang ausbilden. Je mehr sich letztere den typischen schmalblättrigen nähern, um so weiter ist die Verschmelzung der bei den höchsten Arten noch völlig getrennten Bündel zu einem einheitlichen Gebilde vorgeschritten.

*Potamogeton perfoliatus*<sup>1)</sup> besitzt einen sehr dicken axilen Leitbündelstrang, welcher die einzelnen ihn constituirenden Bündel innerhalb der gemeinsamen Schutzscheide klar hervortreten lässt, weil dieselben noch durch ein sehr entwickeltes Markgrundgewebe von einander getrennt sind. Ueberhaupt schliesst sich diese Art enge an den mit schwimmenden Blättern versehenen *P. natans*<sup>2)</sup> an. Umgeben wird das Strangsystem von einer kleinzelligen, dickwandigen, sich deutlich vom übrigen Rindenparenchym abhebenden Schutzscheide. An dieselbe lagern sich nach Innen im Umkreis 8 Einzelbündel, drei kleinere jederseits, 2 grössere dazwischen in der Medianebene der zweizeilig abwechselnden Blätter. Von den 2 grösseren ist eines sehr entwickelt, es besitzt 3 Phloëmtheile und repräsentirt 3 verschmolzene Blattspurbündel, welche im nächst oberen Internodium frei verlaufen und dann in das zu demselben gehörige Blatt einbiegen. Das diesem grösseren Bündel gegenüberstehende geht als Medianbündel und das äusserste der 3 kleinen Bündel rechts und links als Seitenbündel in das zu dem Internodium selbst gehörige Blatt. Die 4 übrigen in den Ecken gelagerten Leitbündel des axilen Stranges sind stammeigene. Uebrigens kommen Variationen durch Theilung resp. Verschmelzung von Bündeln vor, welche bei diesen wie auch bei andern Arten davon herrühren, dass die Blattspuren sich nicht immer in gleicher Höhe vereinigen.

Jedes einzelne Bündel hat nun einen sehr einfachen und typischen Bau (Fig. 35). Zunächst ist der Xylemtheil reducirt, indem die ursprünglich in ihm angelegte Gefässgruppe zu einem grossen Intercellulargang, welcher mit Flüssigkeit angefüllt erscheint, resorbirt worden ist. Nur im Knoten, wo alle Zellen verkürzt sind, bleiben die Netz- und Spiraltracheiden, durch zarte Verdickungen ausgezeichnet, erhalten, während im Internodium im Gange hie und da einzelne Ringe oder Spiralstücke der Wandung anhaftend die Entstehung des Ganges aus Gefässen verrathen. Der Gang gewinnt durch tangentielle Theilungen der ihn umgebenden Zellen ein ziemlich bedeutendes Lumen. Diese letzteren Zellen sind zartwandig, langgestreckt, führen gewöhnlich feinkörnige Stärke und stellen, wie vielleicht auch die nächst benachbarten gleichgestalteten Zellen das Holzparenchym vor, welches aber gegen den nach aussen hin liegenden Phloëmtheil wie überhaupt in den Leitbündeln der submersen Pflanzen keine scharfe Abgrenzung gestattet. Der zartwandige Siebtheil besitzt eine so typische Entwicklung, wie ein Blick auf Fig. 35 lehrt, dass von einer Reduction nicht im Mindesten die Rede sein kann. Die Siebröhren charakterisiren sich sofort auf Quer- und Längsschnitten durch ihr weites Lumen und die deutlichen Siebplatten, sie sind von Geleitzellen umgeben, die im Querschnitt von eigenthümlicher eckiger zusammengedrückter Form erscheinen. Sparsam ist dazwischen Phloëmparenchym entwickelt. In dem Bündel Fig. 35 zählt man ohne Mühe 9 Siebröhren. Das grösste Bündel des Stranges hat 3 solcher Siebtheile in Folge der Verschmelzung aus 3 Einzelbündeln, deren Xylemtheile sich vereinigten und einen gemeinsamen grossen lysigenen Gang ausbildeten, während die Phloëmtheile durch ihre Lage und durch seitlich eindringendes Grundgewebe noch ziemlich scharf getrennt blieben. Ueberhaupt scheint, wie wir auch bei *P. pusillus* noch sehen werden, die Verschmelzung der Bündel sich zunächst auf das Xylem zu richten.

Jedes Bündel wird von einem schmalen, unterbrochenen Belag aus englumigen, dickwandigen Bastfasern, besonders in den Ecken, umgeben. Auch zwischen Schutzscheide und Phloëm schieben sich solche Fasern ein.

<sup>1)</sup> Scheifers, p. 23. — Scheifers bezeichnet die Holzparenchymzellen, welche die Xylemgänge umgeben, als Langzellen.

<sup>2)</sup> De Bary, p. 382, Fig. 170. Abb. des Stranges im Querschnitt.

Das schwach collenchymatisch verdickte Grundgewebe (Fig. 35 mp), welches die Einzelbündel trennt, ist wohl entwickelt und nimmt hier noch den grössten Theil des Stranges ein. Es besteht aus weitem gestreckten Elementen mit graden Querwänden, entwickelt ziemlich grosse Intercellularräume und enthält reichlich grosskörnige Stärke.

Während in den Laubsprossen die Leitbündel schon zu einem axilen Körper zusammentreten, hat sich die Verschmelzung noch nicht auf diejenigen der Inflorescenzaxen ausgedehnt, deren Bündel alle vollständig getrennt im lacunösen Parenchym ohne gemeinsame Scheide verlaufen. Dieser Unterschied zwischen Laub- und Blütenaxen wiederholt sich in mehr oder minder ausgeprägter Weise auch bei den übrigen Arten und ist vielleicht in den verschiedenen mechanischen Anforderungen an beide Organe begründet.

*Potamogeton nitens*, mit submersen breitlanceolirten Blättern, nähert sich im Bau des Stranges der vorhergehenden Art, aber die Einzelbündel sind hier schon nahe zusammengedrückt, das Grundgewebe gibt nicht mehr den Hauptbestandtheil ab. Der Stengel erscheint seitlich etwas zusammengedrückt und dementsprechend hat auch das Bündelsystem elliptische Querschnittsform. Wir zählen wie bei *P. perfoliatus* für gewöhnlich 8 Einzelbündel, darunter ein dreitheiliges, indessen sind Variationen häufig in Folge von Verzweigung oder Vereinigung. In Fig. 36 beispielsweise sind 10 Bündel vorhanden, wovon eines (rechts unten) die Zweitheilung des Xylemganges zeigt. Die Schutzscheide ist kleinzellig, dickwandig und verstärkt sich da, wo die Leitbündel sich anlegen, noch durch eine Lage von Bastfasern. Die einzelnen Bündel sind wie bei *P. perfol.* gebaut, dagegen das Grundgewebe nur in Form schmaler, die Bündel trennender Zonen entwickelt (Fig. 36, mp.). Man erkennt seine Zellen an dem weiteren Lumen, der grobkörnigen Stärke und der etwas verdickten Wandung, während die eigentlichen Leitbündelelemente alle zartwandig bleiben. Intercellulargänge kommen nicht mehr zur Ausbildung. Hier und da, besonders in den Ecken der Bündel, treten im Grundgewebe Bastfasern auf.

*Potamogeton crispus*<sup>1)</sup> vermittelt den Uebergang zu denjenigen Arten, in deren axilem Strang nur mehr 3 Leitbündel, ein grösseres mittleres mit 2 Phloëmgruppen und je ein seitliches mit je einer Phloëmgruppe, erhalten blieben. Die Zusammensetzung des Stranges von *P. crispus* variirt ziemlich bedeutend, stets aber können wir 3 Bündelgruppen unterscheiden, nämlich eine mittlere und 2 seitliche, in der Transversale des zum Internodium gehörenden Blattes gelegene. Die mittlere Bündelgruppe des im Querschnitt elliptischen Stranges lässt nach innen zu in dicken Stengeln 2 Xylemgänge nahe der Mitte in der Mediane beisammenliegend erkennen (Fig. 37); im Umkreise lagern sich Phloëmgruppen, von denen 3, nämlich eine der Schutzscheide anliegende und 2 seitliche, zu dem grösseren der beiden Xylemgänge zugerechnet werden müssen und mit diesem ein aus 3 Bündeln verschmolzenes grösseres Bündel vorstellen, während nach aussen von dem kleineren medianen Xylemgang nur eine Phloëmgruppe anzutreffen ist, welche mit diesem ein einfaches Bündel bildet. In der Mediane liegt somit ein einfaches und ein 3theiliges mit gemeinsamem Holztheil, beide sind nahe zusammengedrückt und stossen schon unmittelbar mit ihren Holztheilen in der Mitte zusammen, während die Phloëmtheile durch seitlich eindringendes Markgrundgewebe noch eine gewisse Selbstständigkeit sich erhalten haben. Nicht selten, namentlich in dünnstengeligen

<sup>1)</sup> Die Darstellung von Falkenberg, pg. 21, zum Theil nicht richtig. — Vergl. Scheifers pg. 24, dessen Angaben nach Obigem ergänzt werden müssen.

Schenck, Vergl. Anatomie der submersen Gewächse.

Exemplaren, tritt nun eine wirkliche Verschmelzung der Xylemtheile der beiden medianen Bündel ein, so dass nur ein einziger grosser axiler Canal mit unliegendem, zartwandigem Holzparenchym zur Entwicklung kommt, wobei aber die Phloëmtheile als solche noch einigermaßen abgegrenzt bleiben.

Zu beiden Seiten wird die mittlere Bündelgruppe begrenzt von dickwandigem, grobkörnige Stärke führendem Markgrundgewebe in Form einer etwa 3schichtigen Querzone, welche bis an die kleinzellige dickwandige Schutzscheide beiderseits heranreicht. Rechts und links von diesem Gewebe folgt dann je eine seitliche Bündelgruppe, welche in dickeren Stengeln aus 3 Leitbündeln mit 3 Xylemgängen und drei Phloëmgruppen hervorgegangen ist. Diese 3 Leitbündel können in verschieden hohem Grade verschmelzen, so dass in den einfachsten Fällen jederseits nur 1 Xylemgang und 2 kaum abgegrenzte Phloëmtheile sich erhalten. In Fig. 37 beispielsweise besteht das Bündel rechts aus 2 nahe zusammengedrängten Holztheilen und 2 zugehörigen Phloëmtheilen, links dagegen ist nur 1 Holztheil mehr vorhanden.

Wir constatiren also bei *P. crispus* in den complicirtesten Fällen noch eine ähnliche Strangzusammensetzung wie bei *P. perfoliatus*, in den einfachsten dagegen eine solche, wie sie bei den folgenden Arten *P. lucens*, *acutifolius* etc. ungefähr wiederkehrt.

Im Einzelnen sind die Elemente der Einzelbündel genau ebenso differenzirt wie bei den schon besprochenen Arten. Die Zellen, welche die Xylemgänge umgeben, zartwandig und langgestreckt erscheinen, fassen wir als Holzparenchym auf, welches mit dem Gang den sehr reducirten Holztheil vorstellt. Wir sehen auch hier wieder, dass die Verschmelzung zunächst die Holztheile betrifft und dann erst die Phloëmgruppen.

*Potamogeton lucens* (Fig. 38) lässt ebenfalls eine mittlere Bündelgruppe in der Mediane erkennen und rechts und links davon durch Grundgewebe getrennt je ein seitliches Bündel, so dass die Querschnittsform auch eine Ellipse vorstellt.

Das mittlere Bündel hat einen einzigen grossen Xylemgang im Centrum, umgeben von Holzparenchymzellen. Nach aussen legen sich in der Mediane bis zur Schutzscheide reichend und von dieser nur durch eine Gruppe mehr oder weniger verdickter Fasern getrennt, an diesen centralen Holztheil zwei grosse Phloëmgruppen, während die beiden seitlichen Bündel einfache sind, mit 1 Xylemgang und 1 halbmondförmigen Siebtheil versehen. Uebrigens beobachtet man auch Fälle, wo in der mittleren Bündelgruppe 2 centrale, nahe zusammenliegende Xylemgänge vorhanden sind und in den seitlichen Bündelgruppen ebenfalls Theilungen eintreten, wenn nämlich die Blattspuren auf längere Strecke ihre Selbstständigkeit bewahren. Zum Unterschiede von *Pot. crispus* sind also hier schon die beiden seitlichen Phloëmgruppen des mittleren Bündels ganz verschwunden. Wir erkennen die Tendenz zu einer concentrischen einheitlichen Ausbildung des gesammten Stranges, welche hier in der Medianebene sich schon vollzogen hat. Wir werden bei den folgenden Arten sehen, dass auch in der Transversalebene ein Zusammenrücken der Bündel allmählich eintritt und dass mit dem Schwinden des Markgrundgewebes die Xylemtheile sich zu einem einzigen centralen vereinigen und dass endlich auch das Phloëm in Form einer einzigen Ringzone um diesen centralen Xylemtheil mit seinem einzigen axilen Gange ausgebildet erscheint.

Das Grundgewebe ist bei *P. lucens* zartwandig, verdickt sich aber in ganz alten Stengeln etwas; seine Zellen sind zweilumig, führen reichlich Stärke und lassen winzige Intercellulargänge in den Kanten erkennen. Zwischen Grundgewebe und Xylem schieben sich in dem grösseren Durchmesser des Stranges Gruppen von wenig verdickten Bastfasern ein. Die Schutzscheide wird u-förmig verdickt.

Schon bei *Potamogeton densus*<sup>1)</sup> (Fig. 39), dessen Strang sich durch Zartwandigkeit aller Elemente, auch der Schutzscheide, auszeichnet, sind die seitlichen Bündel von dem mittleren kaum geschieden. Bei genauem Zusehen und bei dem Vergleich mit der vorhergehenden Art jedoch wird man noch eine Zellschicht erkennen können, welche der Lage nach dem Grundgewebe entsprechen muss, obgleich ihre Zellen im Querschnitt sich durch nichts von den Holz- und Phloëmparenchymzellen unterscheiden (Fig. 39 mp.). Auf dem Längsschnitt dagegen treten diese Zellen schärfer als Grundgewebe hervor durch ihre Kürze und durch ihre graden Querwände. Dagegen erscheinen in der Inflorescenzaxe die Einzelbündel in dem axilen Körper schärfer gesondert, ähnlich wie bei *P. lucens* im Stamm durch weithlumigeres Grundgewebe zwischen den mittleren und den seitlichen Bündelgruppen.

Der Strang von *Potamogeton acutifolius*<sup>2)</sup> (Fig. 40) hat noch dieselbe Zusammensetzung wie bei *P. lucens*, ist aber in allen Theilen geringer entwickelt, was die Zahl der Elemente betrifft, aus denen er besteht. Der schmale Strang hat im Querschnitt Ellipsenform. Er wird von einer sehr dickwandigen, festen Schutzscheide umschlossen. Das mittlere Bündel mit seinem centralen Xylemgang und seinen beiden Phloëmtheilen erscheint von den kleinen seitlichen Bündeln scharf abgegrenzt durch je eine Zone von stark verdickten langgestreckten Zellen an Stelle des zarten Grundgewebes des *Pot. lucens*, welche als letzter Ueberrest des Markgrundgewebes aufgefasst werden müssen. In der Inflorescenzaxe von *Pot. acutifolius* verlaufen die 3 Bündel, von Bastscheiden umgeben, völlig getrennt nahe der Mitte im Grundgewebe.

Schreiten wir jetzt noch eine Stufe abwärts, so tritt uns in dem axilen Strang von *Potamogeton pusillus*<sup>3)</sup> (Fig. 41) ein Gebilde entgegen, welches im Vergleich zu *P. perfoliatus* eine ausserordentliche Vereinfachung zur Schau trägt. Die beiden seitlichen Bündel sind durch Schwinden des Grundgewebes resp. der Bastgruppen mit dem mittleren verschmolzen. Nur ein einziger axiler Xylemgang ist vorhanden, indessen bleiben die Phloëmgruppen der Seitenbündel noch als solche zu erkennen, indem sich zwischen sie und die mittleren Phloëmgruppen von der Schutzscheide aus bis an das Holzparenchym des centralen Xylems noch einige wenig verdickte Fasern einschieben, so dass 4 gesonderte Phloëmgruppen sich erhalten. Gerade der Strang der genannten Art verdient besonders Interesse als letzter Uebergang zu demjenigen von

*Potamogeton pectinatus* (Fig. 42a), welcher, von kreisrundem Querschnitt, eine vollkommen concentrische Anordnung seiner Elemente eintreten lässt. Innerhalb der Schutzscheide, welche bei einer untersuchten grossen Varietät zartwandig oder schwach verdickt erschien, gewöhnlich sich aber stark u-förmig verdickt, bemerken wir eine breite Ringzone von zartem Phloëm, mit Siebröhren und Geleitzellen wie bei den höchst entwickelten Strängen der *Potamogetonen*, in der Axe sodann einen grossen, lysigen durch Resorption der anfangs angelegten Ringgefässe entstandenen Xylemgang, umgeben von einer Schicht zartwandigen Holzparenchyms, welches auch hier gegen das Phloëmparenchym keine scharfe Abgrenzung gestattet. Wir treffen also hier auf dieselbe Structur des axilen Stranges wie bei *Aldrovandia* und *Ceratophyllum* unter den dicotylen Vertretern der submersen Flora und constatiren wiederum das

<sup>1)</sup> Vergl. Scheifers, pg. 22.

<sup>2)</sup> Vergl. auch Scheifers pg. 20.

<sup>3)</sup> Vergl. Scheifers, pg. 16, welcher indessen die Abgrenzung der 4 Phloëmgruppen übersehen hat.

Ueberwiegen des Phloëms in dem Strange, welches entschieden seine Differenzirung und damit auch seine Function bewahrt, während es zweifelhaft erscheint, ob der axile Xylemgang wirklich noch von Bedeutung für die Leitung von Wasser resp. Salzen ist.

Dicht unter dem folgenden Knoten spaltet sich das Blattleitbündel ab, indem zunächst der axile Canal sich in zwei Gänge theilt (Fig. 42b), während der Phloëm noch einheitlich erscheint.

Die ebenfalls zu den *Potameen* gehörige *Zannichellia* besitzt die gleiche Structur des axilen Stranges wie *Potamogeton pectinatus*. Der axile Canal entsteht durch Resorption transitorischer Spiralgefäße<sup>1)</sup>, welche in den obersten Stengelknoten sich noch erhalten und in die Leitbündel für abgehende Blätter, Zweige und Wurzeln eine Strecke weit sich hineinziehen. Weiter abwärts aber scheinen die Gefäße auch in den Knoten resorbirt zu werden.

Das Bündel ist sehr dünn, lässt jedoch die Phloëmzone mit ihren Siebröhren deutlich erkennen (Fig. 43.)

Der axile Strang unserer Arten von *Najas* und *Caulinia* reiht sich nach der Beschreibung desselben von Magnus<sup>2)</sup> ohne Weiteres an *Zannichellia* an. Er wird in seiner Mitte von einem Canal durchzogen, welcher von einem Kranze relativ grosslumiger Zellen gleichmässig umgeben wird, eine eigene ihn auskleidende Membran besitzt und durch Auflösung einer Reihe von Meristemzellen unter gleichzeitiger Ausweitung durch tangentielle Theilungen der ihn umgebenden Zellen entsteht. Im Knoten unterbleibt jedoch die Resorption der Zellreihe. Offenbar sind diese Meristemzellen weiter nichts, wie die Anlage eines axilen Gefässes, dessen Querwände schon der Zerstörung verfallen, bevor die Wandverdickungen eintreten, während dagegen bei *Zannichellia* und *Potamogeton pectinatus* die Bildung derselben sich noch erhalten hat. Dementsprechend sind die den Canal direct umgebenden Zellen als Holzparenchym aufzufassen, welche mit ihm den Holztheil des concentrischen Bündels bezeichnen. Magnus gibt an und ebenso auch Frank<sup>3)</sup>, dass, abgesehen von dem Canal, alle Elemente des Stranges langgestreckte, zartwandige Zellen seien, auf welche also der Caspary'sche Ausdruck „Leitzellen“ oder der Nägeli'sche „Cambiform“ angewendet werden konnte. Indessen zweifle ich nicht daran, obgleich mir *Najas* zur Untersuchung nicht zu Gebote stand, dass die zwischen der Schutzscheide und den Canalwandungszellen gelegene Zone dünnwandiger Elemente eine Phloëmzone vorstellt, zumal in der Magnus'schen Querschnittszeichnung des Stranges von *Najas major* gewisse Zellgruppen zu bemerken sind, deren Deutung als Siebröhren und Geleitzellen unzweifelhaft erscheint. Auch bei *Elodea*, *Callitriche*, *Ceratophyllum* etc. lässt sich das Vorhandensein von Siebröhren leicht constatiren, obwohl man früher auch für diese Stränge die Zusammensetzung aus Cambiform annahm.

Wir hätten demnach bei *Najas* die nämliche Structur des ausgebildeten Stranges wie bei *Ceratophyllum*, und *Najas* verhält sich zu *Zannichellia* wie *Ceratophyllum* zu *Aldrovandia*, von denen ersteres gleichfalls keine Wandverdickungen in denjenigen Zellen ausbildet, welche den Gefässen entsprechen und zu dem axilen Canal resorbirt werden. Sowohl die dicotylen, als auch die monocotylen Endglieder der Anpassungsreihe nehmen somit völlig gleichen Bau der Leitbündel an.

<sup>1)</sup> Vergl. Schleiden, Beitr. pg. 215.

<sup>2)</sup> Magnus, *Najas*, pg. 48 ff., Taf. IV Fig. 12 u. Taf. VII Fig. 2 u. 4.

<sup>3)</sup> Frank, pg. 133.

*Elodea canadensis* hat einen axilen Strang, welcher etwas höher wie die soeben genannten, an *Potamogeton pectinatus* sich anschliessenden, differenzirt erscheint; er stellt nicht, wie man bisher allgemein seit der ersten genaueren Untersuchung durch Caspary<sup>1)</sup> annahm, ein einheitliches concentrisches Bündel vor, sondern ein Bündelsystem, bestehend aus 4 innig verschmolzenen Einzelbündeln, einem centralen und 3 peripherischen. (Fig. 44.)

In der Axe tritt wie bei *Potamogeton pectinatus* ein Canal auf, welcher durch Resorption von 1 oder seltener 2 Ringgefässen zu einem mit Flüssigkeit erfüllten und sich ausweitenden Gang entsteht. Die Verdickungen dieses Gefässes sind rudimentär, gewöhnlich nur Ringstücke, zuweilen auch ganze Ringe. Am unteren Ende des Gefässes werden diese Verdickungen, welche weiter oben noch erhalten sind, aufgelöst<sup>2)</sup>. Umgeben wird der Gang von einem Kranz zartwandiger, gestreckter Holzparenchymzellen, an welche sich nach aussen bis zur Peripherie eine breite Zone von zartwandigem Phloëm anschliesst. Siebröhren sind leicht zu erkennen. Man zählt z. B. in Fig. 44 im Ganzen 17 Siebröhren. Caspary hat sie übersehen und bezeichnet alle Zellen des Stranges, abgesehen von den Gefässen, als Leitzellen. In dem Phloëmrings verlaufen an 3 Stellen, welche zwischen den 3 Blattzeilen des zum Internodium gehörigen Quirls liegen, nach aussen zu 3 kleinere Canäle, welche etwa gleich grosses Lumen wie die benachbarten Zellen besitzen und daher leicht übersehen werden können. Auch diese sind wie der axile Canal in regelmässiger Weise von einem Kranz gestreckter parenchymatischer Elemente umgeben. Besonders deutlich sah ich diese 3 Canäle in dem dicken kurzgliedrigen Stengel von Exemplaren, welche in einem ganz seichten, kaum mit Wasser bedeckten Tümpel als gedrungene Sumpfformen erwachsen waren. Auf dem Längsschnitt bemerkt man nun, dass diese 3 Canäle aus reducirten Gefässen hervorgehen, von welchen nur dicht am Knoten bei scharfem Zusehen noch äusserst feine Netz- oder Spiralverdickungen an den Membranen zu erkennen sind. Auf dem Querschnitt treten diese Canäle nicht sehr deutlich hervor, zumal in jungen Stengeln; am ehesten bemerkt man sie an der regelmässigen kranzförmigen Anordnung der sie umgebenden Zellen (Fig. 44). Es darf wohl keinem Zweifel unterliegen, dass diese 3 Gänge nebst den sie umschliessenden Zellen die Holztheile dreier mit einem centralen Bündel so innig verschmolzener Leitbündel vorstellen, dass eine scharfe Abgrenzung der letzteren nicht mehr möglich erscheint, zumal die zugehörigen Siebtheile sich zu einer einheitlichen Ringzone vereinigt haben. Das Phloëm bildet auch hier den Hauptbestandtheil des gesammten Stranges.

Die Gänge deuten also hier allein die Constituenten des Bündelsystems an, während bei den *Potamogetonen* bemerkt wurde, dass vorwiegend zunächst die sehr reducirten Holztheile sich zu vereinigen strebten, während die Siebtheile ihre Selbstständigkeit am längsten bewahrten.

Im Knoten, wo alle Elemente des Stranges zu einer schmalen Querzone verkürzt bleiben, gehen rechtwinklig die Leitbündel in die drei Blätter ab; sie enthalten an ihrer Basis ein Ringgefäss, welches in den axilen Gang einmündet. Die 3 peripherischen Gefässgänge gabeln sich im Knoten nach zwei Seiten hin und verbinden sich so mit dem Ringgefäss der Blattbündel. Von der Verbindungsstelle entspringen

---

<sup>1)</sup> Caspary, Hydrill. pg. 439 ff. Taf. XXVIII Fig. 59. — Vergl. auch Sanio, Bot. Ztg. 1867 pg. 186 — Strasburger pg. 187.

<sup>2)</sup> Vergl. auch Frank pg. 132.

die im folgenden Internodium verlaufenden peripherischen Gänge des axilen Stranges, welche also in den Medianebenen der zum unteren Internodium gehörenden Blätter sich aufwärts ziehen.

*Hydrilla verticillata*, die zweite bei uns vorkommende *Hydrillee*, gleicht im anatomischen Bau so sehr der *Elodea*, dass auch bei ihr die nämliche Structur des axilen Stranges sich auffinden lassen wird. Jedenfalls bedürfen die Caspary'schen<sup>1)</sup> Angaben neuer Prüfung.

*Vallisneria spiralis* steht hinsichtlich der Differenzirung seiner Leitbündel etwa auf derselben Stufe wie *Najas*, unterscheidet sich aber entsprechend dem verschiedenen morphologischen Aufbau von dieser dadurch, dass die Einzelbündel nicht verschmelzen. Aus der kurzen gestauchten Axe entspringen seitliche Ausläufer, welche an ihren Enden zu neuen Bodenlauben heranwachsen. Die Ausläufer werden von einem grösseren und drei kleineren, nach dem Centrum zu im Umkreis gelagerten, isolirten Leitbündeln durchzogen, welche in die kurze gestauchte Axe eintreten, und zwar gehen nach Falkenberg<sup>2)</sup> die 3 kleineren in das erste Blatt derselben, während das grössere sich in zahlreiche nach oben divergirende und sich gabelnde, von dem umgebenden Parenchym nicht sehr scharf abgegrenzte Bündel für die übrigen Blätter zertheilt. Betrachten wir das einzelne Leitbündel, dessen Elemente besonders deutlich im Ausläufer hervortreten, so constatiren wir in ihm einen collateralen Bau. Nach innen zu verläuft ein Xylemgang, welcher durch Resorption aus unverdickten Gefässanlagen entstand und in regelmässiger Weise von einem Kranz zartwandiger, ziemlich weitleumiger Holzparenchymzellen umgeben wird, an welche sich im Halbmond nach aussen ohne scharfe Abgrenzung eine zartwandige Phloëmzone anschliesst. In dieser sind auf Quer- und Längsschnitten deutliche Siebröhren zu erkennen. Nach aussen wird das Phloëm ebenfalls ohne scharfe Grenze von einer Zone langgestreckter, etwas verdickter Zellen bedeckt, welche als Ueberrest eines Bastbeleges nach Form und Lage zu deuten sein dürften. (Fig. 45.)

Hier und dort verlaufen im Leitbündel tanninführende Schläuche, wie sie auch in der Rinde massenhaft auftreten.

Bisher hielt man die Leitbündel von *Vallisneria* für einfache Cambiformstränge<sup>3)</sup>, was aber nicht zutrifft.

Die Blattleitbündel (Fig. 20b) sind ganz analog dem Stammeitbündel gebaut.

Im Anschluss an *Vallisneria* sei als letzter monocotyler Vertreter der submersen Flora die untergetaucht schwimmende, blattlose *Lemna trisulca* erwähnt, welche aus Ketten flacher, 2gliedriger Sprosse besteht. Sie besitzt entsprechend ihrer ausserordentlichen Kleinheit sehr dünne Leitbündel, welche nur aus sehr wenigen engen Elementen sich zusammensetzen. Das erste Glied jedes Sprosses, der Sprossstiel, wird nur von einem einzigen medianen Leitbündelchen durchzogen, welches sich im Knoten in 3 Aeste für das flache, eiförmige, zugespitzte zweite Sprossglied spaltet. Im Knoten geht auch jederseits ein Leitbündel für die beiden Tochttersprosse ab, sowie eines für die an der Bauchseite des Sprosses entspringende, einfache Adventivwurzel. Die flachen Sprosse sind, was das Parenchym anbelangt, auf beiden Seiten ungefähr gleichartig gebaut, dagegen vermögen wir in den Leitbündelchen eine dorsiventrale Anordnung

<sup>1)</sup> Caspary, Hydrilleen, pg. 381 Taf. XXV Fig. 11 u. 11<sup>1</sup>. —

Caspary, Tagebl. der Vers. Königsberg., 1860 pg. 300 ff.

<sup>2)</sup> Falkenberg, pg. 28.

<sup>3)</sup> J. Fr. Müller, pg. 42. — Falkenberg, pg. 27.

erkennen, da deren Xylemtheil nach der Rückenseite, der Phloëmtheil dagegen nach der Unterseite zu gelagert erscheint. Die Leitbündel werden von einer gänzlich unverkorkten, nicht sehr scharf ausgeprägten Schutzscheide umgeben und zeigen bezüglich der Ausbildung ihres Xylems und Phloëms die denkbar weitgehendste Vereinfachung. (Fig. 46 a u. b.) Es gelangen nur ein Gefäss und nur eine Siebröhre mit einigen wenigen, beide umgebenden Zellen zur Ausbildung. Das ursprünglich angelegte Gefäss zeigt in seinen kurzen Gliedern Ringe, Ringstücke oder auch kurze Spiralstücke, deren Ausbildung im zweiten Sprossglied sich aber nur bis etwa zur Mitte desselben zu erstrecken scheint<sup>1)</sup>. Es wird bei der Streckung auseinandergezerrt, so dass nur in der Gegend des Knotens die Verdickungen noch nahe beisammen liegen bleiben, aber je weiter davon entfernt, desto mehr auseinander gerückt sind und wohl auch resorbirt werden. Auf Querschnitten sieht man dann nur einen engen Gang (Fig. 46, gef.), welcher in regelmässiger Weise von einem Kranz von 4—6 langgestreckten parenchymatischen Zellen umgeben wird. Letztere stossen oben und seitlich unmittelbar an die Schutzscheide und entsprechen den Zellen, welche bei den *Potamogetonen* in grösserer Zahl die Xylemgänge umschliessen, also Holzparenchym vorstellen. Zwischen diesen Holztheil und die Schutzscheide schieben sich nach unten zu einige wenige langgestreckte, zartwandige Elemente ein, unter denen auf dem Querschnitt (Fig. 46, s) deutlich eine Siebröhre mit etwa 2 Geleitzellen hervortritt, der letzte Ueberrest des Phloëms. Auf Längsschnitten ist es schwierig, Siebplatten in dieser engen Siebröhre zu erkennen, doch dürfte es, aus der charakteristischen Form des Querschnitts und aus dem Vergleich mit den Siebröhrenquerschnitten bei den übrigen Monocotylen zu schliessen, zweifellos sein, dass hier wirklich eine einzige Siebröhre vorhanden ist. Wir hätten somit bei *Lemna trisulca* eine ausserordentlich weitgehende Reduction des gesammten Leitbündelsystems, welches nicht in die Bildung eines axilen Stranges aufging, zu constatiren, nicht minder eine sehr weitgehende Vereinfachung der Leitbündelelemente, ohne dass aber die für die Landpflanzen typische Differenzirung und collaterale Anordnung hier ganz verloren gegangen wäre. Von Hegelmaier<sup>2)</sup> ist die Zusammensetzung der Leitbündel übersehen worden; er sagt, dass abgesehen von dem Gefässe die übrigen Zellen ein zartes Parenchym, auf welches wegen der sehr schiefen Querwände die Bezeichnung Leitzellen resp. Cambiform nicht passe, vorstellen. Die Querwände des Holz- und Phloëmparenchyms sind indessen nach meiner Beobachtung entweder grade oder nur wenig schief. Hegelmaier's Zeichnung eines Leitbündelquerschnitts in seiner Fig. 3, Tfl. VI scheint mir nicht ganz genau zu sein.

---

In den Stengeln einiger submerser Monocotylen haben sich in dem Rindenparenchym kleine reducirte Leitbündelchen erhalten, welche auch bei manchen auf dem Lande lebenden Monocotylen anzutreffen sind.

Ihre grösste Entwicklung erreichen sie unter ersteren bei *Potamogeton lucens*, dessen Rindenparenchym wie auch bei den übrigen *Potamogetonen* von mehreren Kreisen grosser, regelmässig angeordneter, durch einschichtige Septen getrennter Luftcanäle durchzogen wird. Dort, wo die Septen zusammenstossen

---

<sup>1)</sup> Vergleiche Hegelmaier, Lemn. pg. 50.

<sup>2)</sup> Hegelmaier, Lemnac. pg. 49.

und die Kanten der Kanäle bilden, finden sich die Rindenbündel im Parenchym eingebettet. Zwischen dem äussersten und zweitäussersten Lufthöhlenkreis zählen wir ca. 17 Rindenleitbündel in ringförmiger, regelmässiger Vertheilung, welche noch vollständig differenzirt sind, nach innen einen grösseren oder kleineren Holztheil mit lysigenem Gang, welcher die Reste von Gefässen hie und da im Internodium noch enthält und im Knoten durch Gefässe ersetzt wird, nach aussen einen zarten Phloëmtheil mit deutlichen Siebröhren besitzen und seitlich und aussen von einer Bastseide abgeschlossen erscheinen. (Fig. 47a u. b.) Dahingegen sind die Bündel, welche in den Kanten der weiter einwärts gelegenen Luftgänge, zu ca. 20 an Zahl, verlaufen, zum grössten Theil Bastfaserbündel (Fig. 47d), zum geringeren Theil Bastbündel, welche innen noch eine kleine zartwandige, Siebröhren führende Phloëmgruppe enthalten (Fig. 47c). Wir haben also hier alle Uebergänge von typischen, wenn auch kleinen Leitbündelchen zu unvollständigen und schliesslich zu reinen Bastgruppen ohne jegliche leitende Elemente. Es liegt nahe, alle diese Bündel für homolog zu halten.

Im Knoten constatiren wir, dass die Rindenbündel untereinander und mit den Bündeln des axilen Stranges durch Anastomosen verbunden sind und neue Rindenbündel in das folgende Internodium entsenden.

Bei *Potamogeton nitens* sind insofern die Rindenleitbündel schon weiter reducirt, als sich keine vollständigen, mit Xylem versehenen mehr unter ihnen befinden. Sie treten auf in den Kanten der Septen zwischen den beiden äussersten Lufthöhlenkreisen, ca. 18 an Zahl, davon die Hälfte reine Bastbündel (Fig. 48c), die anderen mit zartwandigen Phloëmelementen im Innern der Bastgruppen (Fig. 48a); zum Theil sind in letzteren nur etwa 2 zartwandige Elemente, eine Siebröhre nebst Geleitzelle höchstwahrscheinlich, zu erkennen (Fig. 48b).

*Potamogeton pectinatus* zeigt in einer grossblättrigen Varietät in der Rinde ca. 5—7 ziemlich grosse zartwandige Phloëmbündel (Fig. 49a), in der gewöhnlichen viel kleineren Form nur 2—3 solcher, welche von starken Bastseiden umgeben sind (Fig. 49b). *Potamogeton acutifolius* besitzt ca. 27 subepidermale Bastrippen, von denen hin und wieder eine grössere noch zartwandige Elemente umschliesst. (Fig. 51).

Dagegen treffen wir bei *Potamogeton perfoliatus* und *pusillus* ausschliesslich kleine Bastrippen an, bei ersterer Art, welche sich durch sehr dicke Stengel auszeichnet, ca. 28 unter der subepidermalen Schicht und einige wenige zerstreut im inneren Parenchym (Fig. 50), bei letzterer Art ca. 12 kleine subepidermale Bündelchen; und endlich zeichnen sich *Potamogeton crispus*, *densus*, sowie *Zannichellia* durch gänzlichen Mangel irgend welcher Rindenbündel aus.

Die Inconstanz in der Ausbildung und in dem Auftreten von Rindenbündeln innerhalb ein und derselben Gattung scheint dafür zu sprechen, dass dieselben hier in der Reduction begriffen sind, welche bei einigen Arten schon zu völligem Schwund geführt hat, so dass in diesen Fällen die Leitbündel allein auf den axilen Strang beschränkt sind.

Unter den übrigen submersen Monocotylen zeichnet sich *Elodea canadensis* durch den Besitz von Rindenbündeln<sup>1)</sup> aus. Sie treten auf in Form von 6 wenigzelligen, zartwandigen, isolirten Gruppen, welche dicht unter der subepidermalen Schicht in regelmässiger Vertheilung, mit den 6 Blattzeilen alternirend

---

<sup>1)</sup> Caspary, Hydrill., hat sie übersehen. Zuerst erwähnt bei Sanio, Bot. Ztg. 1865, pg. 192.

verlaufen und im Knoten Queranastomosen zu den austretenden Blattleitbündeln entsenden. Sie werden, nach der Form des Querschnitts (Fig. 52) zu urtheilen, von einer Siebröhre nebst 2 Geleitzellen gebildet, die von einer Lage langgestreckter englumiger Parenchymzellen umgeben sind. Die Fig. 52 stellt den Querschnitt eines solchen Bündels dar aus einem Stengel, dessen Parenchym ziemlich derbwandig ausgebildet ist. Nur die Siebröhre und die Geleitzellen sind zartwandig geblieben.

Wahrscheinlich sind solche Bündel auch bei *Hydrilla* vorhanden. Sie finden sich ferner bei *Halophila Baillonii*<sup>1)</sup>, *Elodea densa*<sup>2)</sup>, *Cymodocea*<sup>3)</sup>, *Zostera*<sup>4)</sup> etc.

## 2. Rindenparenchym, Schutzscheide, Epidermis.

Die Leitbündel des Stammes werden von dem Rindenparenchym umgeben, welches im Verhältniss zu ersterem stets sehr mächtig entwickelt ist und die Hauptmasse des Stammes abgibt. Das Parenchym besteht aus mehr oder weniger gestreckten, im Querschnitt gewöhnlich abgerundeten Zellen (vergl. Fig. 60a und c, Fig. 62b und c, Fig. 61b), welche in der Regel sich durch ihre Zartwandigkeit im Gegensatz zu dem derbwandigen Parenchym vieler Luftpflanzen auszeichnen. Nur in einigen Fällen tritt eine schwach collenchymatische Verdickung in älteren Stengeln ein (*Ceratophyllum*, *Myriophyllum*). Das Parenchym dient der Leitung und Aufspeicherung der assimilirten Kohlehydrate und oft findet man seine Zellen dicht mit grosskörniger Stärke vollgepfropft. In den äusseren Schichten, sowie auch in der Epidermis (wie an den Blättern) ergrünen die Chromatophoren und betheiligen sich am Assimilationsprozess.

Als Hauptunterschied von dem Parenchym der Landpflanzen verdient die bedeutende Entwicklung des Durchlüftungssystems erwähnt zu werden, welche übrigens in gleicher Weise auch bei den Sumpf- und Schwimmpflanzen, also überhaupt bei allen wasserliebenden Gewächsen wiederkehrt und als eine Folge der Einwirkung des Mediums aufzufassen ist, wenn auch die biologische Erklärung mit Sicherheit noch nicht gefunden ist. Am nächsten liegt die Annahme, dass die am, auf und in dem Wasser lebenden Pflanzen ihre grossen Lufträume in erhöhtem Maasse zu dem Gasaustausch der Zellen, zur Athmung benötigen. Ausserdem mag für die submersen und schwimmenden Gewächse noch als Zweck die Bewirkung der Schwimffähigkeit in Betracht kommen.

Gerathen submerse Gewächse an's Ufer und bilden sie Landformen, so wird die gleiche Anordnung des Parenchyms beibehalten, indessen verringert sich die Grösse der Lufträume; das Parenchym wird dichter und derbwandiger. Derselbe Unterschied macht sich geltend, wenn typische Sumpfgewächse<sup>5)</sup> an trockenen Standorten gedeihen, und umgekehrt findet bei (Cultur von typischen Landpflanzen<sup>6)</sup> unter Wasser je nach der Plasticität des Versuchsobjectes eine Auflockerung des Rindenparenchyms statt.

<sup>1)</sup> Holm, pg. 11, Tfl. I Fig. 9.

<sup>2)</sup> Holm, pg. 20, Tfl. IV Fig. 49 u. 51.

<sup>3)</sup> Duchartre, pg. 297. — Bornet, pg. 39 ff.

<sup>4)</sup> Falkenberg, pg. 24.

<sup>5)</sup> Vergl. Costantin, Ann. sc. nat. 1884, pg. 294 ff., Taf. 14—17.

<sup>6)</sup> Lewakoffski, Jahresbericht 1873, pg. 594. — Schenck, Ber. Bot. Ges. 1884, pg. 483, Tfl. 14 Fig. 3 u. 4.

Im Allgemeinen gliedert sich das Parenchym in folgende Zonen: Unter der Epidermis, welche als äusserste Rindenschicht aufgefasst werden kann, folgt zunächst die äussere Rindenzone, charakterisirt durch dichtes Aneinanderschliessen der Zellen aneinander und an die Epidermis; sodann die Lufthöhenschicht, welche grössere oder kleinere mit Luft erfüllte Canäle führt und meist das Parenchym in Form einschichtiger, dünner Septen auflöst; weiter einwärts die innere Rindenzone, welche wieder aus wenigen dicht zusammenschliessenden Lagen besteht, und endlich als Abgrenzung gegen die axilen Stränge die Schutzscheide.

In den Knoten verkürzen sich die Zellen zu einer schmalen Querzone rundlicher Zellen mit engen Intercellularen, welche die Communication der die Internodien der Länge nach durchziehenden Luftgänge vermitteln. Ueberhaupt muss betont werden, dass das Durchlüftungssystem der ganzen Pflanze ein einheitliches ist. In den Internodien entwickeln sich nur bei vereinzelt Vertretern auch dünne, einschichtige, aus Sternzellen bestehende, also durchbrochene Querdiaphragmen zur Festigung der Gänge.

Die Luftgänge entstehen entweder schizogen, durch Spaltung der Parenchymlagen oder lysigen durch Zerstörung bestimmter Parthien. Sie zeigen bezüglich ihrer Form und ihrer Vertheilung mannigfache Verschiedenheiten, welche sich unter die folgenden Haupttypen bringen lassen.<sup>1)</sup>

#### a) Schizogene Lufträume.

1. Typus. Die äussere Rindenzone, aus dicht zusammenschliessenden Zellen bestehend, ist sehr entwickelt, mehrere Lagen stark und überwiegt im Durchmesser die Lufthöhenschicht, welche nur einen Ring von verhältnissmässig engen Luftcanälen umschliesst. Die innere Rinde ist einschichtig. Dies Verhalten treffen wir bei *Ceratophyllum* an (Fig. 53), dessen Stamm somit nur eine geringe Entwicklung des Durchlüftungssystems verräth.

2. Typus. Gradatim geht dieser Typus über in den zweiten, welcher sich durch Ueberwiegen der Lufthöhlenzone in Folge grösserer Entwicklung der ebenfalls in Form eines Ringes regelmässig angeordneten und durch radial gestellte einschichtige Parenchymsepten getrennten Luftgänge auszeichnet. Am schärfsten ist diese Form ausgeprägt bei *Elatine Alsinastrum* (Fig. 54), deren äussere und innere geschlossene Rindenzone in zarteren Stengeln nur eine Zellschicht stark ist, dazwischen ca. 11 radial gestellte, im Querschnitt dreieckige Luftcanäle mit dünnen, radial gestreckten Parenchymsepten.

Mit Variationen, welche sich auf das Verhältniss der 3 Rindenzone zu einander, auf die Zahl der Luftcanäle, beziehen, verhalten sich in derselben Weise *Utricularia minor* und *vulgaris*, *Bulliarda aquatica*<sup>2)</sup>, *Myriophyllum*<sup>3)</sup>, *Najas major*<sup>4)</sup>, *minor*<sup>5)</sup> und *flexilis*.

<sup>1)</sup> Bezüglich Form und Vertheilung der Lufthöhlen vieler Wassergewächse wolle man die *Tavole per una Anat. delle piante aquatiche* von Parlatores betrachten. Leider bringen die vielen Figuren, welche zum Theil sehr ungenau sind, keine anderen Structureigenthümlichkeiten zur Anschauung.

<sup>2)</sup> Caspary, Bulliard. Tfl. VII Fig. 28.

<sup>3)</sup> Vöchting, Tfl. IV Fig. 1.

<sup>4)</sup> Magnus, Najas, Tfl. VII Fig. 2.

<sup>5)</sup> Magnus, Najas, Tfl. VII Fig. 4.

3. Typus. Wenn zu dem einfachen Lufthöhlenkreis noch ein zweiter und dritter hinzutritt, so erhalten wir Uebergänge zu dem dritten Typus, welcher am ausgeprägtesten bei *Potamogeton perfoliatus* anzutreffen ist. Bei *Elodea canadensis* ist unter der 2schichtigen Aussenrinde ein Kreis grösserer Luftgänge vorhanden, an den sich nach innen noch ein zweiter Kreis viel kleinerer Gänge bis zu der etwa 2schichtigen Innenrinde anlegt; dasselbe findet statt bei *Hydrilla*<sup>1)</sup>, während bei *Aldrovandia vesiculosa* (Fig. 55) die kleineren Luftgänge zwischen der einschichtigen Aussenrinde und dem grösseren Lufthöhlenkreis sich einschieben. Auch die Ausläufer von *Vallisneria spiralis* gehören mit ihrem äusseren grösseren Lufthöhlenkreis und kleineren einwärts gelegenen hierher, wenn auch die Vertheilung keine so regelmässige ist.

Bei obengenannter Art von *Potamogeton* ist der dritte Typus am schönsten entwickelt. Unter der einschichtigen Aussenrinde folgen bis zu der Innenrinde etwa 4—5 Kreise von grossen, ziemlich regelmässig angeordneten Luftgängen, welche alle durch einschichtige Septen getrennt werden, derart, dass letztere auf dem Querschnitt ein zierliches Netzwerk bilden. Im Wesentlichen ebenso verhalten sich auch die übrigen Arten von *Potamogeton*, jedoch variirt die Zahl der Gänge und der Kreise, in denen sie stehen, nach der Dicke des Stengels. In einigen Fällen ist die äussere Rindenzone gar nicht entwickelt, wodurch die äusseren Luftgänge bis an die Epidermis reichen, so bei *Potamogeton densus* (Fig. 56). Bei den dünnstengeligen Arten *P. pectinatus* und *pusillus*, sowie bei *Zannichellia* hat sich ein Kreis von grossen Luftgängen erhalten, an den sich nach innen, also wie bei *Elodea*, einige kleinere noch anlegen.

Genau dieselbe Vertheilung und Form der Luftgänge wie bei *Potamogeton perfoliatus* kehrt auch bei *Hippuris vulgaris* wieder. Die Aussenrinde ist 1—2schichtig, die Innenrinde 2schichtig, dazwischen ca. 5 vielzählige Kreise regelmässig begrenzter Luftgänge, von denen der innerste am kleinsten ist. *Hottonia palustris*<sup>2)</sup> gehört gleichfalls hierher, indessen zeichnen sich die Lufträume durch unregelmässige Begrenzung und verschiedene Grösse ohne bestimmte Anordnung aus; auch sind die Septen sehr dünn und zart.

Im Allgemeinen herrscht bei allen diesen Luftgängen das Princip, die Septen vorwiegend radial zu stellen, eine Anordnung, welche am besten geeignet ist, das Parenchym gegen radial wirkende Druckkräfte zu festigen. Da diese Festigung nach allen Richtungen bei einem cylindrischen Organ vorgenommen werden muss, so begreift sich daraus die oft so überraschende Regelmässigkeit in dem Aufbau des Parenchyms, die zierliche Radfigur des Querschnitts vieler submerser Stämme.

#### b) Lysigene Lufträume.

1. Typus. Den Uebergang von der ersten Gruppe zu der zweiten bilden die *Eucallitrichen*<sup>3)</sup>, welche sich in jungen Stengeln durch eine sehr regelmässige Anordnung der Parenchymzellen auszeichnen. Von der Schutzscheide bis zur Epidermis sind die Zellen besonders regelmässig nach innen zu in 4—9 concentrische Schichten und gleichzeitig in 12—27 radiale Reihen angeordnet, so dass die äusseren Zellen etwas weiteres Lumen als die inneren erreichen. Auf dem Querschnitt erscheinen die Zellen abgerundet und lassen

<sup>1)</sup> Caspary, Hydrill., pg. XXV Fig. 11.

<sup>2)</sup> Kamienski, Primulac., Tfl. IX Fig. 13.

<sup>3)</sup> Hegelmaier. Callitriche, Tfl. I Fig. 1, 10, 11.

Intercellulargänge zwischen sich offen. Diese regelmässige Anordnung erhält sich gewöhnlich in den Landformen (Fig. 57a), wohingegen in den Stengeln der Wasserformen eine mehr oder minder starke Zerstörung der radialen Reihen in Folge von Dehnung, und zwar nach 2 gegenüberliegenden Seiten, in der Medianebene des zum Internodium gehörigen Blattpaares, stattfindet, derart, dass jederseits ein grösserer Luftgang entsteht, in welchem aber die Reste der zerstörten Zellen sich erhalten. (Fig. 57b.)

Bei *Pseudocallitriche*, wozu *C. autumnalis* gehört, tritt die Zellenzerreissung und Höhlenbildung nur selten ein; es weiten sich gewöhnlich die äusseren Intercellulargänge etwas aus<sup>1)</sup>.

2. Typus. Die Internodien des Stengels von *Peplis Portula* werden unter dem etwa 2schichtigen äusseren Rindenparenchym durchzogen von 4 grossen, über's Kreuz gestellten Luftgängen, welche seitlich durch radiale Parenchymsepten geschieden werden (Fig. 58). Von diesen letzteren sind die beiden in der Mediane des zum Internodium gehörigen Blattpaares nur 2schichtig, während die senkrecht darauf stehenden etwa 4 Lagen mächtig sind. Die 4 Parenchymsepten stossen in der Axe zusammen und bilden um die Schutzscheide des axilen Cylinders eine 2schichtige innere Rindenzone. Die Luftgänge entstehen lysigen. Reste der zerstörten Zellen sieht man noch hie und da den Wandungen anhaften.

Die Parenchymzellen erscheinen auf dem Querschnitt rundlich und lassen kleine Intercellulargänge zwischen sich, welche in der Wasserform stärker entwickelt sind als in der Landform<sup>2)</sup>.

3. Typus. Die submersen Arten von *Ranunculus* stehen unter den submersen Gewächsen bezüglich der Lufthöhlenbildung ebenso vereinzelt wie auch in Bezug auf ihre Leitbündel, welche isolirt im Parenchym verlaufen, das durch kleine Intercellulargänge aufgelockert erscheint. Die Stengel sind in jungen Stadien noch solide; werden sie älter, so entsteht in der Mitte ein grosser axiler Luftgang durch Zerstörung des Grundgewebes, dessen Reste an der Gangwandung zum Theil noch zu bemerken sind (Fig. 59). Die Lufthöhlenbildung unterbleibt in den kurzgliedrigen Stengeln der Landformen, sie beginnt höchstens an älteren Exemplaren, ohne jedoch grosse Dimensionen zu erlangen.

Hiermit wäre die Mannigfaltigkeit der Vertheilung und Form der Luftgänge im Wesentlichen erschöpft.

---

Die innerste Lage der Rinde bildet um die axilen Stränge einen geschlossenen Mantel, die sog. Schutzscheide. Nach Russow und Rothert<sup>3)</sup> besteht die typische Schutzscheide so wie sie in den Rhizomen und Wurzeln der Landpflanzen gewöhnlich ausgebildet ist, aus ringsum verkorkten Zellen, wobei zu bemerken ist, dass die Radialwände ganz oder theilweise stärker verkorkt erscheinen, indem hier auch die Mittellamelle von der Verkorkung ergriffen wird. Häutig wird die Wandung durch innen angelagerte Schichten unverkorkter Cellulose verdickt.

Die physiologische Bedeutung der Schutzscheide hat bis jetzt noch keine für alle Fälle befriedigende Erklärung gefunden. Schwendener<sup>4)</sup> schreibt den verkorkten Wänden wesentlich eine mechanische Function zu, indem er darauf hinweist, dass die verkorkte Membran weniger ausdehnungsfähig ist und

<sup>1)</sup> Siehe Hegelmaier, Call., pg. 25, Tfl. I Fig. 13.

<sup>2)</sup> Siehe Costantin, Ann. sc. nat. 1884, Tfl. 14 Fig. 1 u. 2.

<sup>3)</sup> Rothert, pg. 37—38.

<sup>4)</sup> Schwendener, Schutzscheide, pg. 43.

grössere absolute Festigkeit besitzt als reine Cellulosemembran und in Folge dieser Eigenschaft einer gesteigerten Rindenspannung entgegenwirken könne.

Andere halten es für wahrscheinlich, dass die Verkorkung den Zweck habe, die Diffusion von Flüssigkeiten oder gelösten Stoffen zwischen Leitbündel und Rinde zu verhindern oder doch herabzusetzen. Rothert erklärt sich die stärkere Verkorkung der Radialstreifen mit folgender Behauptung: „Die Zweckmässigkeit einer solchen Einrichtung ist einleuchtend; wäre die mittlere Lamelle nicht verkorkt, so könnte die Diffusion durch dieselbe zwischen den Schutzscheidezellen hindurch vor sich gehen; durch die Verkorkung des Streifens dieser Lamelle wird auch dieser Weg abgeschnitten.“ Aber wissen wir denn, dass die Diffusion jemals diesen absonderlichen Weg zu nehmen beliebt? Welche Säfte ferner sind es, die aus den Leitbündeln oder aus der Rinde nicht herausdiffundiren sollen? Hat das Protoplasma auf die Diffusionsvorgänge gar keinen regelnden Einfluss?

Gegen beide Erklärungsversuche lassen sich mancherlei Einwände erheben, wenn auch die Wahrscheinlichkeit zugegeben werden muss, einerseits dass zumal die stark verdickten Schutzscheiden mechanische Bedeutung haben können, andererseits dass die Verkorkung der Membran die Diffusion herabzusetzen im Stande ist.

Ganz abgesehen von der Function der Schutzscheide, constatiren wir, dass in den Stengeln der Wassergewächse eine Reduction derselben eintritt.

Bei den meisten Vertretern ist die Schutzscheide allerdings noch in ihrer typischen Form differenzirt und hinterlässt bei Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure ein ringsum geschlossenes Häutchen, welches an den Tangentialwänden zart ist, an den Radialwänden dagegen entweder in deren ganzer Ausdehnung oder nur in Form eines Streifens stärker verkorkt erscheint. Das erstere Verhalten zeigen die Arten der Gattung *Potamogeton* (Fig. 68), deren Schutzscheidenzellen ausserdem durch Celluloseschichten stark verdickt sein können. Bei *P. perfoliatus*, *nitens*, *crispus*, *acutifolius*, *pusillus* tritt allseitig gleiche Verdickung ein, bei *P. lucens* und *pectinatus* u-förmige. *P. densus* hat dünnwandige Schutzscheidenzellen, deren nachträgliche Verdickung nur eine sehr schwache blieb. *Peplis Portula* (Fig. 66) und die Arten von *Callitriche* besitzen dieselbe Form der Schutzscheide wie *P. densus*. Dagegen sind bei *Hippuris* (Fig. 67), *Myriophyllum* (Fig. 60e, f, g), *Elatine Alsinastrum* die Radialwände nur in Form eines dünnen Streifens, der auf Querschnitten als dunkler Punkt erscheint, stärker verkorkt; von den Tangentialwänden bleibt bei Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure nur ein sehr zartes Häutchen zurück.

Bei anderen, ebenfalls dünnwandigen Schutzscheiden erstreckt sich die Verkorkung nur auf diese schmalen Streifen in den Radialwänden; so verhalten sich *Utricularia*, *Hottonia*, *Elodea*, *Najas*, *Zannichellia*. Hieran schliessen sich endlich die Fälle, in denen gar keine Verkorkung mehr eintritt, mithin die Schutzscheide nur der Lage und Form nach charakterisirt ist, so bei *Ceratophyllum*, *Aldrovandia*, *Lemna trisulca*, deren Schutzscheidenwandungen sich in Schwefelsäure vollständig auflösen.

Aus dem Vorkommen vollkommen unverkorkter Schutzscheiden bei submersen Gewächsen könnte man den Schluss ziehen, dass die Function derselben überhaupt bei diesen Pflanzen nicht mehr voll in Kraft tritt und dass auch die verkorkten Schutzscheiden von *Myriophyllum* und anderen typischen untergetauchten Gewächsen Bildungen vorstellen, die in der Reduction begriffen sind. Da aber die Function der Schutzscheiden noch nicht mit Sicherheit erkannt ist, so muss diese Frage als eine offene angesehen werden.

Das Hautgewebe ist an den Stengeln der submersen Gewächse in Folge der besonderen Lebensbedingungen wenig von dem darunter lagernden Parenchym verschieden differenzirt. Es besteht in der Regel aus etwas kleinzelligeren Elementen, die, von der Fläche betrachtet, sich als kürzere oder längere Rechtecke oder Polygone darstellen. (Fig. 60a u. b, Fig. 61a, Fig. 62a, Fig. 63, 64, 65.) Sie wiederholen im Allgemeinen die Eigenthümlichkeiten, welche sie auch an den Blättern besitzen, enthalten also meist Chlorophyll, bilden keine Spaltöffnungen aus und erzeugen nur eine dünne Cuticula an der Aussenwandung. Die im Wasser lebenden Gewächse bedürfen weit weniger der Schutzeinrichtungen, die wir an dem Hautgewebe des Stengels von Luftpflanzen auftreten sehen.

An den Landformen dagegen differenzirt sich eine typische, chlorophyllfreie, spaltöffnungsführende Epidermis wie an den Blättern so auch am Stengel. Haarbildungen treffen wir vereinzelt an, so bei *Hottonia*, *Callitriche*, *Utricularia*. Die Function der Köpfchenhaare derselben ist unbekannt. Unter normalen Verhältnissen erzeugen die Stengel der submersen Gewächse keinen Kork. Dagegen können bei Verletzungen die Wunden durch sog. Wundkork verschlossen werden, wie ich dies bei *Myriophyllum spicatum* beobachtet habe. Es treten in den Parenchymzellen unterhalb der verletzten Stelle tangentielle und radiale Zellwände auf und es bildet sich auf diese Weise eine geschlossene Korkschicht.

### **3. Mechanisches System.**

Es wurde schon oben darauf hingewiesen, dass die submersen Gewächse, in erster Linie diejenigen, welche langgestreckte Internodien entwickeln, in einem Medium leben, welches keine Ansprüche auf grosse Biegungsfestigkeit an die Stengel stellt, im Gegentheil gerade eine bedeutende Biagsamkeit und Schlaffheit der Organe erfordert. Somit fallen in den Stengeln der genannten Gewächse auch alle Einrichtungen hinweg, welche bei den Landpflanzen bestimmt sind, Biegungsfestigkeit zu bewirken. Die Leitbündel rücken nach der Axe zusammen und bilden durch Verschmelzung axile Stränge, ein besonderes mechanisches System wird nicht ausgebildet, denn es genügt zur Erreichung der nöthigen Zugfestigkeit der Zusammenhalt der Parenchymzellen und die Lagerung der langgestreckten Elemente in die Axe, wie bei den Wurzeln, und in minder ausgeprägter Form in den Rhizomen.

Das Parenchym ist in der Regel zartwandig und ebenso die Elemente des axilen Bündels. Hier und da tritt besonders in alten Stengeln höchstens eine schwach collenchymatische Verdickung der Membranen ein (*Ceratophyllum*, *Myriophyllum*).

Die einzigen Ausnahmen in Bezug auf gänzliche Unterdrückung des mechanischen Systems bilden gewisse *Potamogetonen*. Bei denselben haben sich unter der Epidermis oder in der Rinde und zwar in den Kanten der Lufthölensepten isolirte Bastbündel erhalten, welche zum Theil kleine Rindenleitbündel, in einem Falle, bei *Pot. lucens*, sogar noch vollständige mit Xylem und Phloëm versehene, bei den andern nur zartwandige kleine Phloëmgruppen umschliessen. Das Nähere darüber wurde schon oben mitgetheilt und hervorgehoben, dass alle diese Rindenbündel, auch die aus lauter Bastfasern bestehenden, wohl aus kleinen Leitbündelchen mit mechanischen Scheiden durch allmähliche Reduction der leitenden Elemente entstanden sein könnten und dass bei einigen Arten wie *Pot. densus* und *crispus* eine völlige Unterdrückung

der Bündel schon stattgefunden habe. Wenn auch diesen Bündeln bei den dickstengeligen Arten, namentlich wenn sie in fließendem Wasser gedeihen, eine gewisse Bedeutung nicht abgesprochen werden kann, so scheint dieselbe doch nicht allzu bedeutend zu sein, weil andere mit diesen Arten gesellig auftretende fluthende Gewächse der Fasern entbehren und ihre Zugfestigkeit wesentlich durch den Zusammenhang der Zellen erlangen.

Ebenso verhält es sich mit den starken Bastfasern, welche in den complicirter gebauten axilen Strängen gewisser *Potamogetonen* auftreten, sowie mit den Verdickungen der Schutzscheide. Bei *Zamichellia* treffen wir keine Spur von dickwandigen Elementen mehr an.

Inwieweit es berechtigt ist, das Auftreten oder den Mangel der Bastfasern bei den einzelnen *Potamogeton*-Arten als Anpassungen an die speciellen Lebensbedingungen aufzufassen, also anzunehmen, dass gewisse dickstengelige Formen Bastfasern entwickeln, weil sie in stark fluthendem Wasser vegetiren, Arten aus ruhigem Wasser dagegen solcher entbehren, weil sie ihrer nicht mehr bedürfen, muss durch umfassende Vergleichen noch genauer untersucht werden. Dass die speciellen Lebensbedingungen nicht unbedingt entscheidend sind, lehrt die Thatsache, dass häufig Arten mit Bastbündeln und andere ohne solche an ein und demselben Standort durcheinander wachsen.

Indessen geht aus den Angaben Schwendener's<sup>1)</sup> schon hervor, dass solche specielle Anpassungen bei manchen formenreichen Arten wohl zu constatiren sind. So hat z. B. *Pot. fluitans* ein ziemlich entwickeltes System von Rindenbündeln, während die Varietät *β stagnatilis* Koch, welche in stehendem Wasser wächst, derselben vollständig entbehrt.

Die Reduction des mechanischen Gewebesystems vermag man auch an typischen Landpflanzen, wofern sie die nöthige Plasticität besitzen, bei zufällig submerser Lebensweise zu erkennen. So verschwindet bei *Cardamine pratensis* im Wasserstengel der dicke mechanische Ring, welcher im Landstengel die Leitbündel seitlich verbindet, ebenso wie auch der Bastbeleg des Phloëms<sup>2)</sup>.

#### 4. Secret- und Excretbehälter.

Weitaus die meisten submersen Gewächse entbehren der Excret- und Secretbehälter vollständig, so dass es den Anschein hat, als ob der Stoffwechsel ohne Bildung von bleibenden Abscheidungsproducten glatt aufginge. Oxalsaurer Kalk allein scheint weitere Verbreitung bei ihnen zu besitzen. Er wird sogar bei *Myriophyllum*<sup>3)</sup> (Fig. 60h u. i) in besonderen Drüsenzellen, die den Parenchymsepten der Luitgänge anhaften, abgelagert. Bei *Peplis* treten solche Drüsen im Rindenparenchym und Mark auf. Gerbstoffführende Schläuche finden sich in ziemlich bedeutender Menge in den Stengeln und Blättern von *Ceratophyllum*<sup>4)</sup>,

<sup>1)</sup> Schwendener, *Mechan. Princip*, pg. 121 u. 122.

<sup>2)</sup> Schenck, *Ber. d. Bot. Ges.* 1884, pg. 483, Tfl. XIV Fig. 3 u. 4.

<sup>3)</sup> Vergl. Vöchting pg. 14.

<sup>4)</sup> De Klercker pg. 4, Tfl. I Fig. 1.

sowie bei *Vallisneria*, hier sogar auch in den Leitbündeln (Fig. 45). Raphidenschläuche kommen nur der *Lemna trisulca*<sup>1)</sup> zu.

Dagegen mangeln überall Milchröhren oder Gänge, Drüsen, die mit Harz oder ätherischen Oelen sich erfüllen. Das Fehlen dieser Bildungen scheint mit ihrer biologischen Bedeutung, welche allerdings noch unbekannt ist, zusammenzuhängen.

---

<sup>1)</sup> Hegelmaier, Lemnac. pg. 50.

### 3. Abschnitt.

## Die Wurzelstructur der submersen Gewächse.

Das Wurzelsystem erlangt an den submersen Pflanzen keine bedeutende Entwicklung, am reichlichsten noch bei solchen, welche eine mehr amphibische Lebensweise führen, wohingegen bei ausschliesslich submersen, welche nicht mehr im Stande sind, Landformen zu bilden, die Wurzeln sogar völlig unterdrückt werden können, so bei *Utricularia*, *Aldrovandia*, *Ceratophyllum*.

Frühzeitig stirbt die Hauptwurzel ab und es beginnt an den unteren Internodien die Bildung von dünnen Adventivwurzeln, welche in den Schlamm oder Sandboden sich einsenken. Verzweigung dieser Adventivwurzeln in zarte Seitenwürzelchen tritt bei den mehr amphibischen Wassergewächsen ein und auch dort nur vereinzelt, so bei *Peplis*, *Myriophyllum*, *Batrachium* etc.; die Adventivwurzeln der monocotylen Wasserpflanzen sind meist einfach.

Alle diese Adventivwurzeln haben keine sehr lange Dauer, denn in gleichem Masse wie sich das Laub durch Weiterwachsen an den Zweigenden und bei allmählichem Absterben von unten erneuert, sprossen auch aufwärts von den unteren Knoten an neue Adventivwurzeln hervor, welche die alten ersetzen. Diese Erscheinung ist besonders bei den *Callitrichen* ausgeprägt.

Da in mehreren Fällen die Wurzeln völlig unterdrückt sind, die Hauptwurzel höchstens am Embryo noch schwach angedeutet erscheint (*Ceratophyllum*), oder auch an demselben gänzlich fehlt (*Utricularia*), so ist schon aus dieser Thatsache der Schluss gerechtfertigt, dass die Wurzeln überhaupt bei den submersen Gewächsen von keiner grossen Bedeutung für die Aufnahme von Wasser und Nährsalzen und die Zuleitung derselben zu dem assimilirenden Gewebe sein können. Es lässt sich dies ferner daraus schliessen, dass die Blattleitbündel der submersen Pflanzen in den Blattspreiten nur eine sehr geringe Entwicklung erfahren. In der Mehrzahl der Fälle nur in Form eines einzigen medianen Bündels vorhanden sind, dessen Elemente ausserordentlich englumig sind und nur sehr wenige Gefässe (in vielen Fällen nur 1 oder 2) führen. Es ist kaum denkbar, dass diese wenigen Gefässe resp. Gefässgänge das ganze assimilirende Gewebe versorgen. Man vergleiche beispielsweise das Verhältniss von Blattspreite zu dem medianen Bündel bei *Elodea canadensis* (Fig. 13). Ausserdem fällt unter Wasser die Transpiration hinweg, so dass aus allen diesen Gründen schon gefolgert werden kann, dass die Aufnahme der Salze wie auch der Kohlensäure für das assimilirende Gewebe und des Wassers direct aus dem Medium durch die Epidermis der Blätter resp. Stengel geschieht.

Anderseits erscheint es aber auch nicht angängig, die Gefässe oder Gefässgänge in den Wurzeln und Stengeln ausschliesslich submerser Gewächse wie *Elodea*, *Potamogeton pectinatus* etc., *Zannichellia* etc. für völlig zwecklose ererbte Bildungen zu erklären. Möglich, dass sie von Bedeutung sind für die Zulieferung von Bodensalzen zu den wachsenden Regionen und zu den Blüten.

Auch die Wurzelhaare erleiden eine Reduction und werden in manchen Fällen überhaupt nicht ausgebildet, so bei *Hippuris*, *Myriophyllum*, *Vallisneria*, *Elodea*, *Hydrilla*, *Lemma trisulca*<sup>1)</sup>.

Das Rindenparenchym der Wurzeln behält seine gleiche Anordnung wie auch in den Wurzeln der Landpflanzen bei. Es zeichnet sich ebenso wie auch die Epidermis aus durch Zartwandigkeit. Letztere ist aber stets aussen cuticularisirt und häutig erscheint auch noch die nächstinnere Schicht zum Theil mit cutinisirten Wandungen. Das Parenchym ist mehr oder minder regelmässig in concentrische Schichten und radiale Reihen angeordnet und zeigt wie auch im Stengel das Bestreben, Intercellularräume zu entwickeln. In den einfachsten Fällen ist das Parenchym ziemlich geschlossen und erzeugt die luftführenden Intercellularräume nur in den Kanten, in denen seine Zellen zusammenstossen, wobei nach der Peripherie zu die Räume etwas grösser sind, als in unmittelbarer Umgebung der Schutzscheide (*Vallisneria*, Fig. 83a); oder die Intercellularräume können sich erweitern und kleinere Gänge bilden (*Hippuris*). Häufig weichen die radialen Reihen in der äusseren Parthie der Rinde seitlich auseinander, so dass es zur Bildung eines Ringes von grösseren Luftgängen kommt (*Potamogeton crispus*, *densus*, *pectinatus*). Bei einigen Arten werden diese Radialsepten zum Theil durch radiale Streckung zerstört, klappen zusammen und geben so Veranlassung zur Entstehung grosser Lacunen, in denen ihre Reste noch zu erkennen sind (*Myriophyllum*, *Callitriche vernalis*, *Ranunculus aquatilis*, *fluitans*), eine Erscheinung, welche wir auch in den Stengeln von *Callitriche* auftreten sahen.

In der Wurzel von *Elatine Alsinastrum* ist die Bildung der Lufthöhlen eine ganz eigenartige und isolirt dastehende. Um den axilen Strang liegen mehrere Schichten von längsgestreckten Parenchymzellen, welche im Querschnitt rundlich erscheinen und untereinander durch Ausbuchtungen in Verbindung stehen. Zwischen der Epidermis und der inneren Rinde schiebt sich eine ringförmige Lufthöhle ein, welche von radial gestellten, aus 1 oder wenigen gestreckten Zellen bestehende Zellfäden, die innen an entsprechende Ausbuchtungen der Zellen der inneren Rinde sich anfügen, durchsetzt wird. Diese Bildung kommt dadurch zu Stande, dass bei der Streckung der Wurzel die äusseren Parenchymzellreihen die Längsstreckung nicht mit ausführen, sondern sich zur Bildung des Lufthöhlenringes nur in radialer Richtung ausdehnen, so dass die Radialsepten nicht geschlossen bleiben, sondern wie die Sprossen einer Leiter aus übereinander liegenden getrennten Zellfäden sich aufbauen.

Da die meisten Wurzeln der submersen Gewächse sehr dünn sind, so bleibt die Zahl der Parenchym-schichten und -Reihen nur eine geringe. Bei *Vallisneria* (Fig. 83a) befinden sich zwischen Epidermis und Schutzscheide nur 4 concentrische Schichten und circa 12 radiale Reihen, bei *Lemma trisulca* sogar nur 2 Schichten und circa 7 Reihen. Diese Wurzeln sind also ausserordentlich dünne Gebilde.

Die innerste Lage des Rindenparenchyms, von welcher die radialen Reihen ausstrahlen, bildet die Schutzscheide um den Leitbündelstrang. Sie ist bezüglich der Verkorkung viel ausgeprägter als in den Stengeln. In den meisten Fällen erstreckt sich die Verkorkung sowohl auf die Radial- als die Tagential-

---

<sup>1)</sup> Vergl. Fr. Schwarz, Wurzelhaare.

wandungen, wobei erstere wiederum stärker verkorrt erscheinen als letztere. Dagegen sind bei *Elodea*, *Potamogeton densus* und *crispus*, *Vallisneria*, *Lemma trisulca* nur die Radialwände in Form von Streifen mit Suberin imprägnirt. Ueberall bleiben die Schutzscheiden zartwandig.

Mechanisches Gewebe wird nirgends im Parenchym ausgebildet.

Der axile Leitbündelstrang, welcher von der Schutzscheide ungeschlossen wird, setzt sich entsprechend der Düntheit der Adventivwurzeln bei den submersen Gewächsen meist nur aus verhältnissmässig wenigen Elementen zusammen, welche überall die überhaupt für die Wurzeln typische, radiale Anordnung beibehalten. Was über die Differenzirung der Leitbündelelemente des Stammes oben auseinandergesetzt wurde, gilt auch für diejenigen der Wurzel. Gefässe werden nur in geringer Zahl ausgebildet: bei den meisten monocotylen submersen Pflanzen erfahren diese wenigen Gefässe insofern eine Reduction in ihrer Differenzirung, als die Resorption der Querwände schon eintritt, ehe die charakteristischen Wandverdickungen angelegt werden. Die Gefässe erscheinen dann als einfache, mit Flüssigkeit erfüllte Gänge. Auch die Phloëmgruppen erleiden eine Vereinfachung. In sehr vielen Fällen gelangen in jeder derselben nur je eine Siebröhre mit ihrer Geleitzelle zur Entwicklung. Die Gefässplatten stossen im Centrum zusammen und gestatten keine Entwicklung von Mark.

Da die Wurzeln einer verhältnissmässig kurzen Lebensdauer unterliegen, so tritt in den meisten Fällen und namentlich bei allen monocotylen submersen Pflanzen niemals ein Cambium auf, durch dessen Thätigkeit neue Gefässe und Siebröhren gebildet würden. Nur bei einigen mehr amphibisch vegetirenden Dicotylen, wie *Hippuris*, *Elatine*, erscheint ein Cambium, das aber bald seine Theilungen einstellt.

Zwischen den Gefässplatten und den Phloëmgruppen treffen wir überall eine dünne Zone zartwandiger, langgestreckter, parenchymatischer Elemente, welche von van Tieghem als „tissu conjonctif“ oder Verbindungsgewebe bezeichnet worden sind. Auch in den Gefässplatten können solche Zellen ausgebildet sein (*Myriophyllum spicatum*). Da dieses Parenchym, soweit es unmittelbar die Gefässe umgibt, höchst wahrscheinlich bei der Leitung des Wassers in den letzteren mit betheilig ist und dem Holzparenchym in den Leitbündeln des Stengels entspricht, so könnte es auch mit demselben Namen belegt werden, vor allem in den Fällen, wo die Phloëmgruppen von der Xylemparthie durch Cambium getrennt erscheinen.

In den meisten der hier besprochenen Wurzeln, so bei allen Monocotylen, wird aber das Cambium gar nicht angelegt oder angedeutet und das Verbindungsgewebe stellt dann zusammen mit dem in gleicher Weise ausgebildeten Pericambium, von welchem keine Seitenwurzeln mehr erzeugt werden, gewissermassen eine Art Grundgewebe des Stranges vor, in welches die Siebröhrengruppen und die Gefässe eingebettet liegen. In diesen Fällen entspricht das Verbindungsgewebe ganz den parenchymatischen Elementen, welche in den einfacheren axilen Strängen der Stämme ohne Dickenwachsthum zwischen Phloëm und Xylem liegen. Eine Unterscheidung in Phloëm- resp. Xylemparenchym ist nicht angängig, zumal in den einfachsten Wurzeln Siebröhren und Gefässe nur durch eine Lage solcher Zellen getrennt erscheinen. Die Bezeichnung „Verbindungsgewebe“ dürfte am zweckmässigsten für derartige Fälle sein.

Wie die axilen Stränge der Stämme, so unterwerfen wir auch diejenigen der Wurzeln am besten einer gesonderten Untersuchung bei den hier in Betracht kommenden Dicotylen und Monocotylen, welche in einigen Punkten Verschiedenheiten zeigen. Innerhalb beider Gruppen lassen sich die Wurzelstränge nach dem Grade der Vereinfachung zu je einer Uebergangsreihe zusammenstellen, welche besonders bei den Monocotylen mit sehr reducirten Endgliedern abschliesst.

α) Dicotylen.

Ein Blick auf die Figuren 69—74, welche in Querschnitten die Anordnung der Elemente in den Wurzeln von *Elatine alsinastrum*, *Hippuris vulgaris*, *Myriophyllum spicatum* und *alterniflorum*, *Ranunculus fluitans* und *aquatilis* veranschaulichen, lehrt, dass überall die radiale Vertheilung der Xylem- und Phloëmgruppen beibehalten bleibt. Auf die wohlausgeprägte Schutzscheide folgt nach innen zunächst eine Schicht zartwandiger, ziemlich weitleumiger, langgestreckter Zellen, das Pericambium, welches von van Tieghem als „membrane rhizogène“ bezeichnet wird, da sie die Stätte bezeichnet, wo die Bildung der Seitenwurzeln ihren Ursprung nimmt. Unmittelbar unter dem Pericambium folgen mehrere regelmässig vertheilte kleine Gruppen von Phloëm und abwechselnd mit diesen die englumigen Erstlingsgefässe, von denen die Bildung der Gefässplatten nach innen bis zur Axe vorschreitet. Siebröhren und Gefässe sind überall deutlich differenzirt. Zuweilen kann trotz ursprünglich regelmässiger Anlage hier und da die nachträgliche Ausbildung der Phloëmgruppen oder Gefässstrahlen eine etwas ungleichartige werden, so bei *Myriophyllum spicatum* in Fig. 71a. Wenn zarte Seitenwürzelchen an den Adventivwurzeln erzeugt werden, so besitzen dieselben im Allgemeinen einen ähnlich gebauten Strang wie letztere, nur verringert sich die Zahl der ihm zusammensetzenden Elemente. Durch Wegfall von Erstlingsgefässen kann die Gruppierung auch eine unregelmässige werden. So zeigt Fig. 71b den Querschnitt durch eine solche zarte Seitenwurzel von *Myriophyllum spicatum* mit nur 2 Gefässen, welche aber nicht diametral gegenüberstehen.

Die unverzweigten und dünnen Adventivwurzeln der *Callitriche*-Arten zeigen unter den Dicotylen die einfachsten Wurzelstränge, welche sich nur aus sehr wenigen Elementen zusammensetzen. Fig. 75a stellt den Querschnitt durch den diarchen Wurzelstrang von *Callitriche stagnalis* dar. Auf das wenigzellige Pericambium folgt in der Richtung eines Durchmessers eine Gefässplatte aus 3 Gefässen, wovon das mittlere, etwas weitleumigere, in der Axe liegt. Zu beiden Seiten liegen die auf je 1 Siebröhre mit ihrer Geleitzelle reducirten Phloëmgruppen. Die Geleitzellen stossen unmittelbar an das axile Gefäss, während zwischen die beiden Siebröhren und die Erstlingsgefässe sich je eine oder zwei Verbindungszellen einschieben. Die Landform von *Callitriche stagnalis* (Fig. 75b) besitzt in der Gefässplatte noch ein Gefäss mehr.

Ganz ähnliche Zusammensetzung aus wenigen Elementen zeigt der triarche Strang der Wurzel von *Call. vernalis* (Fig. 76).

β) Monocotylen<sup>1)</sup>.

Die axilen Wurzelstränge der monocotylen submersen Gewächse weichen von denen der dicotylen in einigen Punkten ab. Ihre Reihe endigt mit höchst einfachen Gebilden, in denen sogar die Differenzirung von Siebröhren zu unterbleiben scheint.

In der Betrachtung der Einzelformen sei der Ausgang von dem scharf differenzirten Wurzelstrang einer Schwimmpflanze genommen, von *Potamogeton natans* (Fig. 77), an welchen sich die übrigen *Potameen* direct anschliessen.

<sup>1)</sup> Vergl. auch Van Tieghem, *Symétr. de struct.* pg. 159. *Structure de quelques racines adventives de plus en plus simples.*

Der Wurzelstrang ist pentarch gebaut. Er enthält somit 5 Siebtheile, die aber alle auf je eine weitlumige, deutliche Siebröhre mit je einer nach innen ihr anlagernden Geleitzelle beschränkt erscheinen. Diese 5 Siebröhren liegen nun nicht mehr innerhalb des Pericambiums, sondern sind in dasselbe hinein-gerückt und stossen unmittelbar an die dickwandige, wohlentwickelte Schutzscheide. Dagegen haben die 5 zuerst angelegten, englumigen Gefässe des Stranges ihre normale Lage unter dem Pericambium mit den Siebtheilen alternirend beibehalten. In der Axe des Stranges verlaufen 2 weite, nebeneinanderliegende Gefässe, welche von den 5 zuerst gebildeten Gefässen und den Siebtheilen durch eine Lage „cellules conjunctives“ getrennt sind. Die Gefässstrahlen, welche sich hier sehr vereinfacht darstellen, sind also nicht geschlossen, wie dies beispielsweise bei *Ranunculus fluitans* der Fall ist. Siebtheile und Gefässtheile rücken durch Wegfall von Elementen enge zusammen und erstere sogar in das Pericambium hinein. Auch erzeugen diese Wurzeln nie ein Cambium; sie scheinen nur für einjährige Lebensdauer ausgebildet zu werden. Die Gefässe sind bei *Pot. natans* deutlich differenzirt mit netzförmigen Verdickungen und perforirten Querwänden. Mit Ausnahme der Siebröhren verdicken die übrigen Elemente des Stranges etwas ihre Wandung.

*Potamogeton densus* (Fig. 78) hat genau die gleiche Anordnung und Zahl der Elemente im Wurzelstrang. Indessen bleiben hier alle Zellen dünnwandig. Die grossen Siebröhren treten deutlich mit ihren Geleitzellen hervor. Die Gefässe aber erfahren keine deutliche Differenzirung der Wandung; auf Längsschnitten sieht man keine Verdickungen oder nur schwache Spuren, so dass die Gefässe als Gänge erscheinen. Ueberhaupt erfahren in den Wurzeln der monocotylen submersen Gewächse die Gefässe, obwohl sie überall sofort zu erkennen sind, keine weitgehende Ausbildung. Die Resorption der Querwände tritt meist ein, bevor Verdickungen angelegt werden.

*Potamogeton crispus* (Fig. 79) schliesst sich an vorhergehende Art an mit dem einzigen Unterschiede, dass in der Axe nur ein Gefässgang vorhanden ist, welcher bei allen im Folgenden beschriebenen Wurzeln wiederkehrt.

*Potamogeton pectinatus* (Fig. 80) zeichnet sich dagegen schon durch eine weitergehende Vereinfachung durch Ausfall von Elementen aus, insofern als von den Gefässen die 5 peripherischen unterdrückt sind und nur das axile, dessen Wandung mit zarten Spiralen verdickt erscheint, sich erhalten hat. Die 5 Siebröhren, seitlich durch 2—4 Pericambiumzellen getrennt, sind wie bei den vorhergehenden Arten ausgebildet. Das Verbindungsgewebe schiebt sich in Form eines nur einschichtigen Mantels zwischen das axile Gefäss und den Siebröhren-Pericambium-Mantel.

*Zannichellia palustris* (Fig. 81) unterscheidet sich von *Pot. pectinatus* im Bau des Wurzelstranges nur durch den Mangel von Verdickungen in dem axilen Gefäss.

Bei beiden ist zu bemerken, dass der radiale Bau des Stranges in einen genau concentrischen übergegangen ist.

Von den Wurzelsträngen der submersen *Potameen* weicht derjenige von *Elodea canadensis* darin ab, dass das Pericambium sich hier als geschlossene Ringzone noch erhalten hat, dass somit die Siebröhren, die nebst ihren Geleitzellen zu je einer die 4 oder 5 Phloëmtheile repräsentiren, ihre normale

Lage besitzen (Fig. 82). Das tetrarche oder pentarche Bündel<sup>1)</sup> zeigt im Uebrigen dieselbe Ausbildung wie bei *Potamogeton crispus*. Van Tieghem<sup>2)</sup> gelang es, in den Gefässen an den Wandungen zarte, spiralförmige Verdickungen nachzuweisen, welche aber später, zunächst im axilen Gefäss, resorbirt zu werden scheinen. Caspary's Darstellung<sup>3)</sup> ist ungenau und ebenso bedarf der von ihm beschriebene Wurzelstrang von *Hydrilla verticillata*<sup>4)</sup> einer erneuten Untersuchung.

Die einfachsten Wurzelstränge unter den monocotylen Wasserpflanzen besitzen *Vallisneria spiralis* und die *Lemnaceen*.

Bei ersterer folgt auf die im Querschnitt aus etwa 9 Zellen bestehende Schutzscheide ein einfacher Ring zartwandiger, langgestreckter Elemente, welche einen axilen Gang umgeben. Letzterer entspricht dem axilen Gefäss der übrigen Arten. Von den ihm umgebenden Zellen erblicken wir auf Querschnitten in dreien je eine Tangentialwand, welche eine innere kleinere und eine äussere grössere Zelle scheidet (Fig. 83b). Diese 3 getheilten Elemente liegen regelmässig im Ringe vertheilt und werden durch je zwei einfache Elemente seitlich getrennt. Zieht man zum Verständniss dieser Bildung den Strang von *Zannichellia* (Fig. 81) in Vergleich, so liegt die Annahme nahe, dass wir in den drei durch Tangentialwände getheilten Elementen je eine Siebröhre mit ihrer Geleitzelle zu erblicken haben. Es gelang mir wegen der Englumigkeit derselben nicht, auf Längsschnitten mit Sicherheit Siebplatten nachzuweisen, doch dürfte aus Gründen der Analogie die Siebröhrennatur dieser Gebilde sehr wahrscheinlich sein. Die zwischen den fraglichen Siebröhren gelegenen Zellen, je 2 an Zahl, würden sich dann als letzter Rest des Pericambiums darstellen und der ganze Wurzelstrang würde triarch gebaut sein. Alle übrigen Elemente bis auf das axile Gefäss sind geschwunden.

Van Tieghem<sup>5)</sup> hat die Tangentialwände übersehen und betrachtet die zwischen Schutzscheide und axilem Gang gelegenen Zellen als Pericambium. Er glaubt ferner, dass die Zellreihe, aus welcher der axile Gang entstände, dem gesammten Xylem und Phloëm der höher differenzirten Wurzeln homolog zu erachten seien, dass somit der einfache Wurzelstrang eine Hemmungsbildung vorstelle. Diese Ansicht theile ich nicht. Die Vereinfachung ist bedingt durch Wegfall von Elementen. Müller<sup>6)</sup> hat ebenfalls die Tangentialwände übersehen.

Noch einfacher gestalten sich die Verhältnisse für den Strang der kurzen, zarten und vergänglichen Adventivwurzeln von *Lemna trisulca* (Fig. 84), indem hier innerhalb der auf dem Querschnitt 7 zelligen Schutzscheide nur ein Ring von 7 zartwandigen, langgestreckten Zellen folgt, welche einen engen axilen Canal umschliessen. Tangentialwände sind in ersteren nicht mehr zu erkennen. Es erscheint zweifelhaft ob unter diesen Elementen sich Siebröhren vorfinden. Hegelmaier<sup>7)</sup> bezeichnet sie als Cambiform, ich möchte sie als homolog der Siebröhren-Pericambiumzone der übrigen betrachteten Wurzelstränge setzen. Auch *Lemna minor* (Fig. 85) hat denselben Bau des Stranges. In dem axilen Gang

1) Van Tieghem, Symétr. de struct., bildet den Querschnitt eines pentarchen Bündels ab (Til. VI Fig. 39).

2) Ibid. pg. 168 u. Til. VI Fig. 40.

3) Caspary, Hydrill. pg. 460.

4) Ibid. pg. 395.

5) Van Tieghem, l. c. pg. 172, Til. VI Fig. 42.

6) Müller, Vallisneria, pg. 55, Til. IV Fig. 39.

7) Hegelmaier, Lemn. pg. 97.

lassen sich bei beiden Arten Verdickungen nicht nachweisen, doch folgt seine Gefässnatur aus dem Vergleich mit dem im übrigen ebenso einfach gebauten Wurzelstrang von *Spirodela polyrrhiza*, in welchem Hegelmaier<sup>1)</sup> ringförmige, streckenweise auch spiralförmige Verdickungen des axilen Gefässes nachgewiesen hat. Van Tieghem<sup>2)</sup> sagt von der Zellreihe, aus welcher der Gang entsteht: „c'est la cellule-mère du cylindre de cambium, frappée d'arrêt de développement avant d'avoir pu se diviser en cellules cambiales.“ Ebenso wenig wie für *Vallisneria* ist diese Ansicht auch für *Lemna* haltbar. Auch Russow<sup>3)</sup> ist der Ansicht, dass wir es hier nicht mit Hemmungsbildungen zu thun haben.

*Vallisneria* und *Lemna* besitzen die einfachsten Wurzelstränge unter allen Gefässpflanzen. Von grosser Bedeutung für die Versorgung des assimilirenden Gewebes mit Nährsalzen können sie unmöglich sein, sie stellen reducirte Bildungen vor.

Von dem Wurzelstrang von *Najas major* gibt van Tieghem<sup>4)</sup> an, dass unter der Schutzscheide 2 Schichten gleichgestalteter, zartwandiger langgestreckter Zellen liegen, welche einen centralen Gang umschliessen. Ich halte es für sehr wahrscheinlich, dass sich in ersteren Siebröhren nachweisen lassen.

Zum Schlusse sei bemerkt, dass Wurzeln von Land- oder Uferpflanzen, falls sie im Wasser sich entwickeln, die Tendenz verrathen, die für die Wasserwurzeln überhaupt typischen Eigenschaften anzunehmen<sup>5)</sup>. In der Rinde bilden sich grössere luftführende Interzellularräume aus, die Gefässe im Stränge werden reducirte, dickwandige Elemente durch dünnwandige vertreten. Je nach der Anpassungsfähigkeit der betreffenden Gewächse werden die Unterschiede grössere oder geringere. Andererseits nähern sich die Wurzeln der Landformen der submersen Gewächse mehr oder weniger in der Structur den typischen Landwurzeln.

Vergleichen wir die axilen Stränge der Wurzeln mit denen der Stengel, so treten uns die bekannten Differenzen in der Anordnung der Phloem- und Xylemgruppen entgegen. Russow<sup>6)</sup> hat die Ansicht vertreten, dass die Wurzelstränge sich von Leitbündeln mit centralem Xylem und peripherischem Phloem ableiten. Dagegen setzt Falkenberg<sup>7)</sup> wohl richtiger den Wurzelstrang dem Centraleylinder des Stengels homolog und glaubt, dass man es in dem Centraleylinder der Wurzel ebenfalls mit verschiedenen Strängen zu thun habe. Ganz abgesehen von dieser Streitfrage bleibt die Gruppierung der Leitbündeltheile trotz der Verschmelzung zu axilen Strängen im Stamm und in der Wurzel eine andere und nur in den Endgliedern der stark reducirten Stränge der submersen Pflanzen treffen wir in beiden Organen gleichartige Bildungen an. In dem axilem Strang des Stengels von *Elodea* (Fig. 44) erblicken

<sup>1)</sup> Hegelmaier, Lemnac., pg. 100.

<sup>2)</sup> Van Tieghem l. c. pg. 174. Tfl. VI, Fig. 43.

<sup>3)</sup> Russow, pg. 59.

<sup>4)</sup> Van Tieghem, l. c., pg. 170. Tfl. VI, Fig. 41.

<sup>5)</sup> Costantin. Ann. sc. nat. 7. sér. I. pg. 173 ff.

<sup>6)</sup> Russow, pg. 11 u. 12.

<sup>7)</sup> Falkenberg, pg. 194.

wir einen radialen Bau ähnlich wie in der Wurzel dieser Pflanze (Fig. 82), welcher durch die eigenthümliche Verschmelzung aus 4 Leitbündeln zu Stande gekommen ist. *Potamogeton pectinatus* und *Zannichellia palustris* dagegen besitzen sowohl im Stengel wie in der Wurzel genau concentrischen Bau der einfachen Bündel (Fig. 42 a, 43 und Fig. 80, 81). Auch *Najas* dürfte sich beiden in diesem Verhalten anschliessen. Aus gänzlich verschiedenen Anfangsgliedern gehen somit im Laufe der phylogenetischen Entwicklung durch Vereinfachung gleichartige Endformen hervor.

Bonn, botanisches Institut. December 1885.

## Litteratur-Verzeichniss.

- F. W. C. Areschoug: Jemförende Undersökningar öfver Bladets Anatomi. Lund 1878.
- E. Askenasy: Ueber den Einfluss des Wachstumsmediums auf die Gestalt der Pflanzen. Bot. Ztg. 1870. (Ranunculus aquatilis und divaricatus.)
- E. Bornet: Recherches sur le Phucagrostis major Cavol. Ann. sc. nat. Bot. 5. sér. I. 1864.
- J. Borodin: Spaltöffnungen bei Callitriche autumnalis. Bot. Ztg. 1869.
- J. Borodin: Ueber den Bau der Blattspitzen einiger Wasserpflanzen. Bot. Ztg. 1870.
- R. Caspary: Die Hydrilleen. Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. I. 1858 Berlin.
- R. Caspary: Ueber Hydrilla verticillata. Amtl. Bericht der Vers. deutscher Naturf. u. Aerzte. Königsberg 1860.
- R. Caspary: Aldrovandia vesiculosa. Bot. Ztg. 1859 und 1862.
- R. Caspary: Bulliarda aquatica DC. Schriften phys. öcon. Ges. Königsberg I. 1860.
- R. Caspary: Bemerkungen über die Schutzscheide und die Bildung des Stammes und der Wurzel. Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. IV. 1865/66 Leipzig.
- R. Caspary: Ueber die Gefässbündel der Pflanzen, vorlfg. Mitth. Kgl. Acad. der Wiss. Berlin 1862, Juli 10.
- G. A. Chatin: Recherches d'anatomie comparée végétale. Anatomie de la famille des Najades. Compt. rend. hebdom. des séances de l'Acad. des sc. Paris 1854, Bd. XXXIX. pg. 1044.
- G. A. Chatin: Anatomie de la Vallisneria spiralis. Bull. soc. bot. France I. 1854 Paris.
- G. A. Chatin: Anatomie comparée des végétaux, Plantes aquatiques monocotylédones. Paris 1857—1862.
- G. A. Chatin: Faits d'anatomie et de physiologie pour servir à l'histoire de l'Aldrovandia. Bull. soc. bot. France V. 1858. Paris.
- F. Cohn: Ueber Aldrovandia vesiculosa. Flora 1850, p. 673.
- J. Costantin: Recherches sur la structure de la tige des plantes aquatiques. Ann. sc. nat. Bot. 6. sér. XIX. 1884. Paris.
- J. Costantin: Recherches sur l'influence qu'exerce le milieu sur la structure des racines. Ann. sc. nat. Bot. 7. sér. I. 1885. Paris.

- J. Costantin: Observations critiques sur l'épiderme des feuilles des végétaux aquatiques. Bull. soc. bot. France XXXII. 1885.
- A. De Bary: Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane. Leipzig 1877.
- P. Duchartre: Études sur les Zostéracées. Compt. rend. hebdomad. des séances de l'Acad. des sc. Paris 1854. Bd. XXXIX, pg. 1008 u. 1080.
- P. Duchartre: Quelques observations sur les caractères anatomiques des Zostera et Cymodocea. Bull. soc. bot. France XIX. 1872. Paris.
- P. Falkenberg: Vergl. Untersuchungen über den Bau der Monocotylen. 1876. Stuttgart. (Pot. crispus, Zostera mar., Vallisn. spir.)
- A. B. Frank: Beiträge zur Pflanzenphysiologie II. Ueber die Entstehung der Intercellularräume der Pflanzen. Leipzig 1868.
- J. Grünland: Beitrag zur Kenntniss von Zostera. Bot. Ztg. 1851, pg. 185.
- G. Haberlandt: Physiologische Pflanzenanatomie im Grundriss. Leipzig 1884.
- Fr. Hegelmaier: Monographie der Gattung Callitriche. Stuttgart 1864.
- Fr. Hegelmaier: Die Lemnaceen. Leipzig 1868.
- Fr. Hegelmaier: Ueber verschiedene Entwicklungs-Erscheinungen an jugendlichen Theilen einiger Wassergewächse. (Blattspitzen von Myrioph. und Ceratoph.) Bot. Ztg. 1871, pg. 493.
- Th. Holm: Recherches anatomiques sur deux Monocotylédones submergées. (Halophila Baillonii et Elodea densa.) Bihang till k. svenska Vet-Acad. Handlingar, Bd. 9. Stockholm 1885.
- Th. Irmisch: Ueber das Vorkommen von schuppen- oder haarförmigen Gebilden innerhalb der Blattscheiden bei monocotylen Gewächsen. Bot. Ztg. 1858, pg. 177.
- Fr. Kamienski: Vergleichende Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Utricularien. Bot. Ztg. 1877.
- Fr. Kamienski: Vergleichende Anatomie der Primulaceen. Abhandl. der naturforsch. Ges. in Halle. XIV. 1878.
- J. de Klercker: Sur l'anatomie et le développement de Ceratophyllum. Bihang till k. svenska Vet-Acad. Handlingar, Bd. 9. Stockholm 1885.
- N. Lewakoffski: Ueber den Einfluss des Wassers auf das Wachsthum der Stengel und Wurzeln einiger Pflanzen. Gelehrte Schriften der Kais. Universität Kasan 1873. Russisch. Ref. Bot. Jahresber. 1873, pg. 594.
- N. Lewakoffski: Zur Frage über den Einfluss des Mediums auf die Form der Pflanzen. Ibid.
- P. Magnus: Beiträge zur Kenntniss der Gattung Najas. Berlin 1870.
- P. Magnus: Einige Bemerkungen zu dem Aufsatz des Herrn J. Borodin „Ueber den Bau der Blattspitze etc.“. Bot. Ztg. 1871.
- F. Müller: Untersuchungen über die Structur einiger Arten von Elatine. Flora 1877, pg. 481, Thl. VII.
- J. Fr. Müller: Die Entwicklung von Vallisneria spiralis. Bot. Abh. von J. Hanstein. III. Bonn 1878.
- C. Nägeli: Das Wachsthum des Stammes und der Wurzel bei den Gefässpflanzen und die Anordnung der Gefässstränge im Stengel. Beitr. zur wiss. Bot. I. Heft. Leipzig 1858.

- Fil. Parlatore: Tavole per una Anatomia delle piante aquatiche. Firenze 1881.
- K. Prantl: Morphologische Studien II. Was ist unter Cambiform zu verstehen? Flora 1876.
- N. Pringsheim: Zur Morphologie der Utricularien. Mtsber. kgl. Acad. Wissensch. Berlin 1869.
- W. Rothert: Vergl. anatom. Untersuchungen über die Differenzen im primären Bau der Stengel und Rhizome krautiger Phanerogamen nebst einigen allgemeinen Betrachtungen histologischen Inhalts. Dorpat 1885. Inaug.-Diss.
- E. Russow: Betrachtungen über das Leitbündel- und Grundgewebe. Dorpat 1875.
- C. Sanio: Vergleichende Untersuchungen über die Zusammensetzung des Holzkörpers. Bot. Ztg. 1863. Nachschrift pg. 408.
- C. Sanio: Einige Bemerkungen in Betreff meiner über Gefässbildung geäußerten Ansicht. Bot. Ztg. 1865 p. 184. (Hippuris, Ceratophyll., Trapa, Anacharid. etc.).
- B. Scheifers: Anatomie der Laubsprosse von Potamogeton. Bonn 1877. Inaug.-Diss.
- H. Schenck: Ueber Structuränderung submers vegetirender Landpflanzen. Ber. deutsch. bot. Ges. II. 1884. Berlin.
- M. J. Schleiden: Beiträge zur Kenntniss der Ceratophylleen. Beitr. z. Botanik. Leipzig 1844.
- Fr. Schwarz: Die Wurzelhaare der Pflanzen. Unters. bot. Inst. Tübingen I. 1883 Leipzig.
- S. Schwendener: Das mechanische Princip im anatomischen Bau der Monocotylen. Leipzig 1874.
- S. Schwendener: Die Schutzscheiden und ihre Verstärkungen, Abhandl. der kgl. Acad. d. Wissensch. Berlin 1882.
- E. Strasburger: Das botanische Practicum. Jena 1884. (Hippuris, Elodea).
- Ph. van Tieghem: Anatomie de l'Utriculaire commune. Ann. sc. nat. Bot. 5 sér. X. 1868.
- Ph. van Tieghem: Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires I. La racine. Ann. sc. nat. Bot. 5. sér. XIII. 1870—71.
- Herm. Vöchting: Zur Histologie und Entwicklungsgeschichte von Myriophyllum. Nova Acta Acad. Leopold. XXXVI. Dresden 1872.
- G. Volkens: Ueber Wasserausscheidung in liquider Form an den Blättern höherer Pflanzen. Jahrb. bot. Garten. Berlin II. 1883.





# Erklärung der Abbildungen.

## Tafel I.

### Blattstructur.

Fig. 1. *Ceratophyllum demersum*.

- a) Querschnitt durch einen Blattzipfel, Chlorophyll zum Theil eingezeichnet.
- b) Leitbündel des Blattes mit den benachbarten Parenchymzellen im Querschnitt.
- c) Epidermis des Blattes, von der Fläche gesehen.
- d) Die subepidermale Parenchymlage, von der Fläche gesehen.

Fig. 2. *Utricularia minor*.

- a) Querschnitt durch den unteren Theil eines Blattes.
- b) Querschnitt durch einen Endzipfel.

Fig. 3. *Utricularia vulgaris*.

- a) Querschnitt durch den unteren Theil eines Blattes. Chlorophyll in der Epidermis. Die grösseren Intercellularen sind mit stärkeren Conturen versehen.
- b) Querschnitt durch den oberen Theil eines kleinen Endzipfelchens.
- c) Epidermis der Blattzipfel von oben, mit den Köpfchenhaaren.
- d) Subepidermale Parenchymschicht, von der Fläche gesehen.

Fig. 4. *Myriophyllum spicatum*.

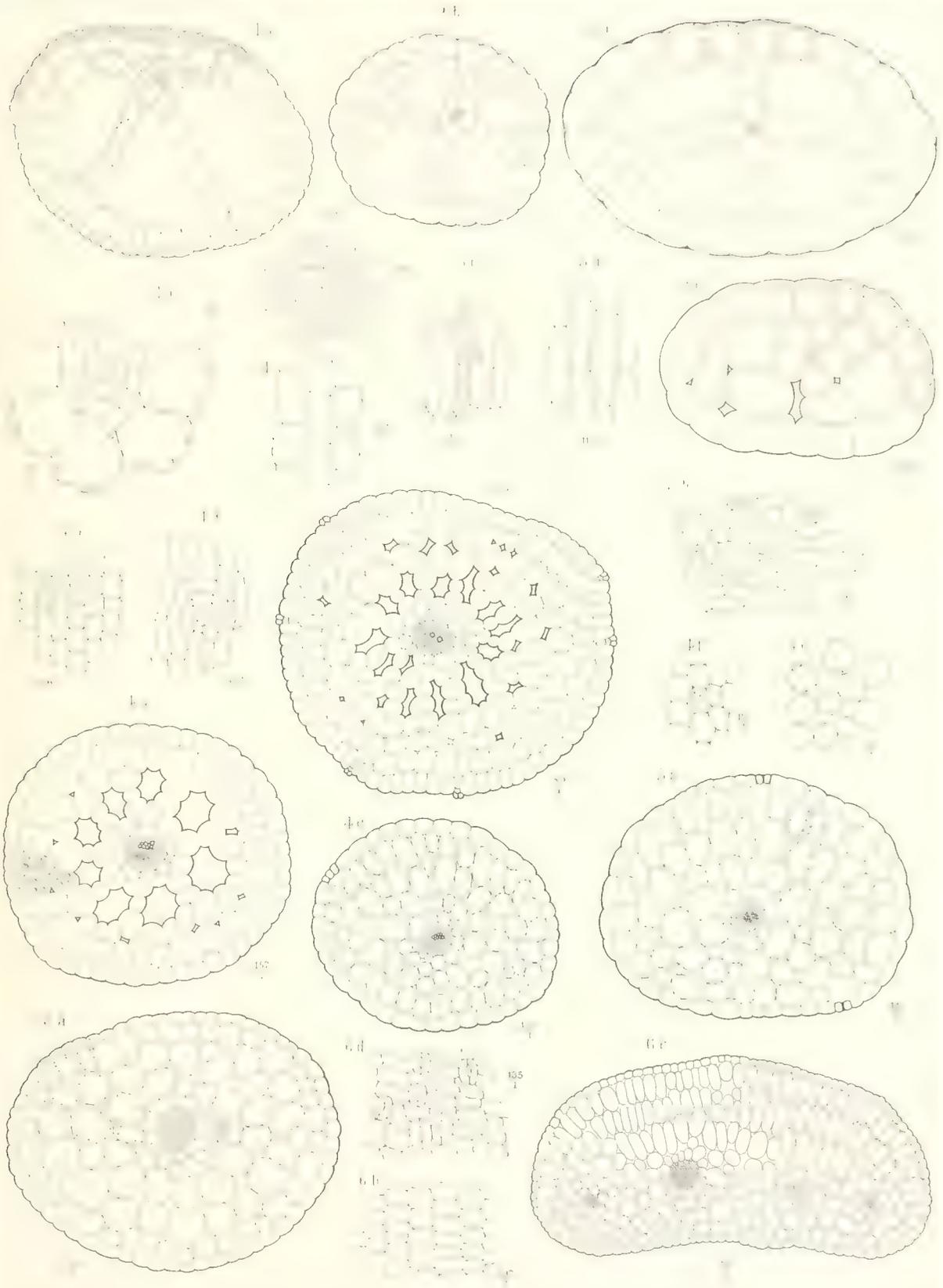
- a) Querschnitt durch ein Blattfiederchen der Wasserform. Epidermis mit Chlorophyll, Parenchym von grossen Stärkekörnern mit schwachgrüner Hülle erfüllt.
- b) Epidermis der Blattfiederchen, von oben gesehen.
- c) Querschnitt durch ein Blattfiederchen der Landform; Epidermis ohne Chlorophyll, aber mit Spaltöffnungen.
- d) Blattepidermis der Landform, von oben gesehen.
- e) Subepidermale, Palissadenparenchymartige Schicht der Oberseite eines Blattfiederchens der Landform, von oben gesehen.
- f) Subepidermale Parenchymschicht der Unterseite desselben Fiederchens, von oben gesehen.

Fig. 5. *Myriophyllum alterniflorum*.

- a) Querschnitt durch ein Blattfiederchen der Landform, Epidermis sparsam kleine Chlorophyllkörperchen noch enthaltend.
- b) Epidermis desselben, von oben gesehen.

Fig. 6. *Ranunculus fluitans*.

- a) Blattzipfel der Wasserform im Querschnitt; das Leitbündel hat sich in 2 Bündel für die nächstfolgenden Zipfel gespalten; Radialer Bau.
- b) Epidermis der Blattzipfel der Wasserform, von oben gesehen.
- c) Querschnitt durch einen Blattzipfel der Landform. Epidermis ohne Chlorophyll. Dorsiventraler Bau.
- d) Epidermis der Oberseite desselben, von oben gesehen.



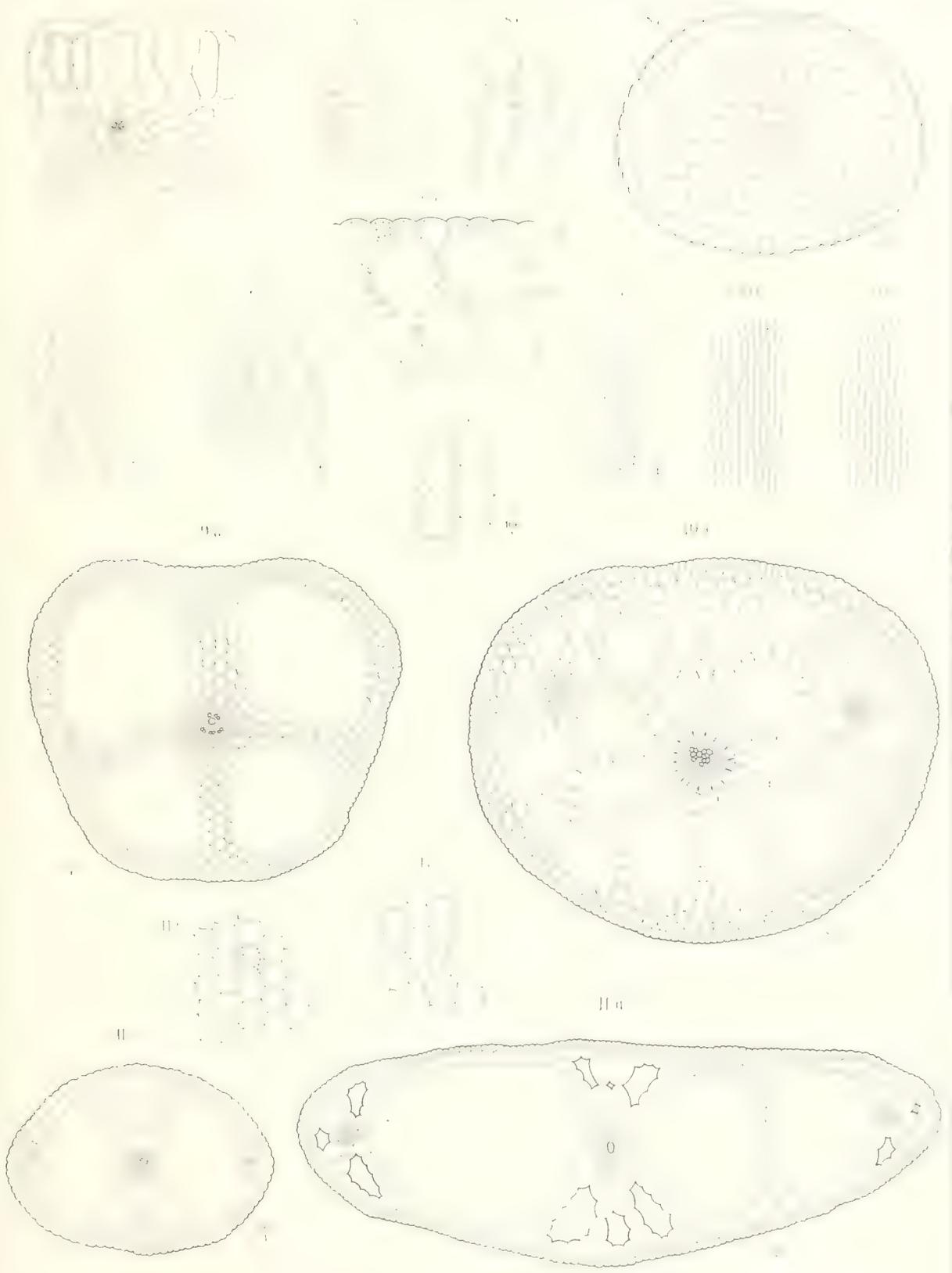




Tafel II.

**Blattstructur.**

- Fig. 7. *Ranunculus aquatilis*.  
a) Querschnitt durch einen verbreiterten Blattzipfel der Landform; zeigt die für die Luftblätter typische Differenzirung der Gewebe.  
b) Epidermis der Oberseite,  
c) Epidermis der Unterseite desselben Zipfels.
- Fig. 8. *Ranunculus divaricatus*.  
a) Querschnitt durch einen Blattzipfel der Wasserform.  
b) Epidermis desselben, von oben gesehen.  
c) Subepidermale Parenchymschicht, von oben gesehen.
- Fig. 9. *Isöites lacustris*.  
a) Querschnitt durch ein submerses Blatt. Gefässbündel mit lysigenem Gang, nach oben mit einem wenige Gefässe enthaltenden Holztheil, nach unten im Halbkreis Phloömgruppe.  
b) Aussenwandung eines Luftganges desselben im Querschnitt, ep. Epidermis.  
c) Epidermis des Blattes, von oben gesehen.  
d) Die subepidermale Parenchymschicht, von oben gesehen.
- Fig. 10. *Litorella lacustris*.  
a) Querschnitt durch das Blatt eines submersen Exemplars.  
b) Blattepidermis der Oberseite.  
c) Blattepidermis der Unterseite.
- Fig. 11. *Potamogeton pectinatus*.  
a) Blattquerschnitt; ein medianes Bündel, zwei seitliche, letztere angedeutet. Zartblättrige Varietät.  
b) Epidermis desselben Blattes, von oben gesehen.  
c) Subepidermale Parenchymschicht desselben Blattes, von oben gesehen.  
d) Blattquerschnitt. Grossblättrige robustere Varietät.



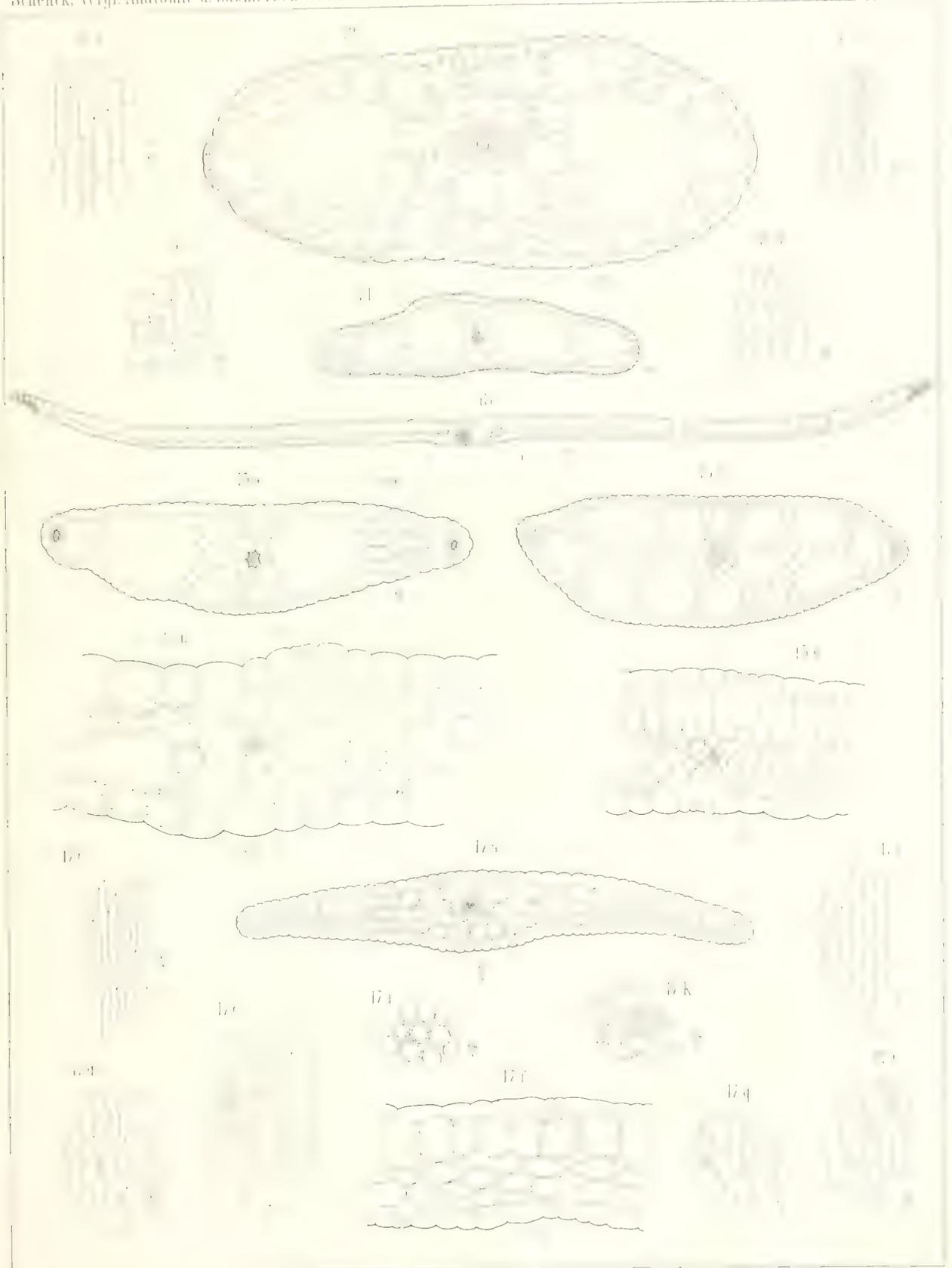




### Tafel III.

#### Blattstructur.

- Fig. 12. *Zannichellia palustris*.  
Blattquerschnitt. Im Bündel ein Gefässgang.
- Fig. 13. *Elodea canadensis*.  
Blattquerschnitt. Unter dem medianen Bündel eine Fasergruppe, auch die Epidermiszellen der Unterseite daselbst faserartig entwickelt. Am Blattrande einige Epidermiszellen der Unterseite, ebenfalls langgestreckt und verdickt. i. Intercellulargänge.
- Fig. 14. *Aldrovandia vesiculosa*.  
Querschnitt durch den Blattstiel. Lufträume bis an die Epidermis stossend. Letztere bildet die assimilirende Gewebeschicht. Blattbündelchen angedeutet.
- Fig. 15. *Alisma Plantago*.  
a) Querschnitt durch ein lineales zartes Blatt einer submersen keimten jungen Pflanze. Lufthöhlen bis zur chlorophyllhaltigen Epidermis reichend. 1 medianes und 2 laterale Blattbündel. Sept. = perforirtes einschichtiges zartes Querseptum der Luftgänge.  
b) Querschnitt durch ein Blatt derselben Pflanze, welches eine etwas erbreiterte Spreite besass und den Uebergang zu den Luftblättern zeigte. Die Parenchymsepten gruppieren sich annähernd zu einer Art von Schwammparenchym; auf der Oberseite bilden sich Spaltöffnungen (St.)  
c) Epidermis der Oberseite,  
d) Epidermis der Unterseite desselben Blattes.  
e) Querschnitt durch die eiförmige Spreite eines gestielten Luftblattes einer auf Schlamm keimten jungen Luftpflanze. Structur der Epidermis und des Parenchyms wie bei einem typischen Luftblatt.
- Fig. 16. *Alisma natans*.  
a) Querschnitt durch ein submerses schmallineales Blatt.  
b) Epidermis der Oberseite,  
c) Epidermis der Unterseite desselben.
- Fig. 17. *Callitriche vernalis*.  
a) Querschnitt durch ein submerses schmallineales Blatt. Epidermis ohne Chlorophyll und Spaltöffnungen.  
b) Epidermis der Oberseite,  
c) Epidermis der Unterseite desselben Blattes.  
d) Epidermis der Oberseite,  
e) Epidermis der Unterseite eines submersen Blattes mit erbreiteter Spreite, Uebergang zu den Schwimmblättern; erstere mit Spaltöffnungen.  
f) Querschnitt durch das Blatt der Landform.  
g) Epidermis der Oberseite,  
h) Epidermis der Unterseite desselben Blattes.  
i) Subepidermale Parenchymschicht der Oberseite, Palissadenschicht.  
k) Subepidermale Parenchymschicht der Unterseite, Schwammparenchym. Beide von demselben Blatte und von der Fläche betrachtet.







Tafel IV.

**Blattstructur.**

Fig. 18. *Hottonia palustris*.

- a) Querschnitt durch einen Zipfel des gefiederten Blattes
- b) Blattepidermis.
- c) Subepidermales Parenchym, von der Fläche gesehen.

Fig. 19. *Lemna trisulca*.

- a) Querschnitt durch den Sprossstiel.
- b) 2. Sprossglied, oberer Theil, im Querschnitt. Epidermis nur mit sehr wenigen kleinen Chlorophyllkörperchen.
- c) Epidermis desselben, von oben gesehen.
- d) Subepidermales Parenchym, von oben gesehen.
- e) Querschnitt durch eine Taschenwandung. Epidermis der Aussenseite wie gewöhnlich ausgebildet, die der Innenseite dem Parenchym gleichgestaltet.

Fig. 20. *Vallisneria spiralis*.

- a) Querschnitt aus dem oberen Theil des Blattes mit dem medianen Bündel. Luftgänge regelmässig parallel neben einander laufend.
- b) Medianes Leitbündel aus dem Blatt im Querschnitt. Zeigt dieselbe Zusammensetzung wie die Leitbündel des Stammes.
- c) Blattepidermis, von oben gesehen.

Fig. 21. *Zostera marina*.

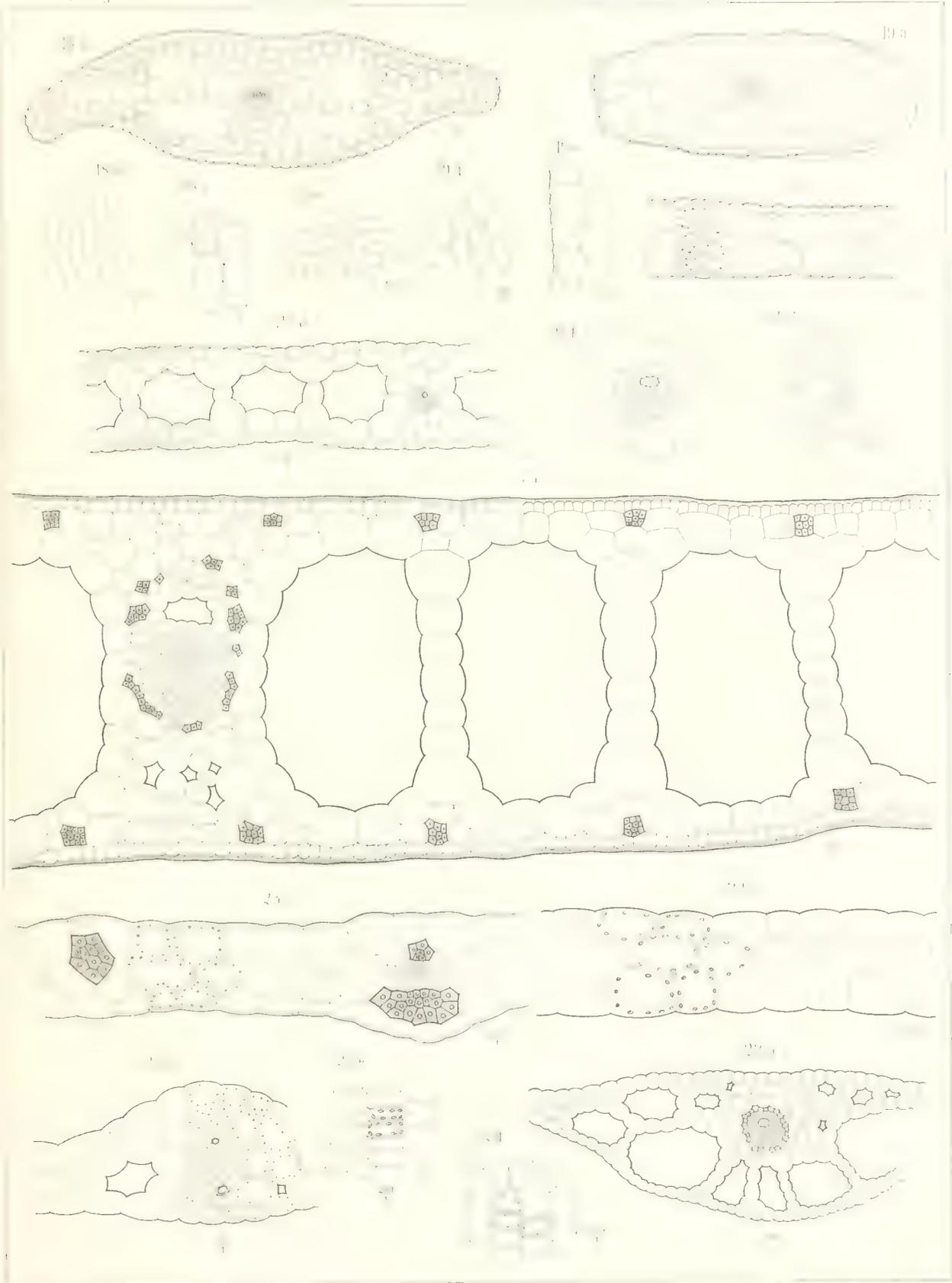
Blattquerschnitt mit dem medianen Leitbündel, welches aus dem nach oben gelagerten Holztheil, einen lysigenen Gang umschliessend, und dem nach unten gelagerten grossen Siebtheil besteht und aussen einen unterbrochenen Ring von Fasergruppen besitzt. Bastrippen unter der Epidermis regelmässig vertheilt.

Fig. 22. *Potamogeton densus*.

- a) Blattmedianus im Querschnitt. Leitbündel angedeutet, mit Bastfasern im Umkreis.
- b) Seitenrippe im Querschnitt. Im Xylem des Bündels ein enger Gang, durch Resorption aus Ringgefässen entstanden. Die Ringe bleiben im Gange erhalten. Phloëm mit Siebröhren. An der Unterseite eine Bastfaser.
- c) Blattlamina zwischen den Rippen, im Querschnitt.
- d) Epidermis der Blattoberseite, von oben gesehen.
- e) Epidermis der Blattunterseite, von oben gesehen.

Fig. 23. *Potamogeton acutifolius*.

Blattquerschnitt mit Lateralbündel, welches oben und unten Bastbelege zeigt. Ausserdem in der Lamina subepidermale Bastrippen regelmässig vertheilt.







## Tafel V.

### Stammstructur.

Fig. 24. *Peplis Portula*.

Querschnitt durch den axilen Strang des Stengels eines submers erwachsenen Exemplars. m Mark, phl äussere Phloëmzone, phl<sup>1</sup> innere Phloëmzone.

Fig. 25. *Elatine Alsinastrum*.

Querschnitt durch den axilen Strang eines dünnstengeligen Exemplars. Im Inneren des Xylemringes zartwandiges Mark, aussen der Phloëmring bis zur Schutzscheide.

Fig. 26. *Utricularia vulgaris*.

Querschnitt durch den axilen Strang des Stengels. m collenchymatisch verdicktes Mark, phl Phloëmring, xyl Holztheil, nur an der Unterseite zwischen Mark und Phloëmring entwickelt; aussen die Schutzscheide.

Fig. 27. *Utricularia minor*.

Axiler Strang im Querschnitt. Sehr zartstengeliges Exemplar. Nur ein Gefäss im Holztheil. Anordnung der Elemente wie bei voriger Art.

Fig. 28. *Callitriche stagnalis*.

Axiler Strang im Querschnitt.

a) aus dem Stengel der Wasserform. Mark resorbirt.

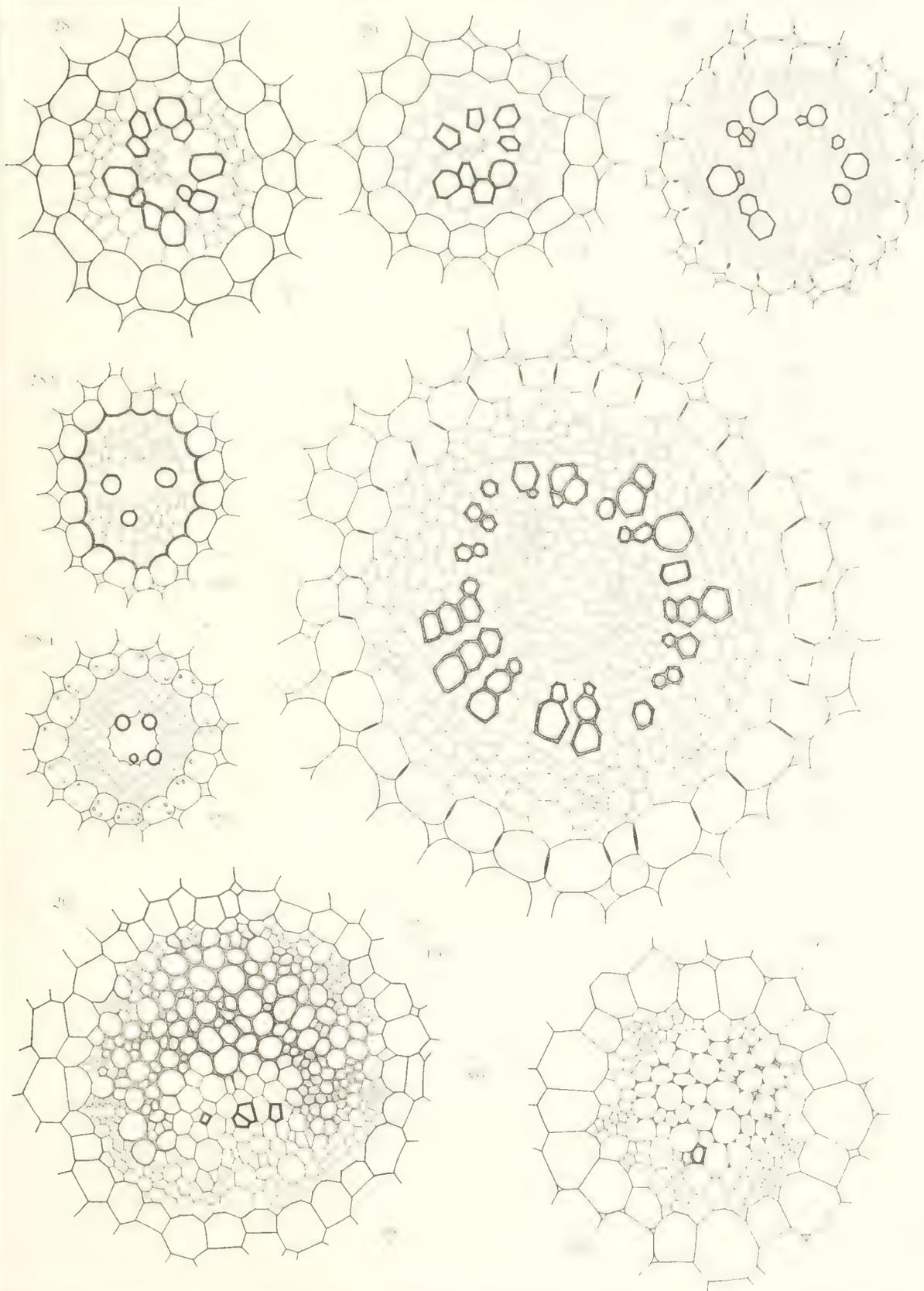
b) desgl., Schutzscheide etwas verdickt.

c) aus dem Stengel der Landform. Gefässe in grösserer Zahl. Markzellen erhalten geblieben. Phloëmring sehr schmal.

Fig. 29. *Callitriche vernalis*.

Axiler Strang, im Querschnitt. Landform. Mark erhalten. Im Phloëmring nur etwa 4 Siebröhren erkennbar.

---







## Tafel VI.

### Stammstructur.

Fig. 30. *Hottonia palustris*.

Axiler Strang des Stengels im Querschnitt. Auf den Gefässring folgt nach innen ein markähnliches Holzparenchym mit den Ueberresten der zuerst gebildeten Gefässe: die aus Erstlingsgefässen entstandenen Intercellularlücken mit stärkeren Conturen gezeichnet.

Fig. 31. *Aldrovandia vesiculosa*.

Axiler Strang des Stengels im Querschnitt. In der Axe der durch Resorption von Ringgefässen entstandene Gang, umgeben von Holzparenchymzellen, auf welche nach aussen bis zu der unverkorkten Schutzscheide eine dicke Phloëmringszone folgt.

Fig. 32. *Ceratophyllum demersum*.

Axiler Strang im Querschnitt. In der Axe der lysigene Xylemgang, Holzparenchym verdickt. Phloëmringszone sehr entwickelt, mit grossen Siebröhren.

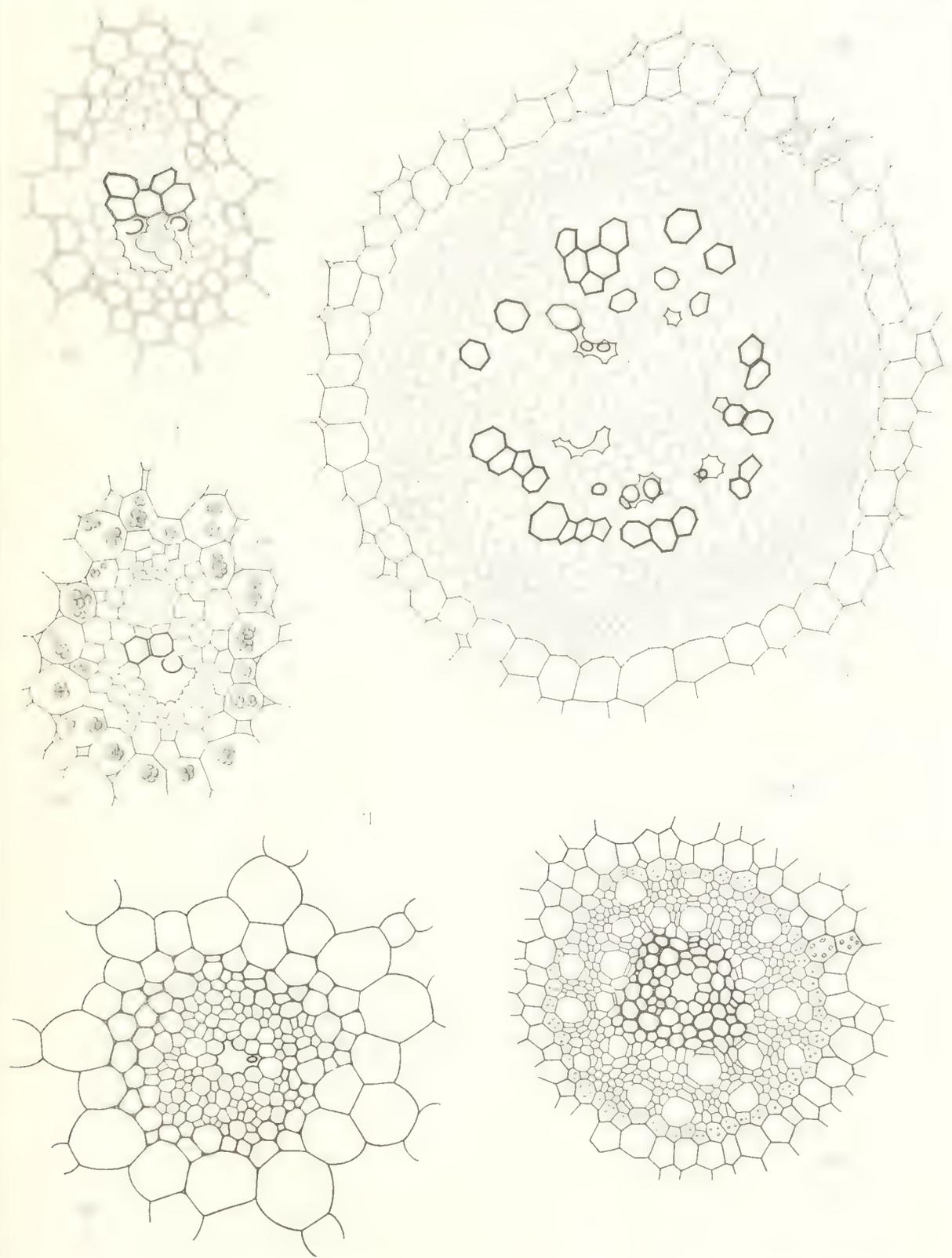
Fig. 33. *Ranunculus aquatilis*.

Querschnitt durch ein einzelnes Gefässbündel aus dem Stamm der submersen Form. Die zuerst gebildeten Gefässe sind resorbirt zu 2 Gängen, die von zartem Holzparenchym umgeben werden. (In der Regel nur 1 solcher Gang.) Das Bündel wird von einer schwach verdickten mechanischen Scheide, die zu beiden Seiten unterbrochen ist, umgeben. phl Phloëm.

Fig. 34. *Ranunculus divaricatus*.

Gefässbündel aus dem Stamm. Untergetauchtes Exemplar. Die Scheide m ist nicht verdickt. Im Holztheil nur ein Gang. phl Phloëm. r Rindenparenchym mit grossen zusammengesetzten Stärkekörnern.

---







## Tafel VII.

### Stammstructur.

Fig. 35. *Potamogeton perfoliatus*.

Eines der vier eckständigen stammeigenen Bündel des axilen Stranges im Querschnitt. end Endodermis des Stranges, mp Markgrundgewebe zwischen den Bündeln desselben, rp Rindenparenchym. Im Xylem des Bündels ein grosser, aus Gefässen durch Resorption entstandener Gang, der von einer schmalen Zone Holzparenchym umgeben wird. Phloëm mit 9 grossen Siebröhren, davon eine mit Siebplatte gezeichnet; m Bastfasern.

Fig. 36. *Potamogeton nitens*.

Axiler Strang des Stengels im Querschnitt, aus 10 Einzelbündeln, welche mehr oder weniger verschmolzen sind, zusammengesetzt. In der Mediane liegen 2 Bündel, von denen das grössere 3 Phloëtheile, einen aussen, zwei seitlich zeigt. Zwischen den Bündeln ziehen sich schmale Zonen von Grundgewebe (mp) hin, deren dickere Wandung durch stärkere Conturen wiedergegeben ist, ferner Bastfasern, welche auch die Schutzscheide (end) zum Theil verstärken. Die Xylemtheile der Bündel sind hier wie auch in den folgenden Figuren leicht an den grossen, von Holzparenchym kranzförmig umgebenen Gängen zu erkennen. Siebtheile mit grossen Siebröhren.

Fig. 37. *Potamogeton crispus*.

Axiler Strang im Querschnitt. Einzelbündel zu einer medianen und 2 seitlichen Gruppen enger vereint, zwischen denen stärkeführendes Grundgewebe und einzelne Bastfasern auftreten. Die rechte Gruppe enthält noch 2 Xylemtheile, die linke bloss einen.

Fig. 38. *Potamogeton lucens*.

Axiler Strang im Querschnitt. Verschmelzung weiter vorgeschritten. In den 3 Bündelgruppen nur je 1 Holztheil, im mittleren 2 Phloëmgruppen. Grundgewebe (mp) grosszellig, zartwandig, mit kleinen Intercellularen. Wenig verdickte Bastfasern in Gruppen legen sich an die Grundgewebszonen und an die Endodermis in der Mediane an.

Fig. 39. *Potamogeton densus*.

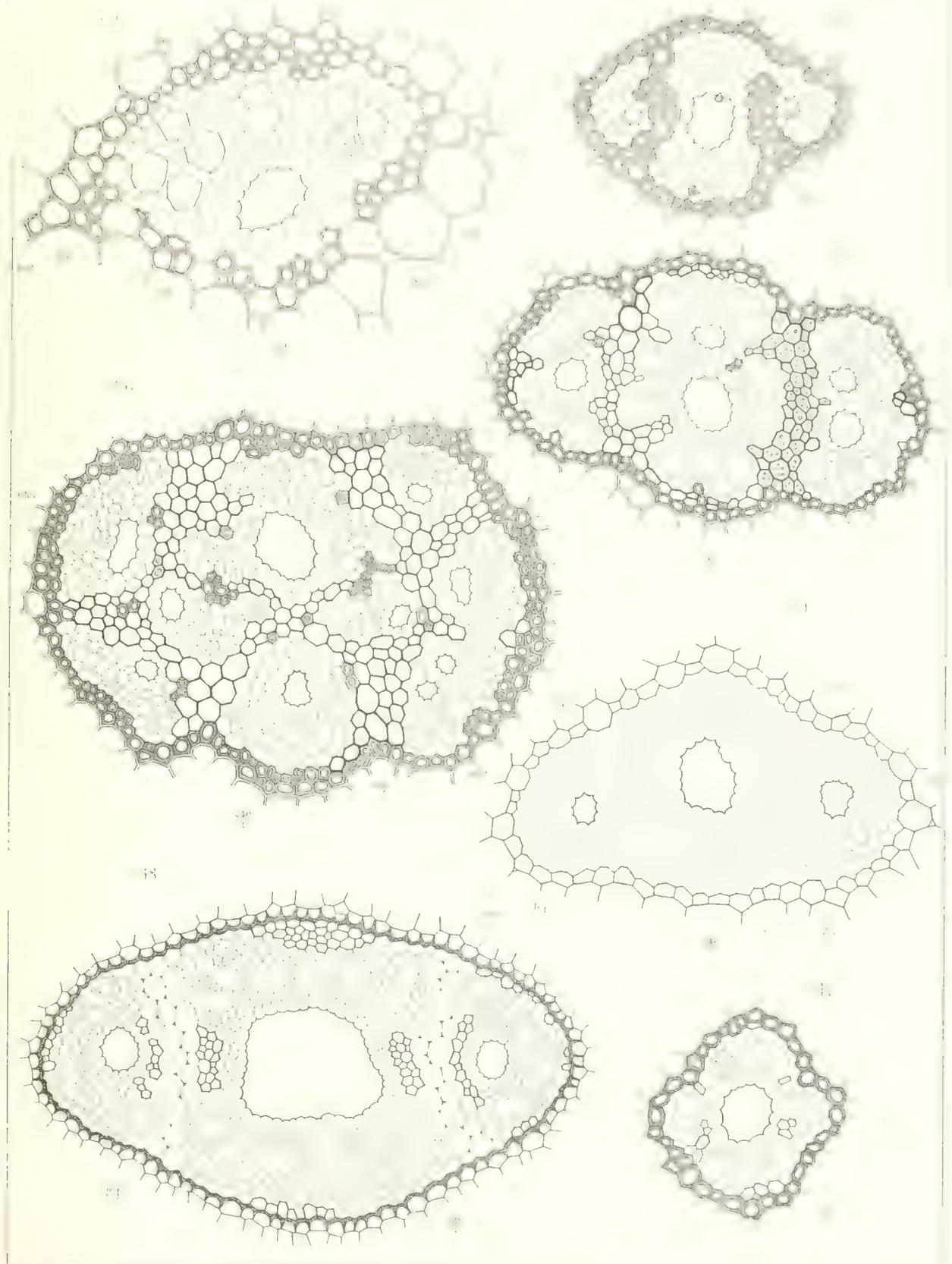
Axiler Strang im Querschnitt. Alle Elemente zartwandig, im Uebrigen ähnliche Zusammensetzung wie bei voriger Art. Das Grundgewebe (mp) zwischen den mittleren grösseren und den beiden seitlichen kleineren Bündeln auf dem Querschnitt kaum hervortretend, in Form einer schmalen Zone vorhanden. end Schutzscheide, s Siebröhren.

Fig. 40. *Potamogeton acutifolius*.

Axiler Strang im Querschnitt. Schutzscheide dickwandig. Das mittlere grössere Bündel mit 2 Phloëmtheilen von den beiden kleineren seitlichen Bündeln durch Bastfasern geschieden. In den Xylemgängen Gefässringe, an der Wandung haftend, sichtbar.

Fig. 41. *Potamogeton pusillus*.

Axiler Strang im Querschnitt. Holztheile aller Einzelbündel zu einem einzigen axilen verschmolzen. Dagegen lassen sich noch 4 Phloëmgruppen, 2 mediane und 2 transversale, erkennen, welche durch einige dünne Bastfasern geschieden werden. Schutzscheide dickwandig. Eine Siebröhre mit Siebplatte gezeichnet.



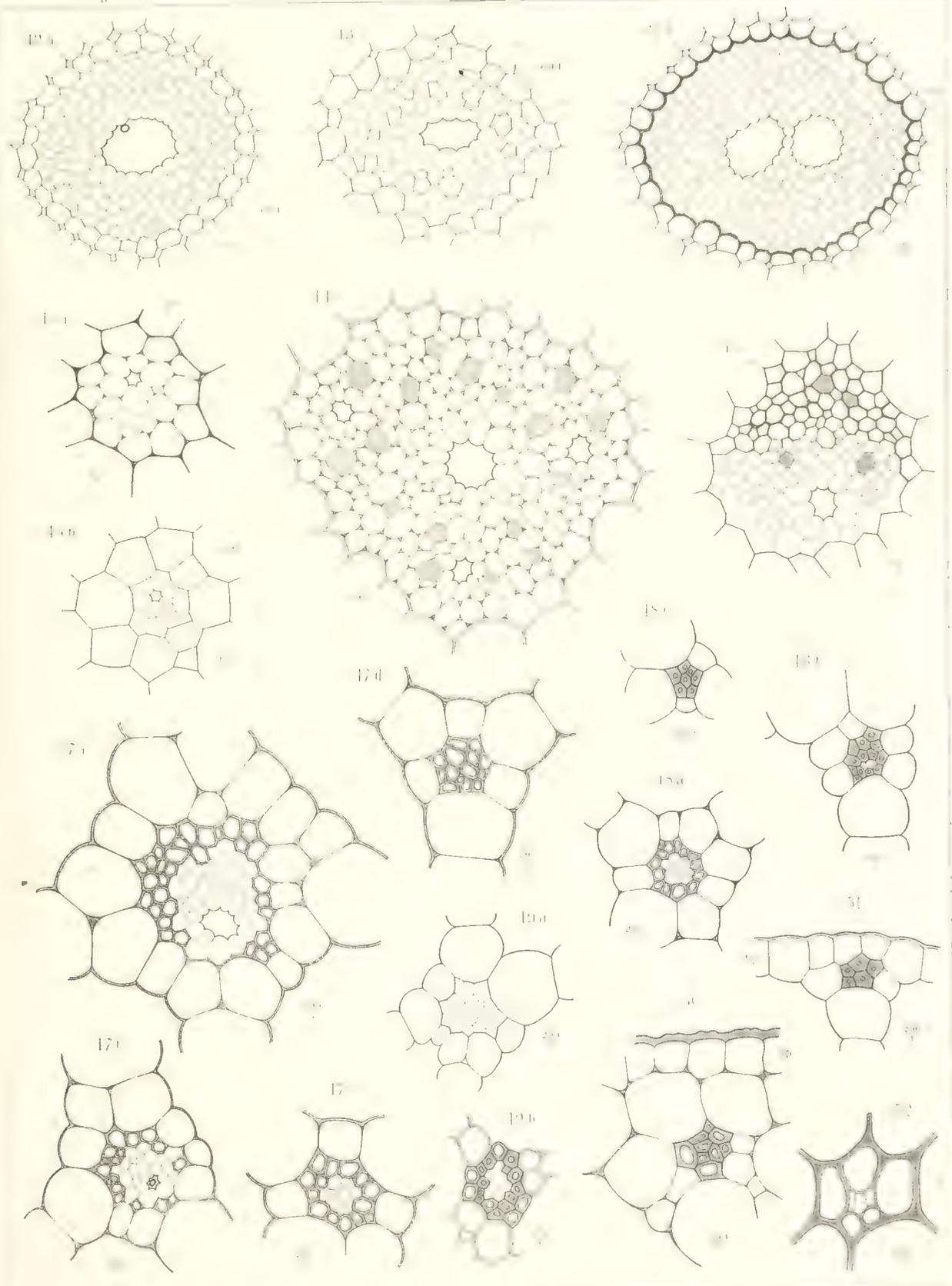




## Tafel VIII.

### Stammstructur.

- Fig. 42. *Potamogeton pectinatus*.  
a) Axiler Strang im Querschnitt. Vollkommen concentrischer Bau. Phloëmzone breit. Axiler Holztheil mit grossem durch Resorption von Ringgefässen entstehenden Gang, der von Holzparenchymzellen unmittelbar umgeben wird.  
b) Axiler Strang dicht unter dem Knoten im Querschnitt. Abzweigung des Blattleitbündels, und Schutzscheide.
- Fig. 43. *Zannichellia palustris*.  
Axiler Strang im Querschnitt. Wie bei *P. pectinatus* gebaut. Phloëmzone schmaler, nur einen Ring von Siebröhren (s) enthaltend.
- Fig. 44. *Elodea canadensis*.  
Axiler Strang im Querschnitt. Aus einem centralen und 3 peripherischen Bündeln durch Verschmelzung hervorgegangen. In den Holztheilen dieser Bündel je ein lysigener, mit stärkeren Conturen gezeichneter Gang, von einem Kranz Holzparenchymzellen umgeben. Siebtheile zu einer Ringzone verschmolzen. Siebröhren durch Schattirung angedeutet. Der Querschnitt ist einem Exemplar entnommen, welches in einem seichten Tümpel gewachsen war, gedrungenen Habitus besass und sich durch ziemliche Derbwandigkeit aller Zellen auszeichnete.
- Fig. 45. *Vallisneria spiralis*.  
Einzelbündel aus dem Stolo im Querschnitt. Im Xylem ein lysigener Gang von einem Holzparenchymring umgeben. Nach aussen schliesst sich daran eine Siebzone, die wiederum aussen von einer dünnwandigen Bastichel bedeckt wird. Die 4 dunkel schattirten Zellen stellen Gerbstoffschläuche vor.
- Fig. 46. *Lemna trisulca*.  
Leitbündelchen im Querschnitt.  
a) Aus dem Sprossstiel,  
b) Aus dem zweiten Sprossglied, dicht über dem Knoten.  
Im Holztheil ist nur ein Gefäss (gef) vorhanden, im Siebtheil nur eine Siebröhre (s) mit 2 Geleitzellen.
- Fig. 47. *Potamogeton lucens*.  
Rindenbündel im Querschnitt.  
a) Mit Xylem, Phloëm und Bastfasern.  
b) Desgl., Xylemangang eng, mit einem Ringe an der Wandung.  
c) Bastfaserbündel mit zartwandigem, wenige Siebröhren enthaltendem Phloëm im Innern.  
d) Bastfaserbündel ohne Phloëm.
- Fig. 48. *Potamogeton nitens*.  
Rindenbündel im Querschnitt.  
a) mit kleiner Phloëmgruppe.  
b) mit 1 Siebröhre nebst 1 Geleitzelle.  
c) ohne zartwandige Elemente.
- Fig. 49. *Potamogeton pectinatus*.  
Rindenbündel im Querschnitt.  
a) Zartwandiges Phloëmbündelchen.  
b) Bastfaserbündelchen mit einigen zartwandigen Phloëmelementen.
- Fig. 50. *Potamogeton perfoliatus*.  
Bastfaserbündel unter der subepidermalen Parenchymlage. ep. Epidermis.
- Fig. 51. *Potamogeton acutifolius*.  
Subepidermales Bastfaserbündelchen. ep. Epidermis.
- Fig. 52. *Elodea canadensis*.  
Rindenbündelchen, eine Siebröhre (s) nebst 2 Geleitzellen umschliessend.



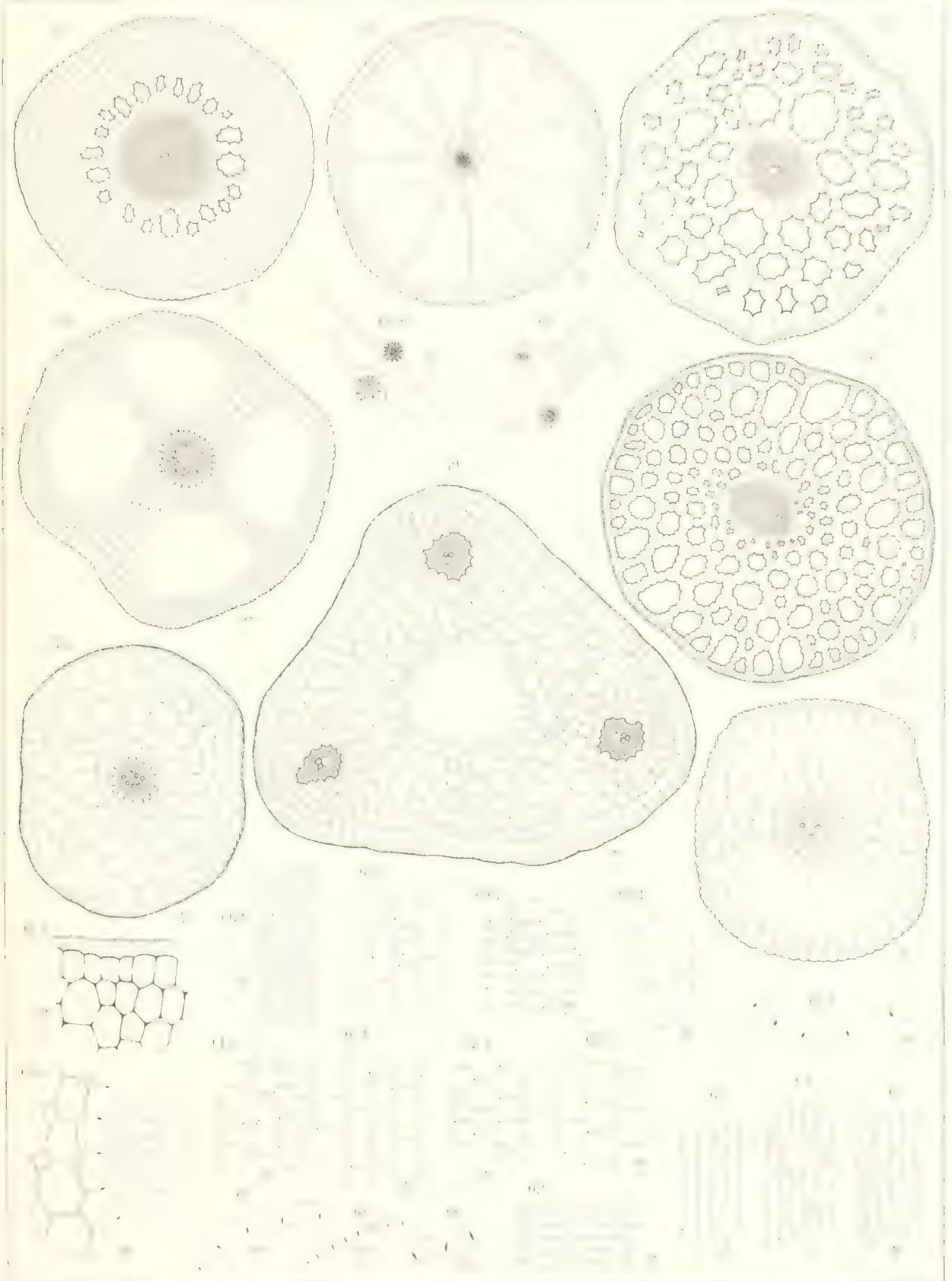




## Tafel IX.

### Stammstructur.

- Fig. 53. *Ceratophyllum demersum*.  
Stammquerschnitt. Luftgänge klein. Axiler Strang angedeutet.
- Fig. 54. *Elatine Alsinastrum*.  
Stammquerschnitt.
- Fig. 55. *Aldrovandia vesiculosa*.  
Stammquerschnitt.
- Fig. 56. *Potamogeton densus*.  
Stammquerschnitt.
- Fig. 57. *Callitriche stagnalis*.  
Stammquerschnitt. a) Landform. b) Wasserform.
- Fig. 58. *Peplis Portula*.  
Stammquerschnitt.
- Fig. 59. *Ranunculus divaricatus*.  
Stammquerschnitt.
- Fig. 60. *Myriophyllum spicatum*.  
a) Epidermis und Aussenrinde des Stammes im Querschnitt.  
b) Epidermis, von der Fläche gesehen.  
c) Subepidermale Parenchymschicht, von der Fläche gesehen.  
d) Parenchymzellen der Septen zwischen den Luftgängen, von der Fläche gesehen.  
e) Schutzscheidentück, im Querschnitt. s Siebröhre des angrenzenden Phloëms.  
f) Schutzscheidentzellen, im Querschnitt, mit conc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> behandelt. Ein Streifen in den Radialwänden stärker verkorkt.  
g) Dieselben von der Fläche gesehen.  
h) und i) Parenchymsepten zwischen den Luftcanälen des Stammes, im Querschnitt. Mit Kalkoxalatdrüsenzellen.
- Fig. 61. *Ceratophyllum demersum*.  
a) Epidermis des Stammes.  
b) Subepidermale Parenchymschicht, von der Fläche gesehen.
- Fig. 62. *Elatine Alsinastrum*.  
a) Epidermis des Stammes.  
b) Subepidermale Parenchymschicht, von der Fläche gesehen.  
c) Parenchymzellen der Septen zwischen den Luftgängen, von der Fläche gesehen.
- Fig. 63. *Ranunculus divaricatus*.  
Epidermis des Stammes, von der Fläche gesehen.
- Fig. 64. *Utricularia vulgaris*.  
Epidermis des Stammes mit den Köpfchenhaaren, von der Fläche gesehen.
- Fig. 65. *Potamogeton lucens*.  
Epidermis des Stammes, von der Fläche gesehen.
- Fig. 66. *Peplis portula*.  
Schutzscheidentzellen im Querschnitt, mit conc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> behandelt. Vergl. Fig. 24.
- Fig. 67. *Hippuris vulgaris*.  
Desgleichen.
- Fig. 68. *Potamogeton perfoliatus*.  
Desgleichen. Vergl. Fig. 35.
-







Tafel X.

**Wurzelstructur.**

- Fig. 69. *Hippuris vulgaris*.  
Querschnitt durch den axilen Strang einer dünnen Adventivwurzel der Landform. end Schutzscheide, p Pericambium, phl Phloëmgruppen.
- Fig. 70. *Elatine Alsinastrum*.  
a) Querschnitt durch den axilen Strang einer älteren Adventivwurzel.  
b) Querschnitt durch den axilen Strang einer jungen Adventivwurzel.
- Fig. 71. *Myriophyllum spicatum*.  
a) Querschnitt durch den axilen Strang einer Adventivwurzel. Pentarcher Bau mit etwas unregelmässiger Ausbildung.  
b) Querschnitt durch den axilen Strang einer zarten Seitenwurzel einer solchen Adventivwurzel. Gefässstrahlen auf zwei Erstlingsgefässe reducirt.
- Fig. 72. *Myriophyllum alterniflorum*.  
Querschnitt durch den axilen Strang der Adventivwurzel der Landform. Tetrarcher Bau.
- Fig. 73. *Ranunculus fluitans*.  
Querschnitt durch den axilen Strang der Adventivwurzel der Wasserform.
- Fig. 74. *Ranunculus aquatilis*.  
Querschnitt durch den axilen Strang einer jungen Adventivwurzel der Wasserform.
- Fig. 75. *Callitriche stagnalis*.  
a) Axiler Strang der Adventivwurzel der Wasserform, im Querschnitt.  
b) Desgl. der Landform. Beide nur mit je 1 Siebröhre (s) in den beiden Phloëmtheilen.
- Fig. 76. *Callitriche vernalis*.  
Querschnitt durch den axilen Strang einer Adventivwurzel. Triarcher Bau. In den 3 Phloëmgruppen nur je 1 Siebröhre (s).
- Fig. 77. *Potamogeton natans*.  
Axiler Strang einer Adventivwurzel im Querschnitt. gef Gefäss, s Siebröhre nebst Geleitzelle, p Pericambiumzellen, cj cellules conjunctives. Pentarcher Bau.
- Fig. 78. *Potamogeton densus*.  
Axiler Strang einer Adventivwurzel im Querschnitt. Dieselbe Anordnung der Elemente wie bei vorhergehender Art. Gefässe zartwandig; Siebröhren schattirt.
- Fig. 79. *Potamogeton crispus*.  
Axiler Wurzelstrang im Querschnitt. Anordnung der Elemente wie vorher. Im Centrum nur 1 Gefäss.
- Fig. 80. *Potamogeton pectinatus*.  
Axiler Wurzelstrang im Querschnitt. Von Gefässen nur das centrale erhalten geblieben. Der pentarche Bau wird durch die 5 Siebröhren, welche im Pericambium liegen, bezeichnet.
- Fig. 81. *Zannichellia palustris*.  
Axiler Wurzelstrang im Querschnitt. Wie bei voriger Art gebaut.
- Fig. 82. *Elodea canadensis*.  
Axiler Wurzelstrang im Querschnitt. Tetrarches Bündel, 4 peripherische Gefässe (gef), dazwischen 4 Siebröhren (s). Pericambium ringsum vorhanden.
- Fig. 83. *Vallisneria spiralis*.  
a) Adventivwurzel im Querschnitt.  
b) Axiler Strang im Querschnitt. end Endodermis, s Siebröhren, zu 3 vorhanden. Ein centrales Gefäss ohne Verdickungen.
- Fig. 84. *Lemna trisulca*.  
Axiler Strang der Adventivwurzel im Querschnitt. end Endodermis, gef centrales Gefäss.
- Fig. 85. *Lemna minor*.  
Axiler Strang der Adventivwurzel im Querschnitt. Gleicher Bau wie bei voriger Art.

