Die Biologie der Wassergewächse.

Von

Dr. Heinr. Schenck.

(Mit Tafel VI und VII.)

Cap. 1.

Lebensweise, Gestaltung und Variation der Wassergewächse.

Wenn wir die bunte Mannigfaltigkeit in der Zusammensetzung der Pflanzendecke unseres Erdballs vor unsern Augen vorüberziehen lassen, wenn wir von einem klimatischen Extrem zum andern pilgern, aus weitem Flachland zu alpinen Höhen hinaufsteigen oder Gebiete von verschiedenartigster Bodenbeschaffenheit durchwandern und wenn wir dann jedesmal die uns entgegentretende Vegetation vergleichend überschauen, so gelangen wir zur Erkenntniss, dass einer jeden bestimmten Combination der äusseren Lebensbedingungen auch eine bestimmte Physiognomie des Pflanzenwuchses entspricht. So erzeugen wasserlose Wüsten die Gesellschaft der succulenten, der armlaubigen und der dicht filzig behaarten Gewächse, der tropische Meeresstrand wenn von sumpfiger Beschaffenheit den höchst charakteristischen Mangrovewald, die tropischen Flachlande in Gegenden mit schroffem Gegensatz von trocknen und nassen Jahreszeiten die vorzugsweise von Steppengräsern bestandenen Savannen, die alpinen Höhen mit ihrer kurzen Vegetationszeit die Formation der zwergi-

gen, gestauchten Alpenpflänzchen. Wir vermögen innerhalb eines jeden Florenreiches eine grössere Anzahl solcher Pflanzenformationen zu unterscheiden, von denen jede einzelne durch gewisse übereinstimmende Charaktere in der Gestaltung der vegetativen Organe, Stamm, Blatt und Wurzel, wie auch im biologischen Verhalten ihrer Vertreter ausgezeichnet ist. Die Nahrungsaufnahme, die Assimilation, das Wachsthum, überhaupt die gesammte Vegetation der Pflanze wird modificirt durch äussere Einflüsse und es ist klar, dass den Verschiedenheiten der jeweiligen Lebensbedingungen in der Ausgestaltung der Organe Rechnung getragen werden muss, wenn der pflanzliche Organismus in einem bestimmten Klima und auf einem bestimmten Boden erhalten bleiben soll. Für jeden Standort erscheinen gewisse Pflanzenformen als besonders typisch angepasst und vermöge der dem lebendigen Plasma innewohnenden Gestaltungsfähigkeit und mit Hülfe der natürlichen Auslese im Kampfe um die Existenz streben alle Bewohner des betreffenden Standorts dahin, sich diesen Idealen zu nähern, so zwar, dass Pflanzen der verschiedensten Familien oft überraschend ähnlichen Habitus annehmen und sich zu Gesellschaften vereinigen, die wir als Pflanzenformationen bezeichnen. Die Unterscheidung solcher Kategorien stösst in der Natur natürlich oft auf Schwierigkeiten, indem die äusseren Lebensbedingungen der Pflanze selten einem so schroffen Wechsel unterliegen, dass die Formationen an den Grenzen sich nicht vermischten. Wollen wir eine Pflanzenformation als solche klar erkennen, so müssen wir sie da suchen, wo sie typisch entwickelt ist und mit solchen vergleichen, welche anderen von der ihrigen möglichst verschiedenen Combinationen äusserer Bedingungen den Ursprung verdanken.

Die Lehre von den Pflanzenformationen, die Erkenntniss der Besonderheiten in Habitus und Lebensweise ihrer Glieder als Anpassungen an das Medium, an die verschiedenen Grade der Wärme, des Lichtes, des Feuchtigkeitsgehalts der Luft, an die chemische und physikalische Beschaffenheit des Bodens bildet eine der nothwendigsten Grundlagen der Pflanzengeographie, und dennoch sind bis

jetzt nur wenige solcher Pflanzenformationen in ihrer Gesammtheit von gemeinsamen biologischen Gesichtspunkten aus behandelt worden[1]).

Im Folgenden soll nun versucht werden, die Formation der submersen und diejenige der schwimmenden Pflanzen einer biologischen Betrachtung zu unterziehen und deren Eigenthümlichkeiten, welche uns berechtigen, sie je als eine wohlcharakterisirte Pflanzenformation aufzufassen, hervorzuheben. Grade diese beiden Gewächsgesellschaften eignen sich zu einer solchen Betrachtung am ehesten, weil sie ein so eigenartiges Medium bewohnen, in welchem die physiologischen Processe zum Theil anders als in der Luft sich vollziehen, in welchem die Anforderungen an die mechanische Construction der Pflanze andere sind, in welchem besondere Anpassungen in der Blüthengestaltung, in der Befruchtungsweise, in der Bildung der Früchte und Samen, in deren Verbreitung, in der Keimung sich ergeben müssen.

Sowohl in den Tropen als in den gemässigten Zonen kehren überall dieselben Formen der submersen und schwimmenden Gewächse wieder, häufig sogar dieselben Gattungen und Arten, sodass sich im allgemeinen eine grosse Gleichförmigkeit beider Formationen auf der ganzen Erde ergiebt, welche durch die überall sich gleichbleibende Eigenartigkeit des Mediums bedingt ist und in augenfälligem Contrast zu der reichen Gliederung der Landflora steht. Nur die Temperatur des Wassers ist in den verschiedenen Breiten eine andere. Sie schreibt manchen an bestimmte Wärmegrade angepassten Arten den Verbreitungsbezirk vor, aber für die Gestaltung des Pflanzenkörpers kommt sie kaum in Betracht. In wärmeren Klimaten werden üppigere Formen erzeugt, wie die riesige Victoria regia, aber diese wiederholt vollständig den Aufbau unserer Schwimmpflanzen. Die Temperatur hat grösseren Einfluss auf die

---

1) Beispielsweise seien erwähnt: Kerner: Abhängigk. der Pflanzengestalt von Klima u. Boden. Tagebl. der Naturf. Vers. Innsbruck 1869. — A. F. W. Schimper: Ueber Bau u. Lebensweise der Epiphyten Westindiens. Bot. Centrbl. 1884. — Johow: Die Mangrove-Sümpfe. Kosmos 1884.

Vegetationsdauer, indem in warmen Gegenden eine Unterbrechung der Wasservegetation überhaupt nicht eintritt, während bei uns im Herbste solche Wasserpflanzen, welche an höhere Wärmegrade angepasst sind, besondere Massregeln treffen müssen, um die kalte Jahreszeit in zweckentsprechender Form zu überdauern.

Ich sehe in nachfolgender Darstellung von den Algen des Süsswassers und des Meeres ab, welche sich besser zu einer gesonderten Darstellung eignen und beschränke mich auch auf unsere einheimischen mitteleuropäischen Vertreter beider Pflanzenformationen, weil deren Biologie am vollständigsten untersucht ist.

I. Die Formation der submersen Wassergewächse.

Innerhalb einer jeden Pflanzenformation erscheinen gewisse Vertreter den äusseren Lebensbedingungen in besonderem Maasse angepasst, derart dass sie fast ausschliesslich an dem die Formation erzeugenden Standort vorkommen, in Gebieten mit anderem Klima und anderer Bodenbeschaffenheit aber nicht zu vegetiren vermögen, weil sie nicht mehr die Fähigkeit, sich umzugestalten, besitzen. So gedeihen die Succulenten nicht an sumpfigen Standorten, typische Sumpfgewächse nicht auf trocknen Steppen. Die typischen Vertreter sind natürlich am besten geeignet, um die Besonderheiten in Anpassung der Gestalt und Lebensweise darzuthun. Anderseits erblicken wir an einem durch besondere äussere Verhältnisse characterisirten Standorte aber auch Pflanzenarten, welche eine grössere Plasticität sich bewahrt haben und auch anderwärts in besonderen Varietäten gedeihen können, und endlich auch solche, welche an dem betreffenden Standort nur ausnahmsweise vegetiren und nur eine untergeordnete Rolle in der Zusammensetzung der Formation spielen. Wenn wir nach diesen Gesichtspunkten unsere submersen Gewächse gruppiren, so sind als typische einseitig angepasste Hydrophyten folgende zu nennen:

Aldrovandia vesiculosa L.
Callitriche autumnalis L.
Ceratophyllum submersum L.
„ demersum L.
„ platyacanthum Ch.
Utricularia vulgaris L.
„ neglecta Lehm.
„ intermedia Hayne.
„ minor L.
„ Bremii Heer.
Hottonia palustris L.
Lobelia Dortmanna L.
Vallisneria spiralis L.
Stratiotes aloides L.
Elodea canadensis Casp.
Hydrilla verticillata Casp.
Potamogeton lucens L.
„ decipiens Nolte.
„ praelongus Wulf.
Potamogeton perfoliatus L.
„ crispus L.
„ compressus L.
„ acutifolius Link.
„ obtusifolius M. u. K.
„ pusillus L.
„ trichoides Ch. u. Schl.
„ pectinatus L.
„ marinus L.
„ densus L.
Ruppia maritima L.
„ rostellata Koch.
Zannichellia palustris L.
Najas major All.
„ minor All.
„ flexilis Willd.
Zostera marina L.
„ nana Roth.
Lemna trisulca L.

Ebenfalls echte submerse Gewächse, aber mit der Fähigkeit begabt unter Umständen auch auf dem Ufer in besonderen abweichenden Landformen zu vegetiren sind folgende:

Ranunculus aquatilis L.
„ fluitans Lmk.
„ divaricatus Schrk.
Subularia aquatica L.
Myriophyllum verticillatum L.
„ spicatum L.
„ alterniflorum DC.
Callitriche stagnalis Scop.
„ vernalis Kütz.
„ hamulata Kütz.
Montia rivularis Gmel.
Isoëtes lacustris L.
Riccia fluitans L.

Mehr oder weniger amphibisch verhalten sich endlich:

Elatine alsinastrum L.
„ hydropiper L.
„ triandra Schk.
„ paludosa Seub.
Peplis portula L.
Hippuris vulgaris L.
Bulliardia aquatica DC.
Littorella lacustris L.
Limosella aquatica L.
Helosciadium inundatum Koch.
Oenanthe Phellandrium Lam.
Alisma plantago L.
„ ranunculoides L.
Sagittaria sagittaefolia L.
Scirpus fluitans L.
Juncus supinus Mnch.
„ lamprocarpus Ehrh.
Sparganium simplex Huds.
„ minimum Fr.

Die meisten der Letzteren sind Sumpfpflanzen, welche aber mit Leichtigkeit auch submerse Wasserformen bilden.

1. *Laub.* Wenn wir die typischen Hydrophyten und die Wasserformen der mehr amphibischen Gewächse in ihrem Habitus uns vergegenwärtigen, so fällt uns als erste allgemeine Eigenschaft auf, dass die Gesammtheit der assimilirenden Flächen, das Laub, so viel wie möglich in einzelne schmale Spreiten und Zipfel zertheilt erscheint; nie erblicken wir solch mächtige Blätter wie an gewissen Schwimmpflanzen (Victoria, Nymphaea), oder wie an vielen Landgewächsen. Die Zerschlitzung des Laubes, welche am auffälligsten sich bei Utricularia, Myriophyllum, Batrachium etc. zeigt und hier sogar zur Bildung von fadendünnen cylindrischen, mehr weniger radial gebauten Blattzipfeln geführt hat, welche aber nicht minder in den schmalen linealen, bandförmigen Blättern der Vallisneria, der submersen Form von Sagittaria etc. ausgeprägt ist, muss entschieden als eine Anpassung an das Medium aufgefasst werden. Es spricht hierfür nicht allein der Vergleich der Blätter von submersen Pflanzen mit denen ihrer nächstverwandten Arten und Gattungen, die auf dem Lande leben, sondern auch der Vergleich von Land- und Wasserformen derselben Species. Eine weitere Eigenthümlichkeit des submersen Laubes besteht in seiner Zartheit, welche durch den Mangel der mechanischen Zellen und durch die geringe Zahl der das Blatt bildenden Parenchymschichten herbeigeführt wird. Ausserhalb des Wassers fallen die Spreiten resp. Zipfel meist schlaff zusammen. In der anatomischen Struktur fällt uns der Mangel der Spaltöffnungen auf, die zartwandige Ausbildung der Epidermis, der Chlorophyllgehalt der letzteren, der Mangel einer Differenzirung von Palissaden und Schwammparenchym etc., Eigenthümlichkeiten, auf die ich an anderer Stelle noch näher eingehen zu können hoffe.

Die Ursachen für diese charakteristische Gestaltung und Structur des Laubes sind in der Eigenartigkeit des Mediums zu suchen. Da muss zunächst hervorgehoben werden, dass den submersen Pflanzen nur diffuses Licht zu Gebote steht, weil das Wasser die Lichtstrahlen zum

Theil absorbirt. Wir wissen aus den Arbeiten von Pick und Stahl, dass die Blätter im Schatten grösser und dünner werden, dass alle Blattzellen die Schwammparenchymform anzunehmen streben, damit die erbreiterte Assimilationsfläche möglichst viel des diffusen Lichtes aufzufangen vermag. Von diesem Gesichtspunkt aus sollten wir eigentlich erwarten, dass die submersen Blätter alle breitspreitig und dünn sich ausbilden. Ersteres ist nun keineswegs der Fall mit Ausnahme einiger weniger grossblättriger Potamogetonen, die weiter unten betrachtet werden sollen. Wir müssen somit nach anderen Ursachen suchen, um die Zerschlitzung des Laubes uns erklären zu können und finden sie einmal in den mechanischen Anforderungen, welche das dichtere Medium des Wassers an die in ihm vegetirenden Pflanzen im Gegensatz zu den in der Luft lebenden stellt und dann in der Art der Nährstoffaufnahme, welche unter Wasser anders vor sich geht als bei den Luftpflanzen. Die vielfachen Bewegungen, die in fliessendem Wasser vor allem, aber auch in stehenden Gewässern sich geltend machen, gestatten der Pflanze nicht die Ausbildung grosser zarter Spreiten, welche einer baldigen Zerstörung ausgesetzt sein würden, da das Wasser als dichteres Medium mit viel grösserer Gewalt auf die Blätter trifft, und an ihnen zerrt als die nachgiebigere Luft, in welcher zarte Spreiten schon eher unverletzt hin und her bewegt werden können. Es erscheint daher zweckmässig, dass die Blätter entweder schmal lineal bandförmig und biegsam sich ausbilden, oder ihre Spreite in biegsame Haarzipfel zertheilen. So vermag der Anprall der Wassermoleküle bei Bewegungen des Mediums wenig Angriffspunkte zu finden, die linealen Blätter und Zipfel geben leicht nach und einfache Biegungen schaden denselben nichts. Freilich könnte man auch erwarten, dass die submersen Gewächse durch Wandverdickung und mechanische Zellen eine solche Festigung der Spreite erzielten, welche den Bewegungen des Wassers wirksam entgegenträte. Es würde indessen die Durchgängigkeit für die diffusen Lichtstrahlen dadurch nicht begünstigt und ferner würde eine Menge organischer Substanz zur Cellulosebildung verwendet werden

müssen, welche bei Zerschlitzung und zarter Beschaffenheit des Laubes anderweitig zum Aufbau des Pflanzenkörpers benutzt werden könnte. Ausserdem ist noch zu berücksichtigen, dass Dickwandigkeit der Blattzellen die Aufnahme der Nährstoffe entschieden erschwert. Unter Wasser vollzieht sich die Aufnahme der Kohlensäure, des Wassers und der Nährsalze in anderer Weise als in der Luft, indem der Transpirationsstrom von den Wurzeln zu den Blättern wegfällt, diese vielmehr direkt durch die Epidermis aus dem umgebenden Medium die zur Assimilation nöthigen Stoffe vermittelst Diffusion zugeführt erhalten. Zartwandigkeit der Epidermis und dünne Cuticula, überhaupt dünne Spreiten erleichtern natürlich das Diffundiren der Kohlensäure und der anorganischen Nährsalze. Auch möglich ist, dass die Zerschlitzung des Laubes die Nahrungsaufnahme erleichtert, indem ein grösserer Raum von zerschlitzten als bei gleicher Menge Blattsubstanz von breitspreitigen Blättern ausgenutzt wird.

Alle die genannten Momente mögen zusammengewirkt und zur Züchtung solcher Formen beigetragen haben, die den Anforderungen des Mediums in einfachster Weise entsprechen.

Als Ausnahmen von der gewöhnlichen Gestaltung des submersen Laubes begegnen uns die breiten Blätter gewisser Potamogetonen wie P. lucens, perfoliatus, nitens, crispus etc. Bei diesen erkennen wir zwar leicht den Einfluss des diffusen Lichtes in der Ausbildung der dünnen durchscheinenden, zwischen den Rippen nur 3 Zelllagen mächtigen Lamina im Gegensatz zu der lederartigen Consistenz der Schwimmblätter von P. natans, sowie in der Zartwandigkeit der Epidermis ein Mittel zur Erleichterung der Nährstoffaufnahme, aber die Breitblättrigkeit erscheint nicht als vollkommene Anpassung. Diese Potamogetonen dürften vielleicht als Uebergangsformen zwischen den schwimmenden und den linealblättrigen submersen Arten aufzufassen sein, denn es zeigen diese Arten grosse Variation der Blattgestalt und sie lassen sich als Arten auch ziemlich schwierig umgrenzen, während die schmalblättrigen besser characterisirt sind. Wir können sie als Formen ansehen,

die noch in der Weiterentwicklung zu typischen submersen Arten begriffen sind. Indessen besitzen ihre Blätter auch einige Einrichtungen, um den mechanischen Angriffen des Wassers begegnen zu können. Sie sitzen in der Regel dem Stengel stiellos an, einige umfassen ihn an der Basis, ihre Lamina ist gewöhnlich etwas zusammengefalten und besonders in seichten Gewässern, wo die Bewegungen häufiger und stärker sind, kraus; die Rippen sind stark ausgebildet, schützen die zwischen ihnen ausgespannte zarte Lamina und werden von Bastfasern oder Bündeln durchzogen, welche allen übrigen submersen Blättern vollständig fehlen.

2. *Stengel.* Eine geringe Zahl von submersen Gewächsen und zwar solche, welche am Boden der Gewässer vegetiren (Lobelia, Littorella, Vallisneria etc.) besitzt gestauchte Axen, welche dichte Rosetten von schmal linealen, mehr minder schlaffen Blättern erzeugen und bei den meisten hierher gehörigen Arten Ausläufer treiben, welche an ihren Enden zu ähnlichen Stauchlingen heranwachsen. Diese Gewächse verhalten sich also bezüglich der Ausbildung des Stengels ganz ähnlich wie gewisse Landpflanzen mit stolonenerzeugenden Laubrosetten. Anders dagegen diejenigen Formen, welche die Mehrzahl der oben genannten Vertreter constituiren. Diese besitzen einen langen gestreckten, dünnen und biegsamen Stengel, welcher von Luftkanälen durchzogen wird und im Wasser daher frei schwimmt oder fluthet, welcher sich ferner reichlich verzweigt, wobei die Seitenzweige dem Mutterstengel sich ähnlich gestalten. Entweder flottiren diese Gewächse frei und wurzellos im Wasser wie die Utricularien, Hottonia etc., oder sie sind am Boden mittelst eines Rhizomwerks und Haftwurzeln befestigt und treiben aus den Rhizomen lange Laubtriebe, welche namentlich bei fluthenden Formen gewaltige Länge erreichen können, so bei Myriophyllum, Batrachium etc. Die Streckung der Internodien zu langen Stengelgliedern wird wohl hauptsächlich durch das diffuse Licht unter Wasser hervorgerufen. Wir sehen daher auch die untersten und tiefsten Internodien in der Regel am längsten, die oberen kürzer ausgebildet. Wir bemerken

keinen Unterschied in der Ausbildung der Haupt- und Nebenaxen wie bei den Landpflanzen, bei denen der Hauptstengel die Seitenaxen zu tragen hat, ihnen Wasser und Nährsalze zuführen muss und zu diesem Zwecke viel kräftiger und dicker gebaut ist. Im Wasser werden die gleichgestalteten fluthenden oder flottirenden Axen durch das schwerere Medium passiv in der richtigen Lage zum Licht gehalten und deshalb braucht die Hauptaxe nicht kräftiger zu sein, auch kein mechanisches System auszubilden, sondern nur zugfest beschaffen zu sein und diese Zugfestigkeit wird durch die Zusammenlagerung der langgestreckten Elemente in die Axe des Stengels zu einem axilen Strang erreicht.

3. *Wurzel.* Bei den Hydrophyten wird, wie schon erwähnt, der Transpirationsstrom, der bei den Landpflanzen das Wasser und die Nährzalze des Bodens den Blättern zuführt, durch Diffusion ersetzt. Folge davon ist einerseits die Reduction der Gefässe in der ganzen Pflanze, anderseits die Rückbildung des Wurzelsystems. In der That beweist die Existenz völlig wurzelloser Gewächse innerhalb der submersen Flora, wie Aldrovandia, Utricularia, Hottonia, Ceratophyllum, dass diese Organe nicht absolut für die Erhaltung des pflanzlichen Organismus unter Wasser nöthig sind. Und wenn man einen Zweig von Ranunculus fluitans, Elodea canadensis etc. abschneidet, so stirbt er keineswegs ab, sondern assimilirt und wächst kräftig weiter. Bei den im Boden festgewurzelten Vertretern der submersen Flora scheinen die Wurzeln hauptsächlich die Rolle von Haftorganen zu übernehmen, die das Rhizom oder die unteren Stengelglieder im Boden befestigen, somit das Weggeschwemmtwerden der Pflanze vereiteln und auch den Laubtrieben eine regelmässige Lage zum Licht einzunehmen gestatten. Die völlig wurzellosen Utricularien etc. vermögen natürlich nur in stehenden Gewässern zu gedeihen.

Die Wurzeln der submersen Pflanzen erscheinen fast bei allen sie erzeugenden Arten als unverzweigte lange, aus den Knoten hervorbrechende Adventivwurzeln. Nie treffen wir solch reich verzweigte Wurzelsysteme an wie bei

den Landpflanzen. Auch die Wurzelhaare erleiden an den submersen Pflanzen wie auch bei den meisten Sumpf- und Schwimmgewächsen eine Reduction, welche bei manchen (Elodea, Hydrilla, Myriophyllum, Vallisneria, Hippuris, Lemna trisulca etc.) zu völligem Schwund geführt hat (vergl. die Arbeit von Schwarz).

4. *Vegetation.* Nachdem wir die Gestaltung von Laub, Stengel und Wurzel im einzelnen einer Betrachtung unterworfen haben, erübrigt es noch, die Art der Vegetation ins Auge zu fassen. Das Wasser ist ein günstiges Medium für das Gedeihen des pflanzlichen Organismus. Es enthält genügende Mengen von Kohlensäure und anorganischen Salzen in sich gelöst; es bewahrt seine Bewohner vor schroffem Temperaturwechsel; in ihm wird die Vegetation nicht wie die der Landpflanzen durch trockne Zeiten unterbrochen. So resultirt aus diesen günstigen Bedingungen eine sehr lebhafte Vegetation, ein üppiges Gedeihen, wie wir es an der Elodea canadensis vor allem bemerken. Die submersen Pflanzen erscheinen häufig in Form von grossen submersen Wiesen oder fluthenden Laubmassen. Die Art des Vegetirens ist eine andere als wie sie gewöhnlich bei Landpflanzen stattfindet: Die submersen Pflanzen wachsen sehr rasch an den Zweigspitzen vorwärts, während sie von hinten beständig absterben, befinden sich also in einem Zustand stetiger Verjüngung. Sie verzweigen sich in der Regel reichlich oder senden Stolonen aus und so entsteht bald, wenn die unteren Axentheile abgestorben sind, aus einem Individuum eine Gesellschaft von vielen zusammen vegetirenden, welche die submersen Wiesen und Büsche bilden. Holzige, strauchige Gewächse fehlen bei dieser Art der Vegetation natürlich gänzlich. Auch hängt es mit derselben zusammen, dass die Stengel der Wasserpflanzen kein secundäres Dickenwachsthum besitzen.

5. *Variation.* Die Wassergewächse variiren in Gestalt der Blätter und Länge der Internodien, je nachdem sie in fliessendem, stehendem oder seichtem Wasser vegetiren. Im fliessenden Wasser vollzieht sich eine Streckung aller Theile, wie es scheint, durch direkte Einwirkung des beständigen Zugs, dem die Pflanze unterworfen ist. Ra-

nunculus fluitans giebt uns hierfür ein schönes Beispiel. In tiefem Wasser strecken sich besonders die Internodien sehr bedeutend, um die Blätter möglichst der Wasseroberfläche entgegen zu führen. In seichtem Wasser bilden sich alle Theile kleiner und kürzer aus.

Abgesehen von den einseitig angepassten typischen submersen Gewächsen sind die übrigen alle sehr variabel und vermögen bei sinkendem Wasserspiegel, oder wenn ihre Samen aufs Ufer gelangen, sich zu Landformen zu entwickeln, welche ganz anderen Habitus tragen, gewöhnlich in Form kleiner Räschen auftreten (so bei Callitriche, Batrachium, Myriophyllum). Diese Landformen zeichnen sich im Gegensatz zu den submersen Formen durch verkürzte Stengelinternodien, kürzere, dickere und breitere Blättchen, und durch reichlichere Wurzelbildung im Allgemeinen aus. Die Plasticität vieler dieser Gewächse ist eine ausserordentliche, wie wir sie kaum bei anderen Gewächsen wiederfinden. Besonders reagirt Ranunculus aquatilis sehr genau auf die Veränderungen des Mediums. Man vermag sogar einzelne Blattzipfel dieser Pflanze durch Cultur in die Luftform umzuwandeln. Die anatomische Struktur zeigt natürlich gleichlaufende Umgestaltung.

Wir wollen nun untersuchen, wie die skizzirten allgemeinen Züge in der Lebensweise, im Habitus und in dem Wechsel der Gestaltung je nach den veränderten Bedingungen bei den einzelnen Gliedern der submersen Flora zur Geltung gelangen. Bei der Verschiedenartigkeit der Zusammensetzung der letzteren aus systematisch weit auseinander stehenden Arten dürfen wir keineswegs identische Formen erwarten; doch heben sich nichts desto weniger gewisse Gruppen ab, welche unter sich grosse Uebereinstimmung in Lebensweise und Form verrathen. Ich werde bei den Einzeldarstellungen der Kürze halber nicht mehr jedesmal auf die allgemeinen Gesichtspunkte zurückkommen.

1) Wir beginnen am besten die Schilderung der vielgestaltigen Reihe mit denjenigen submersen Gewächsen, die uns am meisten an ihre speciellen Lebensbedingungen angepasst erscheinen, nämlich mit den zerschlitztblättrigen, frei im Wasser wurzellos schwimmenden Formen.

In diese Gruppe gehört zunächst *Hottonia palustris*, die Wasserfeder. Diese merkwürdige Primulacee steckt mit ihrem dünnen, nicht sehr langen Stengel unterwärts im Schlamme, steigt aus demselben auf und streckt zur Blüthezeit einen einzigen langen terminalen Blüthenschaft über den Wasserspiegel empor. Am Grunde des Schaftes entspringen aus dem Hauptstengel mehrere, sich zuweilen nochmals gabelnde Seitenzweige in regelmässigem Umkreis, deren quirlige Anordnung jedenfalls zum Aufrechthalten des hohlen Schaftes beiträgt. Unterwärts ist der Hauptstengel mit abgestorbenen Blattresten besetzt; er scheint unter normalen Umständen keine Wurzeln zu treiben, denn weder an meinen Exemplaren waren solche zu sehen, noch findet sich irgendwo eine Angabe von deren Anwesenheit. Oberwärts bekleiden den Stengel, sowie die Seitenäste in dicht zusammengedrängter spiraliger Anordnung die typischen submersen Blätter, welche unpaarig gefiedert sind, die Fiederchen und die Mittelrippe sehr schmal, etwas plattgedrückt und sehr zart und durchscheinend. Die Blätter erreichen bis zu 5 cm Länge. In der Gestalt und Beschaffenheit des Laubes, sowie der Wurzellosigkeit repräsentirt die Pflanze ein echtes submerses Wassergewächs, das in seinem Habitus daher auch weit von den übrigen Primulaceen abweicht. Hottonia wächst in stehenden und langsam fliessenden Gewässern. Askenasy[1]) erwähnt auch Landformen, deren Blätter mit Epidermis und Spaltöffnungen versehen seien. Leider sind mir solche nicht zu Gesicht gekommen, aber es steht aus Analogie mit Landformen anderer submerser Gewächse zu erwarten, dass deren Blätter derber sind, kleine gedrungene Zipfel den Hochblättern ähnlich tragen; und wahrscheinlich werden sich auch Wurzeln an ihnen ausbilden.

---

1) Bot. Ztg. 1870. p. 236. Anm.

Grosse Uebereinstimmung mit Hottonia zeigen unsere *Utricularia*-Arten, indem sie gleichfalls frei und wurzellos untergetaucht schwimmen. In schattigen Waldtümpeln halten sie sich dicht unter der Oberfläche auf, wogegen sie in klaren, dem vollsten Sonnenlichte tagüber ausgesetzten Seen tiefer hinabsteigen, da die zarten Blätter an diffuses Licht angepasst erscheinen. Die Utricularien besitzen einen bei den grösseren Formen bis 2 Fuss langen, zarten, cylindrischen, am hinteren Ende mit abgestorbenen Blattresten besetzten Hauptstengel, der im übrigen die lebhaft grünen, haarförmig zerschlitzten Blätter in wechselständiger, mehr oder minder zweizeiliger Anordnung trägt. Aus den Achseln einzelner Blätter spriessen zerstreut stehende einfache Seitenzweige, welche in derselben Weise wie der Hauptstengel mit Blättern besetzt sind und ihm gleichen. Nach Pringsheim's an Utr. vulgaris ausgeführten Untersuchungen ist die Zweigbildung mit der Entwicklung der normalen Seitenäste nicht erschöpft, vielmehr bilden die Wasserschläuche auch noch andere Zweigformen aus, nämlich kleine rudimentäre Aestchen auf alten Blättern oder aus den Stielen der Utrikel, welche letztere Pringsheim ebenfalls für umgewandelte Sprosse hält, ferner rudimentäre kleine Sprosse an der Bauchseite des Vegetationskegels, welche sich zu den sog. Ranken mit ruhender Vegetation gestalten etc. Diese Details sind in morphologischer Hinsicht interessant, ihre nähere Betrachtung würde uns aber hier zu weit führen.

Die Wasserschläuche haben typisch submerse Blätter, deren Form etwas bei den verschiedenen Arten differirt. Bei allen sind sie in zarte cylindrische Borstenzipfel, im Allgemeinen gabelspaltig-fiedertheilig zerschlitzt. Bei Utr. vulgaris z. B. theilt sich das gesammte Blatt zunächst in vier Abschnitte, 2 grössere mittlere und 2 kleinere seitliche, von denen jeder sich fiedertheilig, die einzelnen Fieder wiederum fiedertheilig oder gabelspaltig auflösen, so dass eine reiche büschelige Zerschlitzung zu Stande kommt. Alle Zipfel sind sehr schmal und fast cylindrisch, bei einigen Arten auch am Ende und an den Seiten mit Zähnchen versehen. Die Grösse des Blattes

variirt bei den einzelnen Arten und richtet sich auch danach, ob das Gewächs in wasserreichen oder seichteren Tümpeln vegetirt, indem in ersterem Falle die Blätter sich oft recht stattlich entwickeln. In tieferem Wasser schweben die Blattzipfel frei und erhalten eine vollkommen quirlige Anordnung, indem das Blatt mit denselben den Stengel ringsum umgibt; an seichten Stellen dagegen und bei massenhaftem Zusammenwachsen ordnen sich die Blätter unter der Oberfläche zweizeilig. An den Blattzipfeln treten die bekannten Utrikel auf, welche zum Fangen und Verdauen kleiner Wasserthierchen eingerichtet erscheinen. Nach älterer Anschauung sollten diese Blasen einen hydrostatischen Apparat darstellen, der die Pflanze vor dem Blühen vom Boden der Gewässer emporhebe, eine Ansicht, welche genugsam widerlegt ist.

Wurzeln scheinen von unseren Utricularien für gewöhnlich gar nicht entwickelt zu werden, ein Zeichen, dass wir typische Wassergewächse in ihnen vor uns haben. Nur Utricularia intermedia soll nach Benjamin zur Festheftung der Winterknospen (s. w. unten) einzelne lange Haftwurzeln in den Schlamm treiben, doch erscheint mir diese Angabe zweifelhaft. Infolge der Zartheit des Gewächses können leicht einzelne Zweige vom Hauptstengel abgerissen werden, sei es durch Wasserthiere, sei es durch starke Bewegung des Wassers, sei es durch andere Anlässe. Die losgerissenen Zweige vermögen aber ungehindert weiter zu vegetiren und zu neuen Individuen heranzuwachsen. In dieser Beziehung verhalten sich die Utricularien grade wie die Fadenalgen, die man auch in weitgehendem Maasse zerstückeln kann, ohne die einzelnen Theile lebensunfähig zu machen. Diese Eigenschaft hängt, wie schon erwähnt, mit der Nahrungsaufnahme zusammen, welche anders als wie bei den Landpflanzen sich vollzieht. Als typische Wassergewächse scheinen die Utricularien zumal auch in Folge ihrer Zartheit keine Landformen bilden zu können.

Von hohem Interesse ist die Thatsache, dass gewisse in den Tropen lebende epiphytische Arten der Gattung Utricularia, wie z. B. die Utr. montana Süd-Amerikas ganze Blätter im Gegensatz zu den zertheilten submersen

unserer Vertreter ausbilden. Bei genannter Art sind dieselben lanzetteiförmig, ungefähr $1^1/_2$ Zoll breit und mit deutlichem Stiel versehen. Diese verschiedene Gestaltung der Blattform bei verschiedener Lebensweise spricht sehr für die Ansicht, dass die Zerschlitzung des Wasserlaubes wesentlich als ein Erzeugniss des Mediums aufzufassen ist; die Blätter der Hottonia stehen ja ebenfalls sehr vereinzelt unter den ganzen Blättern unserer übrigen Primulaceen da. Man kennt auch Utricularien mit kreisförmigen Schwimmblättern, z. B. Utr. orbiculata in Indien. Biologisch sehr interessant dürfte endlich eine tropische Wasserschlauchart sein, welche in den Wasserbehältern der epiphytischen Tillandsien lebt und rhizomartige Ausläufer von einer Wohnpflanze zur anderen aussendet (s. Darwin, Insectfr. Pfl. p. 317).

Aehnlichen Habitus und übereinstimmende Lebensweise zeigt uns die ebenfalls zu den carnivoren Pflanzen zu rechnende Droseracee *Aldrovandia vesiculosa L.* Dieses in Europa sehr zerstreut vorkommende zarte Wasserpflänzchen schwimmt vollkommen wurzellos wie Utricularia unter der Oberfläche des Wassers mit seinem drehrunden dünnen, gewöhnlich 5 Zoll langen Stämmchen, welches in dicht aufeinander folgenden, meist 7 oder 8zähligen Quirlen die höchst merkwürdigen und zum Theil in einen Fangapparat umgewandelten Blättchen trägt. Der Stamm verzweigt sich hie und da; nur ein Blatt des fertilen Quirls erzeugt einen dem Hauptstengel gleichgestalteten einfachen Ast, so dass die Verzweigung einen gabeligen Eindruck macht. Grosse Exemplare haben bis 5 Aeste.

Das einzelne Blatt besitzt einen keilförmigen platten Stiel, welcher etwas länger als die Blattspreite ist und an seinem breiten Ende 4—6 platte, beiderseits mit einzelligen, farblosen Sägezähnchen besetzte Borsten, welche mit einem oder zwei graden Zähnen endigen, trägt. Stiel und Borsten repräsentiren das eigentliche assimilirende Organ; die Blattscheibe dagegen ist zu einem Fangorgan für kleine Wasserthierchen, Kruster etc., umgestaltet. Es sind nämlich die mehr als halbkreisförmigen Hälften der Scheibe zu einer Klappe zusammengeschlagen, welche sich öffnen

und nach Reizung wieder zu schliessen vermag, wobei die am einschlagenden Rande sitzenden Stachelhaare ineinandergreifen und ein festes Zusammenlegen ermöglichen.

Die so gestaltete Pflanze schwimmt horizontal, so dass die Blätter mittleren Alters senkrecht in ihrer Längsrichtung gegen die Oberfläche des Wassers stehen.

Aldrovandia ist wie Hydrilla verticillata eine Wasserpflanze wärmerer Gegenden; ihre eigentliche Heimath ist in den warmen Sümpfen der Reisculturen Vorderindiens zu suchen, von wo ihr Verbreitungsbezirk nach Norden sich ausdehnt. In den schlesischen und märkischen Standorten erreicht sie bei uns ihre Nordgrenze und gedeiht daselbst nicht mehr so üppig wie in ihrem warmen Vaterlande, wo sie Exemplare bis zu 30 Blattquirlen nicht selten ausbildet, während bei uns gewöhnlich nur 6—8 Blattquirle getrieben werden. Die Pflanze vegetirt meist in Gesellschaft mit anderen Wassergewächsen, mit Hydrocharis, Salvinia etc. und liebt die Nähe der Ufer und seichtes Wasser mit schlammigem Boden. Da sie höhere Temperaturen verlangt, als unsere übrigen Wasserpflanzen, so beginnt sie ihre Vegetation erst spät im Jahre, erst nachdem das Wasser bis auf den Grund sich erwärmt hat. Im Juli treiben die Stengel spärliche Seitentriebe und in heissen Sommern im August einzelne Blüthchen, die aber bei uns keine reifen keimfähigen Samen zu erzeugen scheinen. Nach der Blüthezeit sterben die Blätter rasch von hinten nach vorne ab, Quirl auf Quirl wird braun und löst sich ab, und es beginnt die Bildung der Winterknospen, mittelst welcher das Gewächs die kalte Jahreszeit überdauert und sich überhaupt erhält.

Landformen sind noch nicht beobachtet, und auch nicht von einem so zarten und typischen submersen Gewächs zu erwarten.

Unsere *Ceratophyllum*-Arten schliessen sich an die genannten Vertreter gleichfalls an, indem sie ganz frei in einzelnen Individuen unter der Wasserfläche flottiren und auch keine Wurzeln entwickeln. Schon an der Keimpflanze kommt eine solche nicht zur Ausbildung, die Hauptwurzel verbleibt am unteren Ende derselben als kurzes Spitzchen

unentwickelt. Ceratophyllum besitzt einen drehrunden, gleichdicken langen Stengel, der mit 6—10zähligen Quirlen von 2- oder 3fach dichotom in borstliche Zipfel gegabelten Blättern besetzt ist und sich in gleichgestaltete Laubzweige ziemlich reich verzweigt. In dem zweigerzeugenden Quirl scheint stets nur ein Blatt fertil zu sein. Unterwärts stirbt die Pflanze langsam ab und wächst rasch an der Spitze fort, wodurch sie sich nach und nach in neue Individuen zertheilt, sobald die Zerstörung bis an die Basis der sich ebenfalls weiterverzweigenden Seitenäste vorgeschritten ist. Die Stengel sind zwar biegsam, verhornen aber allmählig und werden dadurch besonders im Alter leicht brüchig. Wenn an den durch äussere Anlässe losgerissenen Stammstücken aber noch Blattquirle sitzen, so erzeugt sich aus denselben sehr leicht ein neuer Zweig, somit ein neues Individuum und es resultirt so eine ausserordentliche Leichtigkeit und Ausgiebigkeit der vegetativen Vermehrung.

In klaren und reinen Teichen halten sich die Ceratophyllen ebenso wie die Utricularien in grösserer Tiefe, ja sogar dicht am Boden auf, da ihre Assimilationszellen an diffuses Licht angepasst sind.

Zu der Gruppe der frei im Wasser flottirenden submersen Gewächse gehören nun noch 2 kleine Pflänzchen, welche zwar im Gesammthabitus von den genannten Vertretern bedeutend abweichen aber anderseits in Bezug auf Lebensweise sich enge an sie anschliessen, nämlich Riccia fluitans und Lemna trisulca.

Riccia fluitans, zu den Lebermoosen gehörend, schwimmt in Form einzelner kleiner Individuen frei unter der Oberfläche des Wassers in ruhigen Teichen häufig mit Utricularien u. a. zusammen und besteht aus einem schmallinearen, flachen, bis 5 cm langen und 1 mm breiten, wiederholt gabelig getheilten Thallus ohne jegliche Wurzelhaarbildung. Die Laubaxe ist etwas verdickt, während die Seitenflächen dünnhäutig und flach sind. Zieht man das Pflänzchen aus dem Wasser, so fällt das Laub schlaff zusammen.

Geräth die Pflanze auf Uferschlamm bei sinkendem Wasserspiegel, so entwickelt sich die Landform canaliculata Hoffm. Sie kriecht dicht am Boden und treibt Wur-

zelhaare auf der Unterseite zur Aufnahme des Wassers und der anorganischen Salze, welche der Wasserform direkt zur Verfügung stehen. Das Laub wird durch die aufstrebenden Ränder rinnenförmig, somit unterseits gekielt, welche Erscheinung als Einfluss des direkten Lichtes aufzufassen ist. Die Erdformen zeigen bisweilen einen strahligen Wuchs und nähern sich also im Habitus den übrigen erdbewohnenden Arten der Gattung Riccia. Die Riccia fluitans weicht in ihrer durch das Medium bedingten Gestaltung von der schwimmenden Riccia natans bedeutend ab und derselbe Unterschied macht sich auch bei den Lemnaceen geltend, wenn wir die schwimmenden Arten mit der untergetaucht vegetirenden

Lemna trisulca vergleichen, welche mit ihrer Vegetation kleine Tümpel oft fast gänzlich erfüllt. Sie besteht aus frei schwimmenden, kleinen platten, eilanzettlichen und langgestielten Sprossen, welche in ziemlich langen Ketten zusammenhängen, aber leicht durch äussere Anlässe und durch Absterben der älteren auseinandergerissen werden können und neuen Individuen und Sprossketten somit den Ursprung geben. Diese flachen Sprosse sind blattlos und erzeugen an symmetrisch rechts und links gelegenen Stellen, welche als Achseln unterdrückter Blätter aufzufassen sind, je einen Tochterspross, welcher sich rasch entwickelt und dabei in eine sich um ihn bildende Tasche des Muttersprosses eingeschlossen wird. Schon wenn der Tochterspross eine Länge von etwa 0,5mm erreicht hat, erscheinen an ihm Enkelsprosse in derselben Weise u. s. f. Die Tochtersprosse wachsen heran und bilden zuletzt den an der Basis wachsenden langen Stiel aus; sie stehen ziemlich rechtwinklig von ihrem Muttersprosse ab, und ihre Fläche ist mehr weniger senkrecht zu derjenigen des Letzteren orientirt; einer von ihnen erfährt in der Weiterentwicklung entschieden eine Förderung. So kommen nach diesem Verzweigungsmodus zierliche Sprossketten zu Stande, welche sich nach allen Richtungen frei im Wasser entfalten können und auch ziemlich lange Zeit zusammenhangen, indem die submerse Lebensweise ihre Trennung nicht begünstigt, während die schwimmenden Lemnaceen, welche sich in

derselben Weise verzweigen, aber die Sprosse alle mit ihren Flächen in die Ebene des Wasserspiegels lagern, sehr bald infolge der stärkeren Bewegungen des letzteren in kleinere Ketten oder in ihre einzelnen Glieder zerfallen. Bemerkenswerth erscheint auch der Unterschied in der Länge des Sprossstiels, welcher bei den schwimmenden Formen ganz kurz bleibt und dessen Streckung bei L. trisulca auf einer Einwirkung des diffusen Lichtes beruhen dürfte.

In der Regel entsteht über jedem Tochtersprosse noch die Anlage eines accessorischen Sprosses aus dem Knotengewebe des Muttersprosses. Dieselbe gelangt aber nicht immer zur Weiterentwicklung.

Die Wurzelbildung ist an der submersen L. trisulca im Gegensatz zu den grösseren schwimmenden Arten eine spärliche. An der unteren Fläche entwickelt sich zwar in der Mediane und in der Ursprungszone der Tochtersprosse sehr langsam eine Adventivwurzel, welche aber lange Zeit rudimentär bleibt und auch später keine bedeutende Streckung erfährt.

Biologisch interessant verhält sich L. trisulca, wenn sie zur Blüthenbildung schreitet. Sehr selten tritt dieselbe ein, am ehesten an warmen schattenlosen Standorten, für gewöhnlich vermehrt sich das Gewächs auf rein vegetative Weise durch Sprossung. Die Blüthen werden an besonderen schwimmenden Luftsprossen erzeugt, in welche die Wassersprosse durch Zwischenstufen übergehen. Im Gegensatz zu den Wassersprossen sind diese Luftsprosse kürzer und schmäler, hängen weniger innig zusammen und krümmen sich in der Weise, dass ihre Spitze in das Wasser taucht und nur die mit einer Anzahl von Spaltöffnungen versehenen, hinteren zwei Drittel ihrer Rückenfläche in Contact mit der Atmosphäre stehen. Auch entwickeln sich zur Erhöhung der Schwimmfähigkeit Lufthöhlen im ersten Sprossglied, das an der Wasserform solcher entbehrt und die Wurzel bildet sich rascher zu einer mässigen Länge aus. Die Luftsprosse erzeugen ihre Blüthen aus einer Blattachsel, während die andere die vegetative Sprossung fortsetzt, sie dienen wickelartigen Ketten

von weiteren blüthentragenden Luftsprossen zum Ausgangspunkt und gehen am Schlusse der Blüthezeit wiederum durch Zwischenstufen in die Wassersprosse über. Neben den Blüthen entsteht wie gewöhnlich ein accessorischer Spross, welcher häufig zur Entfaltung kommt.

Im Herbste werden keine besonderen Wintersprosse gebildet; die Pflanze überwintert unverändert, wobei freilich viele Individuen zerstört werden. Indessen vermehren sich die sparsam übrig gebliebenen Sprosse im Frühjahr beim Erwachen der Vegetation ausserordentlich üppig und rasch.

2) Die zweite Gruppe von typischen submersen Gewächsen umfasst die Mehrzahl derselben, Formen, welche am Boden der Gewässer mit den untern Axentheilen kriechen, mittelst langer, meist einfacher Wurzeln sich festheften und aus diesen Axengliedern lange im Wasser fluthende und sich verzweigende Laubtriebe entsenden. Wie schon oben erwähnt, fungiren die Wurzeln in erster Linie als Haftorgane, weniger als Organe der Nahrungsaufnahme, denn wir wissen, dass alle submersen Gewächse ihren Bedarf an anorganischen Salzen direkt durch die Epidermis der Blätter aus dem umgebenden Medium beziehen. Innerhalb dieser Gruppe erblicken wir selbstredend keine identischen Formen, die Blattgestalt variirt mannigfaltig; gemeinsame Eigenthümlichkeiten begegnen uns aber doch überall.

Wir wollen zunächst die Vertreter der Gattung *Myriophyllum* ins Auge fassen, welche in unseren Flüssen und Teichen oft grosse submerse fluthende „Vliesse" bilden. Die Pflanze heftet sich mit den unteren Theilen der Laubstengel am Boden des Wassers im Schlamm oder im Kiese fest und diese Theile nehmen rhizomartigen Charakter an. Von diesem der Blätter verlustig gegangenen horizontalen und vielfach verzweigten Rhizomwerk entspringen nun lange schief aufwärts fluthende Laubtriebe, die sich hie und da verzweigen, wobei die Zweige den Hauptästen völlig gleichen. Die Stengel sind besetzt mit quirlförmig zu 4 oder

5 stehenden, kammförmig fein fiederigen Blättern, deren Zipfel ziemlich lang, sehr zart und drehrund gestaltet sind. Durch die mehrfache, gleichartige Verzweigung entstehen schliesslich lange fluthende Büschel, welche in stärker fliessendem Wasser oft eine ganz bedeutende Länge erreichen und dann unterwärts nackt erscheinen, indem die Blätter von hinten nach vorne zu absterben. Ueberall sprossen an den Knoten der im Boden liegenden Stengeltheile und auch weiter aufwärts, wenn sich die nachfolgenden Internodien niederlegen sehr lange, meist unverzweigte Haftwurzeln. Losgerissene Zweige vermögen sich leicht an passenden Stellen mit Hülfe von solchen neu entstehenden Adventivwurzeln wieder festzuankern und zu neuen Beständen heranzuwachsen. Die Pflanze überwintert an günstigen Standorten unverändert, oder bildet auch sich loslösende Winterknospen an den Zweigenden, die im nächsten Jahre aus den Knoten Adventivwurzeln treiben und zu neuen Individuen heranwachsen.

Die Enden der grösseren fluthenden Laubzweige gestalten sich zu ährenförmigen Blüthenständen um, welche zur Blüthezeit aus dem Wasser auftauchen. Bei Myr. verticillatum stehen die Einzelblüthchen in den Achseln von kleinen laubartigen, kammförmig gefiederten Tragblättchen, die bei den anderen Arten zu winzigen Schuppen reducirt sind. Diese laubartigen Tragblätter des Myr. verticillatum entsprechen nun ganz in Gestaltung den ähnlich gestalteten Blättern der Landformen von Myriophyllum, welche sich beim Zurücktreten des Wasserspiegels oder beim Keimen der Samen auf Uferschlamm oder Kies unter Umständen bilden können. Ich beobachtete solche interessante Formen von Myr. spicatum und alterniflorum an der unteren Sieg bei Bonn, wo sie mit Landformen von Ranunculus fluitans und aquatilis, Callitriche, Limnanthemum, Nuphar, Potamogeton natans und anderen vergesellschaftet auftraten. An trocken gelegten Sandbänken lagen die Zweigenden auf dem Sand, die Wasserblätter waren an der Luft zum Theil vertrocknet, aber an den Zweigspitzen wuchsen die Triebe zur Landform aus. An einigen Stellen gelangte der Stengel von neuem ins Wasser

und war dann wieder als Wasserform weiter gewachsen. Die typische, auf Schlamm vegetirende Landform zeigt einen ganz anderen Habitus als die Wasserform, sie bildet kleine zollhohe Räschen, deren Stengel sich vielfach unterwärts verzweigt aber kurz bleibt, indem die Internodien nicht wie an der Wasserform eine Streckung erfahren (Tafel VI, Fig. 13). Auch findet eine reichliche Bildung von Adventivwurzeln aus den Blattknoten statt. Die gleichfalls quirlig gestellten Blättchen sind ganz bedeutend kleiner als an der submersen Form, sie sind ebenfalls gefiedert, aber die Fiederchen in geringerer Anzahl vorhanden und dicker und breiter. Am besten gedeiht diese Form an feuchten, schattigen Uferstellen. Von Myr. alterniflorum fand ich eine sehr kleine niederliegende Form auf Kies an sonniger Stelle (Tafel VI, Fig. 14). Die Internodien waren noch mehr verkürzt und die Zipfelchen noch kürzer und breiter. Anderseits bilden sich die Myriophyllen in sehr stillen und kleinen Tümpeln ausserordentlich zart aus, mit fast haarförmigen feinen langen Blattzipfeln, während die Formen in stark fluthenden Gewässern gedrungen und mit kürzeren festeren Blattzipfeln erscheinen.

Unsere submersen Arten von *Batrachium* schliessen sich in Bezug auf Vegetation und allgemeinen Habitus an Myriophyllum an. Sie gehören zu denjenigen Wasserpflanzen, welche oft in grossen Massen in Form ausgedehnter üppiger submerser Wiesen unsere stehenden Gewässer oder in Form mächtiger fluthender Bänke die Flüsse beleben. Dabei lassen sie einen Wechsel in der Gestaltung je nach den veränderten Vegetationsbedingungen, je nach der Tiefe des Wassers, nach dessen Strömung, je nachdem sie ganz submers oder auf dem Uferschlamm bei sinkendem Wasserspiegel leben, erkennen, der uns in Erstaunen setzen muss. Wir wollen zunächst die typische submerse Form der betreffenden Wasserhahnenfussarten in Betracht ziehen. Wie bei Myriophyllum kriechen auch hier die unteren Internodien des Stengels horizontal unter vielfacher Verzweigung im Boden. Diese Axen entsenden nach oben Laubtriebe, welche in ruhigem Wasser aufrecht wachsen, in fliessendem lang hinfluthen, oft bei R. fluitans bis zu einer Länge von

20 und mehr Fuss, in seichtem dagegen mehr dem Boden anliegen und nur die obersten Astspitzen frei nach oben entsenden. Diese Laubtriebe haben jenachdem längere oder kürzere Internodien und tragen an den Knoten in abwechselnder Stellung ihre Blätter, aus deren Achseln neue dem Haupttrieb gleichgestaltete und sich weiter verzweigende Aeste entspringen, bei fluthenden Formen mehr aus den Achseln der untern, bei Formen des ruhigen Wassers mehr aus denen der oberen. Das einzelne Blatt sitzt auf einem drehrunden kürzeren oder längeren, bei R. divaricatus kaum ausgebildeten Blattstiel und theilt seine Spreite vielmals tri- resp. dichotom in lauter längere oder kürzere, cylindrische, dünne, schlaffe Zipfel, repräsentirt somit ein typisches zerschlitztes Wasserblatt. In der Regel stellen sich bei trichotomer Zerschlitzung die einzelnen Zipfel gleichmässig in einen Wirtel und weichen darin wesentlich von den meist dorsiventral gebauten Blättern der Luftpflanzen ab, indem sie die Verzweigungsweise und die Form von radial gebauten Organen annehmen. Dadurch, dass die vielen schlaffen und langen Zweige dicht zusammen vegetiren, kommen die submersen Massifs zu Stande.

Die Stengel treiben nach unten lange, einfache dünne Adventivwurzeln aus den Knoten, bald nur wenige (1—2, R. fluitans) bald mehrere (R. aqu.). Hauptsächlich entwickeln die am Boden befindlichen unteren Stengeltheile solche Haftwurzeln, die mehr kriechenden Formen des seichten Wassers und die fluthenden aber auch bis zu den oberen Internodien hinauf, während die aufrecht wachsenden Formen des stillen Wassers nur ganz unten solche hervorbringen. Diese Wurzeln haben mehr die Funktion der Festankerung der Pflanze, als der Zuleitung von Nährsalzen zu dem assimilirenden Gewebe, wofür auch schon ihr verschiedenes Auftreten bei den einzelnen Standortsformen spricht. Sie gestatten somit der Pflanze, eine regelmässige Stellung zum Lichte anzunehmen, was namentlich in der Jugend von Bedeutung ist. Askenasy liess Samen im Wasser schwimmend keimen und beobachtete, dass die jungen Pflänzchen die seltsamsten Krümmungen annahmen und nicht so gut gediehen als festgewurzelte. Dass die

Wurzeln für die Ernährung von geringer Bedeutung sind, lehrt die Beobachtung. Losgerissene wurzellose Zweige sind im Stande, ruhig weiter zu vegetiren, eine Eigenschaft, welche die meisten submersen Wassergewächse auszeichnet und sie ausserordentlich zu vegetativer Vermehrung befähigt. Gar häufig sieht man solche losgerissene Zweige von R. aquatilis und R. fluitans die Flüsse hinabtreiben, an geschützten Stellen mittelst neu gebildeter Adventivwurzeln sich festankern und zu neuen Stöcken heranwachsen. Wie schon im allgemeinen Theile bemerkt, hängt diese Fähigkeit mit der vereinfachten Ernährung zusammen.

Die Formen unseres Gebiets gehören grösstentheils drei Arten an, R. divaricatus, fluitans und aquatilis, die trotz aller Variabilität in Bezug auf Habitus doch sich ziemlich scharf abheben. Ersterer bewohnt mehr ruhige Gewässer und ist am wenigsten variabel. Seine Blätter sind fast sitzend, spalten sich zuerst trichotom, dann mehrmals dichotom, die Zipfel treten in einer kreisrunden Fläche rings um den Stengel auseinander und die Internodien sind bedeutend länger. Die zweite Art liebt vorzugsweise Flüsse und Bäche, weniger stehende Gewässer, variirt auch weniger und zeichnet sich durch die trichotom vielspaltigen Blätter aus, welche stets länger als die Internodien sind und in stark fliessendem Wasser eine bedeutende Länge der Zipfel erreichen. R. aquatilis endlich ist die vielgestaltigste Art, die in Flüssen, Bächen, Seen, Sümpfen, Gräben üppig gedeiht und deren meist trichotom zertheilten Haarblätter gewöhnlich die Länge des Internodiums besitzen. Auf die Länge des Blattstiels hat das Licht grossen Einfluss, indem sein Mangel dieselbe steigert. Ebenso verlängern sich alle Theile des Blattes in fliessendem Wasser. Im Allgemeinen entspricht der Habitus der einzelnen Arten dem Wohnort.

Ranunculus divaricatus erzeugt nur submerse haarförmig vielspaltige Blätter, R. aquatilis dagegen und sehr selten auch R. fluitans bringen unter Umständen eine zweite Form von Blättern, nämlich typische und ganz anders gestaltete Schwimmblätter hervor. Die Bedingungen, unter denen sich diese Blätter bilden, sind noch

nicht klar erkannt. Sie treten nur dann in die Erscheinung, wenn die Pflanze zur Blüthenbildung übergeht, wobei in der Regel das oberste Blatt des Zweiges, dessen Ende eine Blüthe abschliesst, ein Schwimmblatt ist, aus dessen Achsel neue mit Blüthen abschliessende Sprosse in Form eines Sympodiums hervorgehen. Die Schwimmblätter stehen also den Blüthen gegenüber. Nun ist aber die Bildung der Blüthen am Ende eines Zweiges nicht allein die Ursache der Schwimmblattbildung, denn häufig genug sind alle Blüthengegenblätter oder einige wenigstens submers und haarförmig zerschlitzt. Wächst die Pflanze tief unter Wasser oder gedeiht sie als Landform am Ufer, so kommt es in der Regel nicht zur Bildung von Schwimmblättern. Waren solche vor dem Wechsel der äusseren Bedingungen schon gebildet, so gehen sie bald entweder in submerse oder Luftblätter über. Askenasy, welcher diesbezügliche Versuche angestellt hat, gelangt schliesslich zur Ansicht, dass ein typisches Schwimmblatt sich bilde, wenn das einer Blüthe opponirte Blatt in einer bestimmten Periode seiner Entwicklung aus dem Wasser in die Luft emporgehoben werde. Die gewöhnliche Lage der blüthenbildenden Endknospe dicht an der Oberfläche müsse für die Ausbildung typischer Gegenblätter besonders günstig sein.

Die Schwimmblätter der Wasserhahnenfüsse zeigen nun denselben Gegensatz zu den submersen, wie wir ihn im allgemeinen zwischen allen Schwimmblättern und submersen Blättern antreffen. Sie entwickeln auf mehr oder weniger langem Stiele eine nierenförmige, ebene, am Rande gelappte dicke Spreite, welche in der Form bedeutend variirt; sie ist herzförmig-rundlich, bis über die Mitte dreispaltig mit zwei- oder dreilappigen Seitenzipfeln und zweikerbigem Mittelzipfel (R. aqu. peltatus K.), oder hat eine gestutzte Basis (R. aqu. truncatus K.), oder eine fünflappige Spreite ohne Kerbe an den Lappen (R. aqu. quinquelobus), oder breite halb dreispaltige Blätter (Schwimmform von R. fluit.) etc., kurzum in der Einzelgestaltung zeigt sich hier eine grosse spontane Variabilität; der Gesammthabitus aber bleibt derselbe. Natürlich weicht die anatomische Structur bedeutend von derjenigen der submersen Blätter ab.

Am bemerkenswerthesten sind nun entschieden die absonderlichen Luftformen der Wasserhahnenfüsse. Sie sind schon häufig genug beobachtet worden und lassen sich in der Natur auch leicht an Flussufern auf Sand und Kies oder Schlamm auffinden. (Bei Bonn sind sie überall an der unteren Sieg und Ahr zu bemerken.)

In kleinen Tümpeln, welche vollständig erfüllt sind mit üppiger Vegetation von Wassergewächsen, sieht man die Hahnenfüsse aus dem Wasser hervorwuchern und über dem Spiegel dichte Rasen bilden, besonders gern an schattigen Orten. Man bemerkt an solchen Standorten sehr oft, dass das zunächst auf ein typisches Schwimmblatt oder submerses Blatt folgende, an der Luft erwachsene Blatt ohne Uebergang schon ein typisches Luftblatt geworden ist. Derartige Triebe können späterhin wieder ins Wasser tauchen und bilden dann wie früher submerse, haarförmig zerschlitzte Blätter. Echte Landformen bilden sich aber auch aus, wenn der Wasserspiegel zurücktritt; die kriechenden Stengeltheile treiben dann aus ihren Axillarknospen die kurzen aufrechten Luftsprosse. Endlich erhält man die Landformen auch durch Keimenlassen der Samen auf feuchtem Boden. Askenasy hat Experimente angestellt und durch verschiedenartige Variationen der Cultur die grosse Gestaltungsfähigkeit der Wasserhahnenfüsse genugsam dargethan.

Lässt man Ranunculus aquatilis unter Wasser keimen, so bilden sich die Cotyledonen fadenförmig aus, das nächst folgende Blatt erhält auf einem dünnen kurzen Stiele eine in 3 fadenförmige Zipfel aufgelöste Spreite (Tafel VII, Fig. 14a) und die nächsten Blätter gehen allmälig in die vollkommenen Wasserblätter über. Die Cotyledonen der auf dem Lande gekeimten Pflanzen dagegen sind kürzer und breiter, von verkehrtovalem Umriss und das nächste Blatt hat auf langem kräftigem Stiel eine breite, 3 oder 5theilige, aber nicht bis zum Grund getheilte Spreite, das folgende eine ähnliche mehrtheilige; die nächsten Blätter haben alle lange Stiele und in zahlreichere Zipfel getheilte Spreiten (Tafel VII, Fig. 14b). Es existirt also ein bedeutender Unterschied zwischen den Blättern der

Landform und Wasserform, ein Unterschied, der noch bedeutender in der anatomischen Structur hervortritt, indem erstere dorsiventrale Differenzirung des assimilirenden Gewebes, also einen Unterschied von Oberseite und Unterseite erkennen lassen, letztere dagegen fast genau radial gebaute Zipfel tragen. Die Luftblätter sind ausserdem nicht schlaff, sondern rigid und zeigen weniger das Hervortreten der Zipfel aus der Verzweigungsebene. Der Gesammthabitus der Landform ist ein buschiger, räschenförmiger, dadurch, dass die Internodien der Stengelchen sehr kurz bleiben. Besonders an sonnigen Standorten erhebt sich der Stengel nur äusserst wenig über den Boden, wogegen an feuchten schattigen Uferstellen die Räschen höher werden und die späteren Blätter auch mehr cylindrische Zipfel tragen. Die Anpassung an die jeweiligen Standortsbedingungen ist bei den Wasserhahnenfüssen so vollkommen, dass einerseits die Wasserblätter nicht in der Luft leben können, sondern vertrocknen, andererseits die Luftblätter unter Wasser ebenfalls absterben. Die Umwandlung der einen Form in die andere vollzieht sich an den jugendlichen Organen, an den Stengelenden und Axillarknospen, welche sich zweckentsprechend ausgestalten, während die nicht angepassten Theile zu Grunde gehen. Die Anlagen der Wasser- und Luftblätter und, wie aus Askenasy's Experimenten sich ergibt, auch wohl bedingungsweise diejenigen der Schwimmblätter sind ihrem Wesen nach identisch und es hängt von äusseren Umständen ab, welche Form schliesslich hervorgeht.

Der Uebergang von der einen Form zur anderen erfolgt rasch, oft tragen nur zwei oder auch nur ein Blatt den Uebergangscharacter und das folgende ist schon vollständig den veränderten Bedingungen angepasst. Durch entsprechende Cultur können, wie es auch in der Natur zuweilen geschieht, sogar einzelne Theile, einzelne Blätter, ja einzelne Zipfelchen modificirt werden.

Die Landform des Ranunculus divaricatus besitzt einen ganz anderen Habitus als die terrestre Form des R. aquatilis. Letztere bildet stets aufrechte Räschen mit aufrechten langgestielten Blättern, erstere dagegen wächst

nach Askenasy immer dem Boden dicht angedrückt, die reichlich durch axillare Knospen sich verzweigenden Stengelglieder haften an den Knoten bis dicht an die Endknospe durch zahlreiche adventive Wurzeln an dem Boden fest. In allen Theilen der Landform, in den Internodien und den Blättern fällt uns wieder eine beträchtliche Verkürzung gegenüber der Wasserform auf. So gleicht das Gewächs anderen mit ihm gesellig wachsenden kriechenden Uferkräutern. R. divaricatus besitzt nicht jene hohe Accomodationsfähigkeit wie R. aquatilis und man findet daher die Landform auch viel seltener.

Die Landformen des Ranunculus fluitans gleichen im Habitus sehr denen des R. aquatilis und bilden sich gleichfalls leicht auf Uferschlamm oder Kies bei zurücktretendem Wasser oder in seichten Tümpeln an den Flussrändern, wenn einzelne Triebe über den Spiegel hinauswachsen. Am auffallendsten erscheint die Landform, wenn erst einige wenige Luftblättchen aus den Achselknospen der aufs Trockne gerathenen Axen sich entwickelt haben. Diese ersten Blätter sind ziemlich lang gestielt und tragen am Ende des Stieles eine 3—5theilige aus erbreiterten, im Umrisse keulenförmigen kurzen Zipfelchen bestehende Spreite. Die Lufttriebe behalten kurze Internodien und wachsen schliesslich zu kleinen aufrechten verzweigten dichten Büschen heran, deren Blätter vielfach trichotom zertheilt sind und deren Zipfel mehr oder weniger je nach den Beleuchtungs- und Feuchtigkeitsverhältnissen erbreitert sind. Nie erlangen die Blätter eine solche Länge, wie sie die submerse Lebensweise besonders in strömenden Gewässern erzeugt: die Spreite wird höchstens $1^1/_2$ Zoll, der Stiel in der Regel nur 1 Zoll lang. Wenn auch äusserlich der einzelne Zipfel manchmal wenig von dem Wasserzipfel differirt, im anatomischen Bau herrscht stets ein scharfer Unterschied.

Ausser den genannten drei Arten sind noch einige andere zum Theil unsichere aufgestellt worden, welche sich biologisch den obigen bei Weitem am häufigsten vorkommenden in jeder Hinsicht anschliessen.

Offenbar haben sich unsere Wasserhahnenfüsse, welche

man als besondere, allerdings nicht scharf unterschiedene Gruppe Batrachium zusammengefasst hat, von terrestren Arten der Gattung Ranunculus abgeleitet, R. hederaceus würde den Uebergang vermitteln. Interessant ist, dass in Amerika eine submers lebende Art sich findet, R. Purshii Richardson, welcher nach Torray und Gray (Fl. of N.-Am. I p. 19) zur Gruppe Hecatonia in die Verwandtschaft des Ran. sceleratus L. gehört, aber trotzdem in Folge der submersen Lebensweise wie unsere Batrachien zerschlitzte Haarblätter entwickelt hat, ein neuer Beweis dafür, dass diese Blattform als ein Erzeugniss des umgestaltenden Einflusses des Mediums aufzufassen ist.

Obwohl in der Blattform abweichend, reiht sich an Myriophyllum und Batrachium in Lebensweise und Aufbau übereinstimmend die untergetaucht fluthende Form von *Hippuris vulgaris*. Gewöhnlich gedeiht der Wasserwedel an nassen Uferstellen als Luftpflanze, welche aus einem reichlich verzweigten, unterirdischen Rhizomwerk einfache, aufrechte, lange Triebe sendet, die mit quirlförmig abstehenden, pfriemlichen Blättern besetzt sind. Vegetirt dagegen das Gewächs in tiefem Wasser, so bildet sich die fluthende Form aus, welche sehr an Myriophyllum erinnert, indem der lange schlaffe Stengel aus den unteren Gelenken Nebenstengel treibt und ästig erscheint. Die Blätter werden dann doppelt so lang (2″), schlaff, etwas gedreht, linealisch, grasartig und durchscheinend. Die Wurzeln entspringen an den unteren Gelenken. Also wiederholt sich hier derselbe Gegensatz wie an den Landformen und Wasserformen von Myriophyllum.

An Hippuris schliesst sich die gleichfalls amphibische *Elatine Alsinastrum* an, welche allerdings keine langfluthenden Stengel wie Myriophyllum treibt, sondern in der Tracht den aufrechten, am Ufer wachsenden Hippuris-Rasen gleicht. Die Pflanze gedeiht vorzugsweise submers in Gräben, Lehmlöchern, stehenden Wassern in dichten kleinen Wiesen, aber auch als Landform auf Uferboden. Sie hat einen kriechenden Wurzelstock, welcher aufrechte dicke, röhrige Stengel treibt, die im Wasser zuweilen 1 Fuss Länge erreichen und gewöhnlich über das Wasser einige Zoll her-

vorragen. Diese einfachen oder unterwärts nur in wenige einfache gleichgestaltete Aeste getheilten Stengel sind nun mit Quirlen von sitzenden Blättern besetzt, die untergetauchten schlaff und fluthend, zu 8—10 im Quirl, schmal lineal und pfriemlich zulaufend, zolllang und nur mit einem Nerven versehen; nach oben zu am Stengel werden die Blätter dreinervig, die aufgetauchten endlich sind kürzer, viel breiter, eilanzettlich, zu 3—4 in den Quirlen und mehrnervig.

Wenn die Pflanze in tieferem Wasser die Oberfläche nicht erreicht, so erhalten natürlich alle Blätter die Ausbildung der submersen. Auf Schlamm am Ufer erwachsen, bleibt sie niedrig, wird nur 1—3" hoch, die Blätter sind alle kurz und lineallanzettlich. Wir haben dann die typische Landform vor uns, welche im Gegensatz zu der Wasserform einjährig ist. Ueberhaupt sind manche amphibische Gewächse nur in der Wasserform befähigt, den Winter zu überdauern, worauf weiter unten noch näher eingegangen werden soll.

Callitriche, Montia, Elatine hydropiper, paludosa und triandra zeigen manches Uebereinstimmende in den Wuchsverhältnissen mit Batrachium, bilden aber unter sich in Folge der grossen habituellen Uebereinstimmung eine Specialform der submersen Gewächse.

Die *Callitrichen* wachsen stets gesellig in Form grosser submerser Rasen oder in fluthenden Gewässern in Form fluthender Vliesse. Sie haben zarte, sich vielfach verzweigende, fluthende Stengel, welche mit den unteren Internodien im Bodenschlamm oder Kies stecken und mittelst langer einfacher Adventivwurzeln festgeankert sind. Sie vegetiren äusserst lebhaft, wachsen am Stengelende und den Zweigspitzen beständig weiter, während von hinten die zarten Theile absterben, die folgenden Internodien sich niederlegen und anwurzeln. Auch die Hauptwurzel der jungen Pflanze vergeht bald und indem das Absterben vorwärts von Internodium zu Internodium vorschreitet, entsteht bald aus einem Individuum eine ganze Gesellschaft zusammenvegetirender Einzelpflanzen, welche in beständigem Wechsel der vegetirenden Theile begriffen sind.

Jeder Stengelknoten ist überdies befähigt, Adventivwurzeln und Achseltriebe hervorzubringen. Hegelmaier beobachtete sogar, dass aus Knoten, mit denen nur ganz geringe Abschnitte der Internodien in Verbindung waren, neue Pflanzen erwuchsen.

An den zarten Stengeln sitzen nun in gegenständiger Anordnung bei submerser Lebensweise schmallineale, zarte, schlaffe Blättchen. Call. autumnalis L., welche ausschliesslich untergetaucht wächst, blüht und fructificirt, bildet nur solche Blätter aus, die somit als die typischen submersen Blätter der Callitrichen anzusehen sind. Dagegen verhalten sich die Arten der Sectio Eucallitriche anders. Sie umfasst Formen mit amphibischer Lebensweise und mit einer ausserordentlichen dem Wechsel des Mediums entsprechenden Gestaltungsfähigkeit. An den typischen Wasserformen dieser Gruppe sind die unteren Blätter mehr oder weniger schmallineal oder langlanzettlich, nach oben zu verbreitert sich die Spreite häufig etwas, nur bei einer Art, C. stagnalis, sind sämmtliche Blätter verkehrt eiförmig. Die unteren Internodien sind infolge des Lichtmangels langgestreckt, nach oben zu aber werden besonders in ruhigen Gewässern die Internodien kürzer und wenn die Astspitzen die Oberfläche erreichen, kommt es zur Bildung von Schwimmrosetten. Dieselben haben eine gestauchte Axe, deren nicht gestreckte Internodien sich etwas drehen, sodass die verkehrt eiförmigen Blätter sich, dicht aneinander gelagert, zu Rosetten anordnen können, welche die Bezeichnung der Pflanze „Wasserstern" veranlasst haben. Die Schwimmblättchen weichen von den zarten submersen Blättern einmal in ihrer Gestalt, dann aber auch in der festeren Consistenz und der Structur ab. In tieferem Wasser unterbleibt natürlich die Bildung der Schwimmrosetten, besonders aber auch in stark fliessendem, in welchem die zarten langen Stengel nebeneinander in Gestalt eines grossen lebhaft grünen Vliesses fluthen und die Blätter sich schmallineal ausbilden oder doch dieser Form sich nähern, so zwar, dass die fluthenden Eucallitrichen sehr der C. autumnalis in der Tracht gleichen. Die Formen mit Schwimmrosetten lassen sich leicht in die gewöhnliche

submerse Form überführen. Askenasy zwang C. verna unter Wasser weiter zu wachsen und fand, dass sich die Form der Blätter änderte, indem die Rosetten mit verkehrt eiförmigen Blättern in lange Sprosse mit schmal linealen sich umwandelten. Die veränderten Lebensbedingungen des Blattes an der Wasseroberfläche, die Berührung mit Luft und die grössere Intensität des Lichtes sind es also, welche die Bildung der Schwimmrosetten herbeiführen.

Bemerkenswerth ist die Leichtigkeit, mit welcher die Vertreter der Sectio Eucallitriche Landformen bilden. Ueberall auf feuchtem Schlamm oder auf Kies am Rande der Teiche und Flüsse kann man solche leicht beobachten. Sie sind oft nur zollhoch, haben verkürzte Internodien, lauter kleine lineale oder eiförmige Blättchen, fructificiren reichlich und sind einjährig, zu zart, um den Winter überstehen zu können, während die Wasserformen fast unverändert die kalte Jahreszeit ertragen, ja sogar mitten im Winter noch zu vegetiren vermögen. Gewöhnlich erscheinen die Landformen in Gestalt kleiner Räschen. Selbstverständlich haben Boden, Feuchtigkeit und Beleuchtung grossen Einfluss auf den Habitus, indem im Schatten an sehr feuchten Orten die Räschen höher und üppiger werden, dagegen an sonnigen und sandigen Ufern die Landform äusserst klein bleibt und wie die mit ihr vergesellschafteten Uferkräuter Corrigiola, Limosella, Sagina procumbens, Alsine rubra etc. niederliegende, an den Knoten festgewurzelte kleine Rosetten mit sehr kleinen Blättchen bildet. Solche Formen finden sich häufig auf sandigen Flussufern (Siegmündung, Ahrmündung). Die Landformen sind im Gegensatz zu den submersen einjährig.

Die submersen Callitrichen strecken ihre Blätter stets ungefähr horizontal aus, mag nun der Stengel gerade aufrecht wachsen oder eine schiefe Lage einnehmen. Diese fixe Lage scheint auf dem anatomischen Bau zu beruhen, indem die Differenzirung in oberes und unteres assimilirendes Gewebe, besonders an den etwas breiteren Blättern ziemlich ausgeprägt ist, wogegen die Blätter anderer submerser Gewächse wie Ceratophyllum, Batrachien, Potameen, Elodea etc., welche keinen solchen Unterschied erkennen

lassen, auch keine streng gesetzmässige Lage einzunehmen bestrebt sind. Die Callitrichen zeigen nun noch eine andere Eigenthümlichkeit, die ebenfalls auf dem anatomischen Bau beruhen dürfte. Nimmt man sie aus dem Wasser, so können sie sich auch unter solchen Umständen am Leben erhalten, freilich wird ein gewisser Feuchtigkeitsgehalt der Luft doch hierzu nothwendig sein. Dieses Verhalten erscheint nur dadurch ermöglicht, dass auch die submersen Blätter der Callitrichen eine chlorophyllfreie Epidermis besitzen, welche sogar an den breiteren Blättern der oberen Stengelregion häufig Spaltöffnungen bildet. Callitriche weicht darin wesentlich von Ranunculus aquatilis und Verwandten ab, dessen zarte, ausschliesslich der submersen Lebensweise angepassten Haarblätter an der Luft sehr bald absterben. Die Blätter der Callitrichen repräsentiren gewissermassen Uebergangsformen zwischen typischen, submersen und Luft-Blättern. Frank hat nun diesbezügliche Experimente angestellt, deren Resultate hier kurz mitgetheilt werden mögen. Er findet, dass wenn der Wasserspiegel sinkt und die aufstrebenden Endstücke der Stengel frei in die Luft ragen, die Blätter nicht horizontal bleiben, sondern sich steil abwärts richten und zwar erfolgt die Krümmung an der Basis des Blattes, sodass die morphologische Oberseite convex wird und das Blatt sich dem Stengel anlegt. Hat dieser aber eine schiefe Richtung, so sind die Blätter ebenfalls senkrecht gestellt. So verhalten sich nicht nur die schwimmenden, sondern auch die submersen Blätter mit Ausnahme der aller ältesten. Diese Bewegungen sind active, nicht durch passives Nachgeben des Blattes bedingte. Sie treten auch bei Lichtabschluss ein, sodass also nur die Gravitation sie veranlassen kann. Werden die bei Lichtabschluss behandelten Pflanzen wieder in Wasser gebracht, so nehmen die Blätter nach einiger Zeit bei Lichtzutritt wieder die frühere Lage ein, bei Lichtabschluss dagegen bleiben sie in der senkrechten Lage, sodass sich also ergibt, dass die horizontale Lage der submersen und der schwimmenden als Einwirkung des Lichtes aufzufassen ist. Verdunkelt man submerse Pflanzen mit horizontalen Blättern, so tritt

keine Veränderung ein. Die Lage derselben erhält sich also solange, als das Blatt submers bleibt und der positive Geotropismus ist an das Berührtsein der Blätter mit Luft geknüpft, während im Wasser die Blätter transversal geotropisch sind. Offenbar hat die Abwärtssenkung der Blätter an der Luft eine biologische Bedeutung und Frank glaubt, dass erstere ein letztes Mittel für die Pflanze sei, um die eigentlich für den Aufenthalt im Wasser eingerichteten Blätter noch so lange wie möglich in ihrem Elemente zu lassen; wahrscheinlich habe auch das nahe Anliegen zur Folge, dass in den so gebildeten Zwischenräumen Flüssigkeit festgehalten werden könne, was bei horizontaler Lage des Blattes unmöglich sein würde. Es dürfte übrigens in dieser Erscheinung auch eine Anpassung an die grössere Intensität des Lichtes ausser Wasser zu suchen sein, wenn auch der Anstoss zur Bewegung von der Gravitation bewirkt wird, welche letztere die Pflanze gewissermassen nur als Richtschnur für ihre Bewegungen benutzt.

Montia rivularis stimmt mit den submersen Formen von Callitriche im Habitus sehr überein. Sie wächst untergetaucht und bildet grosse dichte Polster von oft mehreren Fussen Längen. Am Grunde liegen die langen zarten Stengel nieder und wurzeln fest. Dieselben verzweigen sich oberwärts in wechselständige gleichgestaltete Aeste, haben lange Internodien und an den Knoten gegenständige, schmäler oder breiter lanzettliche, mit breitem Blattstiel versehene zarte Blätter. Die Montia erreicht in den Gebirgsbächen Mitteldeutschlands ihre grösste Entwicklung, indem sie dort fusslang mit zolllangen Blättern fluthet. Sie vegetirt kräftig das ganze Jahr hindurch, auch im Winter bleibt sie grün. Während diese Art überwiegend submers vorkommt, verhält sich dagegen die nahe verwandte und kaum specifisch verschiedene Montia minor Gm. anders. Sie bewohnt sandige Orte, die wenigstens im Winter feucht oder überschwemmt sind und steht in ihrem Habitus zur ersteren Art in demselben Verhältniss wie die Landformen von Callitriche zu den submersen. Ihre Pflänzchen sind niedrig, ausgebreitet gabelästig, auf-

strebend; die unteren Blätter spatelförmig, die oberen lineallänglich. Diese Art ist ausserdem einjährig.

An Montia rivularis reihen sich die submersen Formen von *Elatine Hydropiper*, *triandra*, *paludosa*. Diese kleinen Elatinen bewohnen schlammige Uferränder, meist im Wasser submers vegetirend. Es sind einjährige Kräuter, die eine niederliegende kleine Rosette von sehr ästigen Stengeln bilden. Die Stengel wurzeln an den unteren Gelenken und streben an der Spitze aufwärts, sie sind fädlich und kahl und tragen gegenständige Blätter, welche lanzettliche, ganzrandige Spreite besitzen und in einen kürzeren oder längeren breiten Stiel zulaufen. In tiefem Wasser und auf fettem schlammigen Boden gedeihen die genannten Elatinen am üppigsten und gleichen dann kleineren Exemplaren der Montia. Am Rande des Wassers ausserhalb desselben dagegen erscheint die ganze Pflanze als eine auf die Erde angedrückte Rosette.

Auch die winzige zollhohe *Bulliardia aquatica* L., welche den kleinen Elatinen etwas ähnelt, bildet unter Wasser aufrechte Pflänzchen, dagegen auf dem Ufer eine niedergestreckte Landform. Ihre Blätter sind gleichfalls gegenständig und haben linealische Form.

Und endlich ist auch hier *Peplis Portula* L. zu erwähnen. Wie die vorigen ist auch sie mehr eine amphibische Uferpflanze und keineswegs zu den typischen submersen Gewächsen zu zählen, sie gedeiht aber auch völlig submers und zeigt dann eine andere Tracht. Auf dem Uferschlamm resp. Sand gleicht Peplis in dem Habitus den übrigen Uferkräutern: Limosella, Corrigiola, Lindernia etc. Sie bildet an solchen Orten Rosetten von niedergestreckten bis 6" langen, an den unteren Gelenken wurzelnden Stengeln, die an den Knoten mit gegenständigen, verkehrt eirunden, fast spatelförmigen, kurzgestielten Blättchen besetzt sind. Anders dagegen, wenn die Pflanze submers auf dem Schlamm der Teiche gedeiht. Sie kriecht dann mit den horizontalen unteren Stengeltheilen im Boden und entsendet nach oben einige Zoll hohe, einfache, aufrechte, zuweilen fluthende Laubstengel, die mit den etwas schmäleren gegenständigen Blättern besetzt sind und aus den

Gelenken keine Adventivwurzeln treiben. Diese submerse Form ist im Gegensatz zur einjährigen Uferform ausdauernd.

Elodea canadensis und *Hydrilla verticillata* repräsentiren eine weitere Specialform der am Boden festgewurzelten submersen Pflanzen. Sie besitzen beide sehr lange und dünne drehrunde Stengel ähnlich wie Myriophyllum, welche sich sparsam in gleichgestaltete lange Aeste verzweigen. Aus den unteren Blattknoten sprossen einzelne lange einfache Adventivwurzeln hervor, welche die langen Triebe am Boden befestigen. Diese fluthen oder schwimmen im Wasser und vegetiren äusserst lebhaft in dichten grossen Massen zusammen, von hinten allmählig absterbend, an den Enden aber weiterwachsend wie die meisten Hydrophyten. An den Stengeln sitzen in dreizähligen Quirlen sehr zarte, aus 2 Zelllagen in der Lamina bestehende, lineale bis lanzettliche, durchscheinende Blättchen. Eben diese Zartheit, diese einseitige Anpassung an die Erfordernisse des Mediums erklärt uns auch den Mangel von Landformen. In seichterem Wasser liegen die Stengel mehr kriechend dem Boden an, erzeugen zahlreichere Adventivwurzeln, haben kürzere Internodien und Aeste und sind auch reicher verzweigt. Die Vegetation der beiden Hydrilleen ist eine sehr lebhafte. Hydrilla jedoch erreicht bei uns ihre Nordgrenze und findet sich sehr zerstreut in einigen Seen des nordöstlichen Europas; Südasien scheint ihr eigentliches Gebiet zu sein. Dagegen ist die Elodea canadensis eine nördliche Art, sie hat sich aus Nordamerika nach England verschleppt, dort sowohl als auch auf unserem Contingent erstaunlich rasch eingebürgert und auf rein vegetativem Wege fortgepflanzt und vermehrt, indem jedes losgerissene Stengelstück, das noch einige Blattknoten besitzt, sofort befähigt ist, zu einem neuen Individuum heranzuwachsen. Die Adventivwurzeln sind für die Ernährung bei diesem Gewächs von sehr untergeordneter Bedeutung.

Den beiden Hydrilleen schliessen sich unsere *Najas*-Arten an. *Najas major* vegetirt als echtes submerses Gewächs am Boden von stehenden und langsam fliessenden Gewässern in Form von sparrigen Wiesen, welche von den

nebeneinander aufrecht wachsenden, vielfach verzweigten langen und dünnstengeligen Laubtrieben gebildet werden. An diesen sitzen scheinbar in dreizähligen Quirlen die zolllangen linealen, am Rande scharf gezähnten durchscheinenden Blättchen. Die Keimpflanze erzeugt dicht über dem Cotyledon das erste Laubblattpaar, welches in seinen Achseln keine Sprosse erzeugt, darauf durch grössere oder kleinere Internodien getrennt die folgenden Blattpaare, von denen jedesmal das erste Blatt einen dem Hauptstengel gleichen Ast erzeugt, welcher dicht an der Insertion mit einem Blattpaar beginnt, bestehend aus einem Schuppenblatt, das aus seiner Achsel die Verzweigung fortsetzt und aus einem sterilen Laubblatt. So kommen die dreiblättrigen Scheinquirle an den Stengeln zu Stande. Die Verzweigung ist also eine sehr ausgiebige. An den unteren Gelenken sprossen Adventivwurzeln hervor. Das Gewächs stirbt von unten ab und zertheilt sich somit bald in eine Gesellschaft von Einzelindividuen und gleichzeitig erzeugen jedesmal die unteren Knoten fortschreitend neue Adventivwurzeln.

Nach oben zu werden die Internodien kürzer und die Blätter dadurch oberwärts gebüschelt. Die Blüthen entspringen jedesmal an Stelle des Schuppenblattes der Seitenäste und seiner Aschselknospe, stehen also nicht, wie Irmisch will, terminal.

Landformen sind nicht bekannt.

Najas minor und *flexilis* schliessen sich an major völlig an, haben aber zartere und viel schmälere Blätter und sind auch kleiner. Sie werden als einjährig angegeben, während N. major ausdauernd ist.

Die *Potameen* stellen ein bedeutendes Contingent zur submersen Flora. Ihre Hauptgattung *Potamogeton* ist die artenreichste unter allen unseren Wassergewächsen und ihre submersen Arten sind ausserdem echte Hydrophyten, indem sie nicht befähigt sind, auf dem Ufer in Form von Landformen zu vegetiren, weil die zarten, zwischen den Rippen nur drei Zelllagen mächtigen Spreiten einseitig an ihre bestimmte Lebensweise angepasst sind.

Die Potamogetonen vegetiren stets in Form grösserer

submerser Bestände ähnlich wie die Batrachien, die Callitrichen und so viele andere; in fliessenden Gewässern bilden sie fluthende Vliesse. Alle haben ein im Boden kriechendes, sympodial aufgebautes, reiches Rhizomwerk, welches nach oben die langen verzweigten und dicht nebeneinander vegetirenden, im Wasser fluthenden Laubtriebe entsendet. Die Axe eines jeden solchen Laubtriebes beginnt mit zwei gestreckten dickeren horizontalen Internodien, denen das dritte fast unterdrückte folgt. Diese drei Internodien gehören zum Rhizom und tragen an ihren Enden scheidige Niederblätter. Während nur das Niederblatt des ersten Knotens stets steril bleibt, entspringt aus der Achsel der beiden folgenden, durch das dritte kurze Internodium kaum von einander getrennten Niederblättern je ein Tochterspross, von denen sich der erste mächtiger ausbildet und als Hauptspross zu bezeichnen ist, der zweite aber kleiner bleibt und von Irmisch Reservespross genannt wird. Beide Sprosse beginnen wieder mit zwei horizontalen, das Rhizom sympodial fortsetzenden Internodien und mit einem dritten unterdrückten, verzweigen sich wie der Muttersprosse weiter und bilden derart das im Boden liegende, reich verzweigte Rhizomwerk, während die folgenden Internodien eines jeden Sprosses schräg im Wasser als Laubtrieb aufsteigen. Irmisch hat eine grosse Anzahl von Arten in dieser Hinsicht untersucht und glaubt, dass allen Potamogetonen dieser Verzweigungsmodus zukomme.

Die Laubtriebe variiren in der Länge der Internodien wie bei allen submersen Gewächsen je nach dem Standort im Wasser. Sie erreichen somit die grösste Länge im fliessenden Wasser. Die Laubtriebe verzweigen sich sparsamer bei den grossblättrigen Arten (Pot. perfoliatus und Verwandten), sehr reich dagegen bei den schmalblättrigen (P. pectinatus, acutifolius, pusillus etc.).

Bezüglich der Blattbildung verhalten sich die Potamogetonen sehr interessant, indem sich eine lange Uebergangsreihe von den schwimmenden Arten bis zu den schmalblättrigen, typisch submersen aufstellen lässt. Die Laichkräuter haben höchst wahrscheinlich mit den Aroideen gemeinsamen Ursprung, stammen somit von Landpflanzen

ab, welche sich nach und nach erst an amphibische, dann an schwimmende und endlich an submerse Lebensweise angepasst und dementsprechend eine fortlaufende Umgestaltung der vegetativen Organe erlitten haben. Potamogeton natans würde nach dieser Ansicht die ursprünglichste Form unter den heutigen Arten noch vorstellen. Die übrigen Vertreter der Gruppe Heterophylli Koch verrathen schon eine grössere Tendenz zu submerser Lebensweise; oft bilden sie gar keine Schwimmblätter aus, oft nur sehr wenige. Ihre submersen Blätter aber sind zwar der Structur der Gewebe nach dem Medium angepasst, aber noch nicht der äusseren Gestalt nach, obwohl auch diese von breiteren den Schwimmblättern ähnlich geformten Blättern zu schmäleren, bei P. heterophyllus sogar schon zu typisch submersen schmallinealen alle Uebergänge zeigt. An die Gruppe Heterophylli schliessen sich die Homophylli Koch an, zu denen P. lucens, praelongus, perfoliatus, crispus gehören. Dieselben erzeugen keine Schwimmblätter mehr, verrathen aber in den breiten Blattspreiten noch klar die Descendenz von schwimmenden Arten, obwohl die Structur der submersen Lebensweise schon völlig entspricht. Potamogeton densus mit gegenständigen elliptisch-lanzettlichen oder lineal-lanzettlichen Blätter, welcher als Vertreter einer besonderen Gruppe Enantiophylli Koch gilt, weist schon mehr zu den typisch submersen Arten hin, welche den Gruppen Chloephylli und Coleophylli Koch angehören. Diese letzteren (P. compressus, acutifolius, obtusifolius, pusillus, trichoides. — P. pectinatus) haben nun alle schmallineale, mässig lange, zarte und durchscheinende Blätter, welche bei P. pectinatus im Querschnitt quer elliptisch erscheinen, also schon einen Uebergang zur cylindrischen Ausbildung, wie sie die Blattzipfel von Batrachium etc. zeigen, bezeichnen. Die zartesten dieser letzteren Arten, besonders P. trichoides, dürften als Endglieder der Potamogetonenreihe aufzufassen sein, die Arten aber mit breiteren Spreiten als in der Umbildung zu typischen submersen Arten stehen gebliebene Formen. Letztere schützen nur ihre zarte Lamina gegen mechanische Eingriffe des Mediums in verschiedener Weise. Ihre Blätter sitzen meist stiellos, zum

Theil halbstengelumfassend, den Axen an, haben dicke Blattrippen, zwischen denen die dreischichtige dünne Lamina ausgespannt ist, falten sich gewöhnlich etwas zusammen und biegen sich am Rande kraus, besonders gerne unter der Oberfläche des Wassers und an seichteren Standorten. In den Rippen verlaufen Bastzellen, welche allen übrigen submersen Blättern völlig fehlen.

Obgleich es durchaus nicht unmöglich scheint, dass aus submersen Gewächsen auch umgekehrt Schwimmpflanzen und typische Landpflanzen allmählig hervorgehen können, so halte ich doch diese Ansicht für die Gattung Potamogeton nicht für wahrscheinlich. Es lässt sich kaum denken, dass aus einer schmalblätterigen submersen Form durch freie Variation eine breitblättrige ebenfalls submerse Form, wie sie von P. perfoliatus repräsentirt wird, entstehen soll, denn zu derartigen Umgestaltungen bedarf es veränderter äusserer Bedingungen, welche aber bei submerser Lebensweise stets gleich sind. Auch das Vorkommen von rudimentärer Gefässbildung in den Stengeln der typisch submersen Arten würde unerklärlich sein, während sich umgekehrt sehr leicht vorstellen lässt, wie schwimmende Arten bei Vegetation in tieferem Wasser ihre Blätter nicht mehr zur Oberfläche erheben können und demzufolge submers weiter leben, anfangs nur die Structur umändern, welche sehr empfindlich gegen Veränderungen des Mediums sich verhält, und nach und nach auch die äussere Gestalt anpassen.

Zum Theil erzeugen die Potamogetonen scheidige Stipulae an der Innenseite der Blattbasis, welche von Bedeutung als Schutzorgane der Terminalknospe und der Seitentriebe sein dürften; sie sondern eine Art von Schleim ab, ähnlich wie die zarthäutigen Stipeln der Hydrocharis. Die Potamogetonen vegetiren alle sehr kräftig im Sommer, sind aber nur zum geringsten Theil befähigt, die winterlichen niedrigen Temperaturen zu ertragen und überdauern die kalte Jahreszeit in Form von besonderen Blattknospen oder von verhornten kleinen Zweigen, sog. Hibernakeln, oder perenniren mit den Endtrieben des Rhizomwerkes.

Zannichellia palustris schliesst sich in der Tracht den

zarteren Formen der grasblättrigen Potamogetonen völlig an, besitzt wie diese fadenförmige, lineale, schlaffe Blätter an ästigen, dünnen, stielrunden Stengeln, die mit ihren rhizomartigen unteren Gliedern im Bodenschlamm kriechen. In seichtem Wasser bildet sich eine kriechende Form aus, die Pflanze wurzelt dann an den Gelenken, während sie in tiefem Wasser fluthet, wurzellose Gelenke und verlängerte Blätter trägt. Sie bildet kleine submerse Wiesen und erzeugt keine Landformen.

Ruppia maritima L. und *rostellata* Koch haben ebenfalls den Habitus und die Lebensweise der schmalblättrigen Potamogetonen.

Von unseren *Seegräsern,* welche die ruhigen Buchten der europäischen Küsten mit ihren submersen Wiesen erfüllen und im Boden mittelst kriechender wurzelnder Rhizome sich festankern, besitzt *Zostera marina* lange gestreckte verzweigte und fluthende Stengel wie gewisse Potamogetonen. Die Blätter dagegen gleichen denen der weiter unten erwähnten Vallisneria, sie sind grasartig, schmal lineal, durchscheinend, biegsam und ausserordentlich lang. *Zostera minor* und die mediterrane *Cymodocea aequorea* bezeichnen dagegen in Habitus und Zweigbildung schon mehr den Uebergang zu der folgenden dritten Gruppe, indem die aus dem Rhizom entspringenden Laubtriebe kurz bleiben. Dieselben erzeugen auch nur wenige grasartige Blätter, welche aber nicht die Länge und Grösse der Blätter der Zostera marina erreichen.

Habituell muss auch *Scirpus fluitans* L. den schmalblättrigen Potamogetonen angereiht werden. Diese Art ist interessant, weil sie in der Gestaltung, die der Lebensweise entspricht, von den übrigen Scirpus-Arten vollständig abweicht. Letztere kriechen im Schlamm mit ihrem sympodialen Rhizom, aus welchem aufrechte Halme hervorsprossen. Sc. fluitans fluthet dagegen in Bächen und nimmt übereinstimmenden Habitus mit Ruppia etc. an. Die Scheinaxe fluthet lang hin, erreicht bis zu Fusslänge, verzweigt sich besonders abwärts und ist mit sehr schmalen linealen zarten Blättern besetzt (vergl. Abb. bei Reichenbach Icon. VIII).

3) Eine dritte Gruppe von submersen Gewächsen vereinigt solche Pflanzenformen, welche am Grunde der Gewässer an kurzer gestauchter Axe bodenständige, lange lineale Blätter entwickeln, welche sich also in den Wuchsverhältnissen von den mit langem Stengel im Wasser fluthenden Myriophyllen etc. wesentlich unterscheiden. Die Blätter der hierher gehörigen Vertreter sind schmal, bald kürzer: Isoëtesform, bald sehr lang grasartig und fluthend: Vallisneriaform. Wie bei den meisten submersen Gewächsen ist also auch hier das Laub in schmale Gebilde aufgelöst.

Isoëtes lacustris treibt aus einer niedergedrückt kugeligen gestauchten Axe nach oben ein Büschel pfriemlicher Blätter, nach unten zahlreiche Wurzeln. Das Gewächs treibt keine Ausläufer, sondern bedeckt in Form einzelner getrennter Individuen den Boden der Seen. Formen mit fluthenden Blättern kennt man nicht. Alex. Braun hat Landexemplare am Feldsee und Titisee beobachtet, sie vegetirten ausser Wasser in freilich noch feuchtem Sand und zwischen Steinen, und trugen kürzere und mehr sternförmig ausgebreitete Blätter mit Spaltöffnungen, die der Wasserform fehlen.

Lobelia Dortmanna vegetirt ebenso wie Isoëtes in Form einzelner Stauchlinge am Boden von Landseen, besonders gerne in solchen mit sandigem Untergrund. Die gestauchte Axe treibt nach unten ein Büschel langer weisser Fasern, nach oben 1—2″ lange breite linealische ganzrandige Blätter in dichter Aufeinanderfolge. Die Pflanze ist ausdauernd.

Auch *Subularia aquatica* müssen wir hierher rechnen. Diese kleine merkwürdige Crucifere wächst auf dem Grunde von Seen und gleicht eher einem winzigen Juncus als ihren Verwandten. Die submerse Lebensweise hat einen weitgehenden Einfluss auf ihren Habitus ausgeübt. Die blatttragende Axe ist gestaucht, daher die zolllangen pfriemlichen zarten Blätter alle grundständig, die Wurzeln sind schneeweisse einfache dünne Fasern, welche das Pflänzchen am Boden befestigen. Bei zurücktretendem Wasser ver-

mag Subularia auch als Landform auf dem Schlamm zu gedeihen.

Pilularia globulifera reiht sich gleichfalls hier an, obwohl die morphologischen Verhältnisse abweichen. Die Pflanze kriecht mit einem horizontalen dorsiventralen Stämmchen im Schlamme. Dasselbe verzweigt sich seitlich, treibt nach unten Wurzelfasern, nach oben aber in zwei alternirenden Reihen fadenförmige Blätter. Pilularia bildet mit diesen dichte Räschen. Submers erzeugt sie längere Blätter von zarterer Consistenz, während an der Luft am Ufer das Blatt sich verkürzt und fester wird.

Heleocharis acicularis, *Juncus supinus*, *Juncus lamprocarpus* und einige andere verwandte Formen kommen an Ufern zuweilen auch ganz submers vor und würden sich im Habitus am ehesten an Pilularia anschliessen. Unter Wasser erreichen die Halme eine viel bedeutendere Länge als an der Luft und sind auch von zarterer Consistenz. Die genannten Pflanzen treten aber meist als Ufergewächse auf.

Littorella lacustris, welche auch häufig submers gedeiht, trägt ähnlichen Habitus wie Pilularia. Der Stengel der Einzelpflanze ist sehr stark gestaucht und geht aus der primären Hauptaxe hervor. Nach abwärts entsendet er wieder wie bei Isoëtes, Lobelia etc. ein Büschel langer Nebenwurzeln, nach oben lange walzliche fleischige und saftige Blätter, welche bei submerser Lebensweise 7—8 cm lang werden, an der Sumpfform dagegen nur 2—4 cm erreichen. Aus den unteren Achseln des Jahrestriebes treibt die Pflanze dünne Stolonen, die am Ende sich plötzlich stauchen und zu neuen Einzelpflanzen sich entwickeln, welche nach der Vermehrung des Ausläuferstiels isolirt werden. Auf diese Weise vermehrt sich Littorella vegetativ sehr ausgiebig und bildet oft grössere dichte Bestände.

Limosella aquatica gehört in der submersen Form ebenfalls zur Isoëtesform. Auf Ufersand bildet das Pflänzchen mit seinen gestauchten Stengeln, welche nach allen Richtungen Ausläufer entsenden, die sich am Ende zu gleichgestalteten Kurztrieben entwickeln, eine niederliegende Ro-

sette. Die Blätter sind langgestielt mit länglich spateliger Spreite, der Blattstiel $^1/_2$—1″ lang. Wächst die Pflanze dagegen submers, so erlangen die Blattstiele bedeutende Länge, zuweilen sogar einen halben Fuss, und die Spreite ist mehr oder weniger reducirt. Die Blätter sind auch zarter und durchscheinend. Im Gesammthabitus gleicht die Pflanze dann sehr der Littorella.

Charakteristisch ist für die aufgeführten Vertreter der dritten Gruppe, dass die Wasserformen immer bedeutend längere Blätter erzeugen als die an der Luft erwachsenen Formen, ein Unterschied, welcher sich als ein ganz allgemeiner zwischen den entsprechenden Formen aller variabeln Wassergewächse kundgibt. Das Wasser begünstigt überhaupt die Streckung der Organe und als Ursachen dafür dürfen wir wohl die geringere Lichtintensität und die besondere Art der Nahrungsaufnahme, welche ein üppiges Wachsthum gestattet, betrachten.

Werden die grundständigen, an gestauchter Axe sitzenden Blätter lang grasartig ausgebildet und fluthen sie als schmale zarte Bänder im Wasser, so erhalten wir die charakteristische Form der Vallisneria, deren Vertreter ebenfalls in den Formenkreis unserer dritten Gruppe zu rechnen sind.

Vallisneria spiralis vegetirt mit gestauchter Axe festgewurzelt am Boden der Teiche. Ihre schmalen bandförmigen Blätter erreichen Fusslänge und darüber, dabei ist deren Consistenz eine zarte. Aus den Achseln dieser grundständigen, dicht angeordneten Blätter entspringen nun ziemlich lange Stolonen, ähnlich wie bei der verwandten Gattung Hydrocharis, welche an ihren Enden sich zu neuen, der Mutterpflanze gleichgestalteten Individuen entwickeln unter baldigem Absterben des Ausläuferstiels. Diese rein vegetative Vermehrung ist eine sehr ausgiebige und entspricht, obwohl morphologisch andere Verhältnisse vorliegen, ganz der reichen Verzweigung und Vermehrung der Callitrichen, Batrachien etc.

In sehr tiefem Wasser bildet die *Sagittaria sagittaefolia*, die gewöhnlich als Sumpfstaude die Ufer unserer abgelegenen Flüsse und Teiche ziert, eine submerse Form,

welche der Vallisneria sehr ähnlich aussieht und auch schon zu Verwechslungen mit ihr, sogar von Seiten Linnés Veranlassung gegeben hat. Die grundständigen, an gestauchter Axe sitzenden Blätter sind an dieser Form alle lineal, ausserordentlich lang (bis 4 Fuss), bisweilen sich spiralförmig windend, halbdurchsichtig und im Wasser fluthend. Diese sehr charakteristische Form entwickelt keine Blüthen, sondern vermehrt sich allein auf vegetativem Wege durch die eigenthümlichen Stolonenknollen, deren Bildung weiter unten besprochen wird. Wenn das Wasser nicht zu tief ist und die Sagittaria mit den oberen Blättern die Oberfläche erreichen kann, so bilden sich, durch Uebergangsformen vermittelt, Schwimmblätter mit oval verbreiterter Spreite und diese können je nach den Niveauverhältnissen gradatim in die spiessförmigen Luftblätter übergehen. Jede in nicht zu tiefem Wasser sich entwickelnde Winterknolle erzeugt nach einander die drei Blattformen, von denen das submerse lineale Blatt das einfachste Gebilde vorstellt, ohne Gliederung in Stiel und Spreite. Die Spreiten der Schwimmblätter und Luftblätter weichen selbstredend in Consistenz und Structur von jenen bedeutend ab.

Auch *Alisma Plantago* bildet eine *forma graminifolia* (Wahlenbg.), wenn sie in tieferem Wasser wächst, welche sich also an die submerse Form der Sagittaria direkt anschliesst. Fast alle Blätter dieser Form sind grasartig lineal und fluthen, nur einzelne erheben sich über den Wasserspiegel und erweitern ihre Blattfläche. Diese Form bleibt ziemlich klein und armblüthig. Keimpflänzchen, welche in seichtem Wasser erwuchsen, bilden gleichfalls die ersten Blätter schmallineal und zart aus, stufenweise gehen dieselben in Schwimm- und Luftblätter über während die auf Schlamm an der Luft entwickelten jungen Pflänzchen derbe Erstlingsblätter mit breiter Lamina erzeugen.

Alisma ranunculoides verhält sich in ähnlicher Weise und *Al. natans* erzeugt bekanntlich auch submerse zarte lineale Blätter am Grunde der Stengel und Aeste. Ueberall tritt bei den Wassergewächsen dieser Gegensatz in der

Gestalt, Consistenz und Structur der Luft- und Wasserblätter hervor.

Von oceanischen Gewächsen reiht sich endlich die mediterrane *Posidonia Caulini* der Vallisneriaform noch an. An den Enden des dicken kriechenden Rhizoms erzeugt sie ein Büschel von linealen dünnen, ziemlich langen submersen Blättern.

4) Höchst eigenartig in Lebensweise und Gestaltung verhält sich die Wasseraloë, *Stratiotes aloides*, welche in gewissem Sinne eine Zwischenstufe zwischen den submersen und den schwimmenden Gewächsen einnimmt. Stratiotes besitzt ähnlich wie Isoëtes eine kuchenförmig gestauchte Axe, welche am unteren Theile nur einfache, sehr lange cylindrische Wurzelfasern treibt, nach oben zu aber eine dichte Rosette von grossen schwertförmigen, dreikantigen stachelig gewimperten dünnen Blättern. In dieser Form schwimmt das Gewächs frei an der Oberfläche des Wassers, zum Theil mit den Blättern aufgetaucht, und hebt zur Blüthezeit seine Blumen in die Luft. Nach dem Abblühen senkt sich die Pflanze zu Boden. Während der Vegetationsperiode haben sich in den Achseln der Blätter Knospen gebildet, welche auf Stolonen hervorgestreckt werden und mit diesen Ausläufern steigt die Pflanze Ende August von neuem zur Oberfläche. Die Stolonen verlängern sich, ihre Endknospen wachsen zu neuen jungen Individuen heran und lösen sich durch Vermehrung ihrer Tragstiele ab, suchen den Schlamm mit ihren Adventivwurzeln zu erreichen und überwintern als junge Pflänzchen. Bis spät in den Herbst hinein geht diese Vermehrungsweise fort, bis schliesslich auch die Mutterpflanze zu Boden sich senkt und überwintert. Im Frühjahr steigen dann die einzelnen erzeugten Individuen zur Wasseroberfläche empor und jedes wiederholt den Lebenscyclus der Mutterpflanze (Nolte).

5) Anhangsweise seien an dieser Stelle die beiden Umbelliferen *Oenanthe phellandrium Lam.* und *Helosciadium*

inundatum Koch genannt, welche zwar der Sumpfflora zuzurechnen sind, sich aber durch eine grosse Plasticität auszeichnen und bei Versenkung unter Wasser, sei es mit allen Blättern oder nur mit den unteren, diese Organe genau dem Medium anpassen und unter Umständen als Bestandtheile der submersen Flora auftreten können. Sie vegetiren an Teichrändern.

Oenanthe phellandrium erhebt als Sumpfpflanze den sehr ästigen gespreizten Stengel hoch über das Wasser und erzeugt an der Luft mehrfach gefiederte Blätter mit fiederspaltig gespreizten Blättchen, deren Fetzen lineal lanzettlich sind. Die untersten Blätter dagegen sind, wenn das Gewächs unter Wasser keimte, in pfriemliche, fast haardünne lange Zipfel vielfach getheilt und mit den charakteristischen Eigenschaften der Wasserblätter überhaupt versehen. Der Dimorphismus des Laubes ist ein sehr auffallender. Wenn die Samen in tieferem Wasser keimen, so entwickelt sich die Pflanze zu einem submersen Gewächs, bis es schliesslich die Oberfläche erreicht und als Sumpfstaude sich in die Luft erheben kann.

Helosciadium inundatum besitzt einen kriechenden, in den unteren Gelenken wurzelnden Stengel, welcher im Wasser bis 2 Fuss lang unter reichlicher Verzweigung aufstrebt und schwimmt. Die Scheiden der Blätter gehen in einen kurzen Blattstiel über. Die untergetauchten Blätter sind fiederförmig vielfach in haarfeine Fetzen getheilt; die übrigen meist ausser dem Wasser befindlichen Blätter kleiner, einfach gefiedert, aus fünf 2—4‴ langen keilförmigen Blättchen zusammengesetzt.

Die anatomische Struktur ist selbstverständlich eine andere an den Luftblättern als an den Wasserblättern der genannten Arten.

6) Zum Schlusse sei noch kurz auf diejenigen *Laubmoose* hingewiesen, welche in grösseren Beständen submers in Flüssen, Bächen, Quellen leben und zuweilen wesentliche Bestandtheile in der Zusammensetzung der submersen Flora konstituiren. Auch bei diesen begegnet

uns ein auffallender in der Lebensweise bedingter Unterschied in der Gestalt im Vergleich zu typischen Laubmoosen. Die wichtigsten Vertreter gehören zu den pleurocarpen Moosen. Unter den Hypnum-Arten seien beispielsweise *Hypnum fluitans* L. und *H. exannulatum* Gümb. erwähnt, welche amphibisch leben und untergetauchte, langfluthende Formen bilden. Als Typus der fluthenden Laubmoose dürften unsere Fontinalaceen, vor allem *Fontinalis antipyretica* L. gelten. Namentlich letztere erreicht stattliche Grösse und bildet dichte Bestände in allen Bächen und Flüssen. Ihr Stengel ist sehr verästelt, meist unten nackt, oben dreireihig beblättert, die Aeste aber aller lang, schlaff und biegsam und nebeneinander fluthend.

Auch unter den sumpfbewohnenden *Sphagnaceen* begegnen uns öfters typische submerse Formen, welche von den Sumpfformen in Habitus und auch in anatomischer Structur abweichen. Beispielsweise beobachtet man in Torfgruben nicht selten eine untergetauchte Varietät von *Sphagnum cuspidatum var. plumosum* Russow, welche von dem Habitus der Sphagna erheblich abweicht (Oltmanns l. c. pg. 28 u. 29. — Russow, Beitr. z. K. d. Torfmoose pg. 60). Sämmtliche Aeste eines Büschels sind ausgebreitet und umhüllen somit nicht mehr den Stamm. Die Zweigblätter sind weit von einander entfernt, sehr verlängert und von dunkelgrüner Farbe. Bei vielen Exemplaren fand Oltmanns nur in den untersten Blättern eines Astes noch hyaline Zellen, im übrigen bestanden die ersteren aus fast gleichartigen grünen Elementen wie jedes andere Moosblatt. Im Allgemeinen zeigte die Wasserform obigen Mooses die Tendenz, keine plasmaleeren hyalinen Wasserleitungszellen an der Oberseite vom Stamm und in den Blättern mehr auszubilden, wie sie an der Sumpfform differenzirt werden; unter Wasser sind die Lebensbedingungen eben andere. Die hyalinen Zellen behalten ihr Plasma und entwickeln mehr oder weniger Chlorophyll.

Wenn wir schon an unseren einheimischen Wassergewächsen einen tiefeingreifenden Einfluss des Mediums

auf die Gestaltung des Organismus erkennen, so erregen die in tropischen Gebirgsbächen submers vegetirenden *Podostemaceen* erst recht durch ihre absonderlichen Formen unser Aufsehen. Wir finden da Gewächse wie *Castelnavia princeps*, welche nach Warming vollkommen wurzellos mit ihrem dichotomisch sich verzweigenden, zu einer breiten Thallusfläche umgeformten Stamm die Steine überzieht und vom Thallusrand fadenförmig zertheilte Wasserblätter nach aufwärts entsendet; anderseits Formen wie *Dicraea elongata*, die mit kurzen kriechenden Wurzeln sich festheftet und lange fadenförmige Wurzeln treibt, welche die Hauptarbeit der Assimilation übernehmen und endogen seitlich viele kleine Blüthensprosse und rudimentäre, für die Vegetation nicht in Betracht kommende Blattknospen erzeugen. So werden hier die für die Landpflanzen gültigen Beziehungen von Stamm, Wurzel und Blatt zum Aerger der schematisirenden Morphologen in der tollsten Weise völlig umgekehrt. Aber wir erkennen auch hier wieder das Bestreben, die freischwimmenden Vegetationstheile fädig oder bandartig schmal auszugestalten, die Thallusflächen sitzen der Steinunterlage fest und dicht an.

II. Die Formation der Schwimmpflanzen.

Zwischen den submersen Gewächsen und den Schwimmpflanzen, welch' letztere sich nicht minder wie die ersteren zu einer wohl charakterisirten Pflanzenformation vereinigen lassen, herrscht ein grosser Unterschied bezüglich der Gestaltung des Laubes, ein Unterschied, welcher in der Verschiedenheit der Lebensbedingungen beider Gewächsgruppen bedingt ist, indem die ersteren im Wasser, in einem ganz gleichartigen Medium ihre Vegetation abspielen, die letzteren aber ihre Laubflächen auf den Wasserspiegel lagern, somit ihre Lauboberseite in Berührung mit einem vom Wasser verschiedenen Medium, der Luft, bringen, und sie der vollen

Beleuchtung von Seiten des direkten Sonnenlichtes aussetzen. Es ist klar, dass bei dieser Vegetationsweise, welche ohne Zweifel für den pflanzlichen Organismus in mancher Beziehung eine vortheilhafte ist, Struktur und Gestalt der Blätter andere sein müssen, da ja auch der physiologische Prozess der Nährstoffaufnahme nicht in derselben Weise verläuft, als bei submerser Lebensweise. Der Vegetationsmodus der Schwimmpflanzen halb in der Luft, halb im Wasser ist ein so eigenartiger, dass ihm auch eine besondere Gestaltung des Laubes entspricht. Im Gegensatz zu dem zarten zerschlitzten Laub der submersen Gewächse begegnen uns an den schwimmenden unzertheilte Spreiten, meist von ovaler oder nierenförmiger Gestalt, in der Regel mit ganzen Blatträndern und — zumal bei den grossblättrigen Formen — von fester, lederartiger Consistenz.

Wenn wir die Beziehungen zwischen Gestaltung und äusseren Lebensbedingungen festzustellen versuchen, so ist zunächst zu bemerken, dass an der Oberseite der schwimmenden Assimilationsfläche in Folge des Einflusses des direkten Lichtes die chlorophyllhaltigen Zellen in Form von Palissadenparenchym ausgebildet werden, welches an den Blättern der submers vegetirenden Pflanzen nirgends anzutreffen ist. Während bei der überwiegenden Mehrzahl der letzteren das Chlorophyll hauptsächlich in der äussersten Zellschicht, der Epidermis, sich entwickelt, differenzirt sich an der Oberseite des Schwimmblattes eine chlorophyllose charakteristische Epidermis, eine wasserhaltende Zellschicht, die das unter ihr lagernde Palissadenparenchym vor Austrocknung und gegen zu intensives Licht schützt. Das Schwimmblatt stimmt darin mit dem Luftblatt überein, es bildet auch wie dieses Spaltöffnungen aus zur Ermöglichung des Transpirationsstromes, welcher bei den spaltöffnungslosen submersen Gewächsen wegfällt, indem bei diesen die Nährstoffnahme direkt aus dem umgebenden Medium durch die Epidermis der Blätter mittelst Diffusion geschieht. Die Spaltöffnungen können sich naturgemäss nur auf der Oberseite des Schwimmblattes ausbilden, während sie bei den Luftblättern im Allgemeinen zur Verhinderung einer allzu starken Transpiration in der Epidermis

der Unterseite zur Differenzirung gelangen. Die zur Assimilation nöthige Kohlensäure wird von den Schwimmblättern wohl der Hauptmasse nach durch die Epidermis der Oberseite aus der Luft aufgenommen; aber auch die Unterseite dürfte befähigt sein, dieses Gas aufzunehmen und zwar mittelst Diffusion aus dem Wasser.

Eine dauernde Benetzung der Blattoberseite würde bei der im Allgemeinen dem Luftblatt entsprechenden Structur von Nachtheil für das Schwimmblatt sein und in der That ist zu constatiren, dass dasselbe auf seiner glatten, häufig mit Wachsüberzügen versehenen Oberseite nicht benetzbar ist, dass Wassertropfen leicht abrollen und dass nach zufälliger Versenkung beim Auftauchen kein Wasser haften bleibt.

Das Schwimmblatt muss ferner befähigt sein, sich leicht auf dem Wasserspiegel schwimmend zu halten. Dieser Zweck wird erreicht durch die Ausbildung von grösseren lufthaltigen Intercellularräumen unter der Palissadenschicht.

Die feste lederartige Beschaffenheit der Schwimmblätter sowie ihre characteristische ovale, nierenförmige oder schildförmige Gestalt — zertheilte Spreiten treten nie auf — müssen als Anpassungen an die mechanischen Anforderungen aufgefasst werden, welche die Lagerung der Blätter auf dem leicht beweglichen Wasserspiegel stellt. Gerade an der Oberfläche äussern sich die Bewegungen des flüssigen Elements am heftigsten und treten auch am häufigsten ein und es ist leicht einzusehen, dass eine zarte dünne Blattlamina nicht geeignet ist, diesen Bewegungen zu trotzen. Die grösseren Schwimmblätter zumal sind sehr fest gebaut, sie enthalten zwischen den Palissadenzellen starkverdickte Strebezellen, welche einer radialen Quetschung derselben entgegenwirken. Es muss ferner berücksichtigt werden, dass die Schwimmblätter viel mehr durch Regen leiden als die in einem äusserst elastischen Medium lebenden Luftblätter. Zarte Spreiten würden mit Leichtigkeit von grösseren Regentropfen auf dem Wasserspiegel zerstört werden. Zerschlitztes Laub mit biegsamen zugfesten cylindrischen Zipfeln erscheint am besten geeignet die Bewe-

gungen des Wassers unbeschadet auszuhalten, aber diese Laubgestaltung eignet sich nicht für die Schwimmblätter, weil die Zipfel zu häufig an der Oberfläche benetzt würden und die Palissadenschicht keine ruhige feste Lage dem Lichte gegenüber einnehmen könnte. Diese Gesichtspunkte kommen hauptsächlich bei den grösseren Schwimmblättern in Betracht, weniger bei den winzigen kleinen Schwimmpflänzchen, den Lemnen, Azollen etc., die durch ihre Kleinheit von den mechanischen Angriffen des Mediums weniger zu leiden haben.

Der Blattstiel der Schwimmpflanzen zeigt die merkwürdige, aber für das Leben im Wasser nothwendige Eigenschaft, dass er sein Wachsthum genau nach der Tiefe der Gewässer, in welchen die Vegetation vor sich geht, einrichtet. In seichtem Wasser bleibt er kurz, in tieferem streckt er sich so lange, bis die Spreite auf dem Wasserspiegel ausgebreitet werden kann und so ergeben sich oft ganz bedeutende Differenzen in seiner Länge. Wenn sich das Niveau des Wassers ändert, so folgen die Schwimmblätter, allerdings nur bis zu einem gewissen Grade, dieser Aenderung, die Lage des Stiels sowie der Winkel der Spreite gegen den Stiel passen sich den neuen Bedingungen entsprechend an, sodass die Lamina stets horizontal auf der Oberfläche lagert.

Der Stamm der Schwimmpflanzen zeigt in seiner äusseren Form keine besonderen Anpassungen. Er ist bei manchen, wie Nymphaea, Nuphar, Marsilea als Rhizom ausgebildet, bei Hydrocharis kurz, gestaucht etc. Bezüglich seiner anatomischen Structur erkennen wir manches Uebereinstimmende mit dem Stamm der submersen Pflanzen, vor allem die wohl entwickelten Luftgänge, ferner die Reduction der Gefässe in den Gefässbündeln. In der Regel ist an Stelle einer Xylemgruppe durch Resorption ein Gang mit Flüssigkeit erfüllt getreten und es ist fraglich, ob diese todten Röhren noch grosse Bedeutung für die Wasser- und Nährsalzleitung haben, oder ob wesentlich die Unterseite der Schwimmblätter diese Stoffe aufnimmt und sie den assimilirenden Zellen zuführt. Wahrscheinlich dürfte beides stattfinden.

Wurzeln sind bei allen Schwimmpflanzen mit Ausnahme der kleinen Wolffien und der Riccia natans wohl entwickelt. Bei den freischwimmenden Formen helfen sie ohne Zweifel wesentlich mit zur Erhaltung der horizontalen Schwimmlage und vielleicht ist auch den langen epidermalen Blattanhängseln der Thallus-Unterseite von Riccia natans diese Bedeutung beizumessen, da die besagten Organe an der Landform dieser Pflanze verkümmern.

Bemerkenswerth ist ferner, dass die jungen Wurzeln von Hydrocharis und anderen Schwimmpflanzen, welche frei im Wasser flottiren, unter dem Einfluss des Lichtes Chlorophyll entwickeln, eine Erscheinung, die auch bei vielen submersen Gewächsen und Sumpfpflanzen gelegentlich zu bemerken ist.

Die im obigen dargelegten gemeinsamen Eigenthümlichkeiten kehren bei allen Schwimmgewächsen im Wesentlichen wieder, aber wir können bezüglich der specielleren Gestaltung und der Besonderheiten in der schwimmenden Lebensweise, wie wir es auch bei den submersen Pflanzen vermochten, die einzelnen Vertreter zu gewissen Gruppen vereinigen. Die freischwimmenden zeigen den am Boden festgewurzelten Formen gegenüber manche Eigenthümlichkeiten.

1. Als erste Gruppe wollen wir unsere kleinsten Schwimmpflänzchen zusammenfassen, welche frei an der Oberfläche ruhiger Gewässer flottiren und zu denen Riccia natans, die Lemnaceen und die aus America eingeführte aber im südlichen Europa schon naturalisirte Azolla caroliniana zählen. Diese winzigen Schwimmpflänzchen ziehen von ihrer Kleinheit den grösseren gegenüber den Vortheil, dass sie weniger leicht durch die Bewegungen an den Wasseroberflächen zerstört werden. Sie vermehren sich durch Theilung und können leicht, sei es durch Strömungen, sei es durch Wasservögel von einem Wasserbecken zum anderen gelangen.

Riccia natans, zu den Lebermoosen gehörig, vegetirt auf stehenden Gewässern in Form von Einzelpflänzchen, deren jedes aus einem 1 cm langen, verkehrt herzförmigen, meist 2- oder 4-lappigen flachen Laubstücke besteht, wel-

ches an der Bauchseite dicht mit lang niederhängenden, lanzettlich-linealischen, violettrothen Blattschuppen besetzt ist. Seine Schwimmfähigkeit verdankt das kleine Pflänzchen der beiderseits längs der Mittelfurche entwickelten Lufthöhlenschicht. Nach Bischoff theilt sich das Laub im Alter längs der Mittelrinne in zwei Theile, welche sodann zu vollständigen Individuen auswachsen und sich abermals theilen. Diese rein vegetative Vermehrung ersetzt fast vollständig die nur höchst selten eintretende Fructification. Riccia natans besitzt hinreichende Accomodationsfähigkeit, um auch auf Schlamm oder Lehmboden ausserhalb des Wassers sich zu entwickeln; die so entstehende Form, var. terrestris Lindenberg, zeigt eine bedeutende Veränderung des Laubes, und nähert sich im Habitus den echten landbewohnenden Riccieen. Das Laub heftet sich auf der Unterseite durch viele zwischen den Blattschuppen stehende Rhizoiden, welche der schwimmenden Form fehlen, an die Erde fest und breitet sich aus einer schmäleren Basis mehr oder weniger, oft in einem Halbkreis, strahlenförmig aus; die einzelnen Thallusläppchen sind mehr gleichbreit, etwas nach oben erweitert und der Rand etwas in die Höhe gerichtet, also ähnlich wie an der Landform von Riccia fluitans. Die Blattschuppen verkümmern oder fehlen gänzlich, während sie an der Schwimmform mächtig entwickelt sind und für die Nährstoffaufnahme aus dem Wasser sowie für die Erhaltung der Schwimmlage von Bedeutung sein dürften.

Azolla caroliniana vegetirt sehr üppig in Form kleiner habituell an Frullanien erinnernden Schwimmpflänzchen mit vielfach verzweigtem Stämmchen. Sie ist in America einheimisch, hat sich aber in Südfrankreich und Oberitalien eingebürgert und daselbst in einigen Gewässern mit fabelhafter Geschwindigkeit auf vegetative Weise vermehrt. Die Blätter werden abwechselnd in 2 graden, auf der Rückenseite des Stengels einander genäherten Reihen entwickelt und sind bis zu ihrem Grunde in 2 Lappen zertheilt, von denen die oberen auf dem Wasserspiegel, einander und den Rücken des Stämmchens dachziegelartig deckend, schwimmen, während die sich nur wenig an der Basis deckenden unteren Lappen untergetaucht sind. Eigenthümlich ist

dem Oberlappen eine grosse, auf der Unterseite mündende Höhlung, welche von der Epidermis gebildet wird und als Aufenthaltsort für die mit der Azolla symbiotisch vegetirenden Nostoccolonien fungirt. Wurzeln werden an der Bauchseite des Stämmchens einzeln oder in Büscheln stehend hervorgetrieben. In dieser Form schwimmen die Pflänzchen auf dem Wasser, vermehren sich rasch auf vegetative Weise durch Theilung und bedecken in kurzer Zeit die ganze Oberfläche dicht mit ihrer geselligen Vegetation.

Von unseren 5 *Lemnaceen* lebt nur Lemna trisulca submers und weicht infolgedessen in ihrer Gestalt und Structur von den schwimmenden Arten bedeutend ab. Unter diesen letzteren ist Wolffia arrhiza die kleinste, ihre Einzelsprosse erreichen ungefähr die Länge von einem Millimeter. Die in Bengalen lebende Wolffia microscopica ist noch winziger und stellt unzweifelhaft die kleinste Phanerogame vor. Die übrigen Lemnaceen sind grösser, Spirodela polyrrhiza die ansehnlichste. Alle Wasserlinsen leben gesellig und bekleiden die stehenden Gewässer, in welchen sie auftreten, mit dichtem grünem Teppich. Gewöhnlich vergesellschaften sich mehrere Arten mit einander, nur Lemna minor trifft man häufiger in ganz reinen Beständen.

Die Lemnaceen sind eine interessante kleine Gruppe, welche sich von dem Aroideenstamm abgeleitet und dabei ihren eigenthümlichen Aufbau aus kleinen dorsiventralen Sprossen durch allmählige Umgestaltung der Axen, Reduction der Blätter und Anpassung an die schwimmende Lebensweise erlangt haben dürften. Indessen ist auch die andere Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass die Lemnaceen ursprüngliche, nicht rückgebildete Formen, den Ausgangspunkt der Aroideenreihe vorstellen. Strenge Beweise für die eine oder andere Ansicht vorzubringen, ist kaum möglich. Es entsteht überhaupt die Frage, ob die im Blüthenbau höchst einfachen und reducirt erscheinenden Wasserpflanzen, wie Callitriche, Ceratophyllum, Najas, Zanichellia etc. ursprüngliche einfache Formen sind oder durch einseitige Anpassung an eine bestimmte Lebensweise sich, von den phanerogamischen Luftpflanzen abstammend, entwickelt haben. Ich neige mich zu letzterer Ansicht auf

Grund der Befunde innerhalb der Potamogetonenreihe, welche uns einen allmähligen Uebergang von luftblüthigen Formen zu solchen mit submerser Befruchtung (Zostera, Cymodocea) vor Augen führt. Der Blüthenbau der letzteren spricht entschieden für die Descendenz von Formen, deren Befruchtung in der Luft vor sich ging. Sollen sich die luftblüthigen Ruppien oder Potamogetonen von gänzlich submersen Pflanzen abgeleitet haben, so ist nicht einzusehen, warum die in diesem Fall ursprünglich submerse Befruchtung verlassen wurde und die Bestäubung auf einmal in der Luft vor sich gehen sollte, während gleichzeitig die Vegetationsorgane submers blieben, also gar keine Veranlassung zu einer so bedeutenden Aenderung des Befruchtungsmodus vorlag.

Die Lemnaceen sind höchst einfach gestaltet. Ihr Vegetationskörper baut sich im Wesentlichen aus kleinen begrenzten Sprossen mit unterdrückter Blattbildung auf. Diese Sprosse sind mehr oder weniger von ovalem Umriss und dorsiventral — eine Folge der schwimmenden Lebensweise — gebaut, indem ihre Oberseite das assimilirende Gewebe unter dem Einflusse des Lichtes ausbildet, an ihrer Unterseite aber Lufthöhlen als Schwimmapparat zur Entwicklung kommen, wobei sich die Unterseite mehr oder weniger bei den einzelnen Arten bauchig vorwölbt. Die Sprosse erzeugen während der Vegetationsperiode Tochtersprosse rechts und links aus taschenartigen Spalten, die Tochtersprosse in derselben Weise Enkelsprosse u. s. f. Die neu erzeugten Sprosse lösen sich entweder sehr bald von der Mutterpflanze ab, indem sie an ihrer verschmälerten Basis abbrechen (Wolffia arrhiza) oder sie bleiben auf einige Zeit in kleinen sympodialen Ketten vereint, um dann nach und nach die ältern, zu ähnlichen Ketten heranwachsenden Glieder loszulösen. Die Bewegungen an der Oberfläche gestatten nicht, dass die Ketten so vielzählig werden wie bei Lemna trisulca, welche auch in der Form der Sprosse, die bei ihr die Basis zu einem langen Sprossstiel strecken, von den mit sehr kurzem Sprossstiel versehenen schwimmenden Arten abweicht.

Die einfachst gebaute und kleinste Art, Wolffia arrhiza,

erzeugt gar keine Wurzeln, während bei den übrigen aus der Unterseite der Sprosse lange, zarte Adventivwurzeln nach abwärts hervorwachsen, welche ausser der Function der Nährstoffaufnahme wohl auch mit zur Erhaltung der horizontalen Lage auf dem Wasserspiegel beitragen helfen. Landformen sind unbekannt. Bei sinkendem Wasserspiegel mögen sich die Lemnen auf nassem Schlamm noch am Leben erhalten, ohne indessen lange diesen Ausnahmezustand ertragen zu können.

2. Als zweite Gruppe von Schwimmgewächsen fassen wir *Salvinia natans* und *Hydrocharis morsus ranae* zusammen, welche beide gleichfalls frei an der Oberfläche stehender Gewässer schwimmen, aber sich durch grösseres Laub als die erste Gruppe auszeichnen. *Salvinia natans* interessirt uns durch seine Blattbildung. An dem zarten Stengel werden die Blätter in Wirteln stets zu dreien angelegt, wovon zwei auf dem Rücken stehen und auf der Wasserfläche horizontal ausgebreitet als kurzgestielte ovale Schwimmblätter liegen, die ihre Schwimmfähigkeit durch zahlreiche, weite, in 2 Etagen angeordnete Luftkammern erhalten. Der Bauchseite des Stämmchens entspringt vertikal ins Wasser hinabhangend das dritte ganz anders gestaltete Blatt: es ist in zahlreiche, büschelförmig zusammenstehende, fadenförmige, 2—3″ lange Zipfel zertheilt und fungirt als Wurzel, welche der Pflanze im Uebrigen fehlt; selbst am Embryo kommt sie nicht zur Anlage. Diese verschiedene Gestaltung der Blätter entspricht vollständig ihren verschiedenen Functionen. Die Oberseite des Schwimmblattes ist mit zahlreichen, in schiefen Reihen vom Mittelnerven ausstrahlenden Wärzchen besetzt, auf deren jedem ein Büschel von Haaren sitzt. Sie ist nicht benetzbar, da die zwischen den Haaren haftende Luft durch Wassertropfen nicht verdrängt werden kann. Sowohl die Unterseite der Schwimmblätter, als deren Blattstiele und die Wasserblätter sind mit langen gegliederten Haaren besetzt, welche für die Nährstoffaufnahme aus dem Wasser von Belang sein dürften. Das horizontale Stämmchen verzweigt sich

hie und da durch Seitensprosse. — Die Pflanze gehört zu den wenigen einjährigen Wassergewächsen. — Landformen sind unbekannt.

Bei der Schilderung der Vegetationsweise von *Hydrocharis morsus ranae* gehen wir am besten von den Winterknospen aus, wurzellosen elliptischen Bulbillen, welche im Herbst gebildet, sich von der absterbenden Mutterpflanze loslösen und den Winter über am Boden der Teiche verharren, um im Frühjahr emporzusteigen und sich zu einer Rosette von nierenförmigen Schwimmblättern zu entfalten. Die Axe dieser Rosette ist kurz, senkrecht gestellt und schwimmt in geringer Tiefe unter der Oberfläche des Wassers. Sie trägt die alternirenden, langgestielten und rosettenartig sich auf dem Wasserspiegel gruppirenden typischen Schwimmblätter, deren Gestalt nierenförmig, deren Rand ganz, deren Consistenz fast lederartig, deren Oberfläche glatt und unbenetzbar ist. An der Basis jedes Blattstiels sitzen zwei häutige Stipeln, welche die Terminalknospen als schützende Hülle umgeben aber später zurückklappen und verwesen. Die ersten Laubblätter der sich entwickelnden Winterknospe sind noch submers und mit kümmerlicher Spreite versehen. Wie bei den meisten Schwimmpflanzen ist der Uebergang zu den typischen Schwimmblättern ein allmäliger. Nach unten zu treten zwischen den Stipeln und Blättern aus der gestauchten Axe mehrere ausserordentlich lange, anfangs grüne, im Wasser flottirende Wurzeln hervor, welche dicht mit langen Wurzelhärchen besetzt sind, zwischen denen sich leicht allerlei Detritus ansammelt. In dieser Form schwimmt das Einzelpflänzchen frei am Wasserspiegel. Bald nach ihrer Entfaltung aber treibt die Rosette ihre Achselknospen aus, welche zu langen Stolonen werden, an deren Ende die Knospe sitzt und sich rasch zu einer neuen, der Mutterrosette völlig gleichen Tochterrosette entwickelt. Die Sprossbildung ist eine sehr ausgiebige sowohl an der Mutterrosette als auch an der Tochterrosette und die Entfaltung der Knospen während der Vegetationsperiode geht sehr rasch vor sich. So vermag die Hydrocharis in sehr kurzer Zeit die Wasseroberfläche der von ihr bewohnten Tümpel mit den zierlichen

sympodial zusammenhängenden Rosetten dicht zu überkleiden. Durch die Stolonen und die zwischen ihnen kriechenden, ausserordentlich langen und dicht lang behaarten Wurzeln wird die gesammte Vegetation zu einem ziemlich festen Teppich verwoben, welcher nicht leicht durch die oberflächlichen Wellen auseinandergerissen werden kann und die Rosetten vor dem Antreiben an das Ufer zurückhält.

Wie alle Wassergewächse variirt auch die Hydrocharis beträchtlich je nach den äusseren Verhältnissen in ihrer Gestaltung. An sonnigen Stellen erscheinen die Schwimmblätter bräunlich gefärbt, an schattigen rein grün. In ersterem Falle bildet sich rother Farbstoff in der Epidermis, den wir nach Pick[1]) als Schutzeinrichtung gegen zu intensives Licht auffassen. In feuchten schattigen Tümpeln, in denen das Wasser verläuft und die Hydrocharis auf feuchten Schlamm geräth, bildet sie eine Sumpfform aus, deren Blattspreiten etwa nur halb so gross wie unter normalen Umständen auf dem Wasserspiegel sich ausbilden, und deren Blattstiele ganz kurz bleiben. Die Spreiten nehmen schiefe Lage ein. Ueber das biologische Verhalten der Hydrocharis insbesondere deren Wachsthumsweise geben die interessanten Versuche Frank's (in Cohn, Beitr. z. Biolog. I.) Aufschluss, auf die wir etwas eingehen wollen, da sie auch auf die übrigen Schwimmpflanzen Licht werfen.

Frank versenkte Hydrocharispflanzen in ein hohes, mit Wasser angefülltes Gefäss. Nach kurzer Zeit verlor die Ebene der Blattrosette ihre Gleichmässigkeit, indem die Stiele der vorhandenen Blätter, aber nicht mehr der ältesten, sich weniger oder mehr je nach dem Alter streckten, ohne indessen den Wasserspiegel zu erreichen. Die nun neu hervorkommenden Blätter dagegen schossen rasch auf, sodass schon in der Regel das zweite oder dritte derselben mit der Lamina den Spiegel erreichte. Umgekehrt biegen sich bei Cultur der Hydrocharis in flachen Schalen, in

1) H. Pick: Ueber die Bedeutung des rothen Farbstoffs etc. Bot. Centralbl. 1883. XVI.

denen der Wasserspiegel nur bis an die Terminalknospe reicht, die neu hervorkommenden Blätter alsbald mit ihren Stielen rückwärts, sodass die Spreiten sich wiederum horizontal auf der Oberfläche des Wassers aufrollen können. Die Länge des Blattstiels richtet sich dabei immer nach den jeweiligen Bedingungen. Die Hydrocharis besitzt somit eine bemerkenswerthe Accomodationsfähigkeit. Frank constatirte für den Wachsthumsgang des Hydrocharisblattstiels überhaupt, dass er sich bis zu einer gewissen Länge gleichmässig streckt, dass aber dann vor Erreichung des Wasserspiegels die obere Partie sich stärker verlängert und zwar bei den tief versenkten Pflanzen in erhöhterem Masse. Diese Eigenschaft des Stieles, dass zuletzt das acropetale Endstück sich noch strecken kann, ist von grösster Wichtigkeit für die Anpassung an die äusseren Bedingungen. Die Beleuchtung ist von keinem Einfluss auf die Streckung des Stiels, denn auch in der Dunkelheit wächst das Blatt, bis die Lamina sich auf dem Wasserspiegel ausbreiten kann. Wohl aber besitzt das Blatt quasi eine Empfindung für den Druck der über ihm gelegenen Wassersäule. Frank versetzte eine Pflanze in ein tiefes Gefäss unter Wasser. Das vierte der neugebildeten Blätter erreichte die Oberfläche bei einer Stiellänge von 118 mm. Nun brachte er eine Luft enthaltende Glasglocke unter Wasser und befestigte sie, ihre Oeffnung nach unten, sodass sie grade über der Knospe stand und ihr Wasserspiegel nur 69 mm vom Grunde aus mass, während der Wasserspiegel im Gefäss auf der früheren Höhe belassen wurde. In kurzer Zeit erreichte das fünfte Blatt das Niveau unter der Glasglocke, die Lamina breitete sich auf demselben flach aus, aber nach der Ausbreitung fuhr der Stiel fort, sich zu strecken und es ergab sich, dass der Blattstiel eine hinreichende Länge erhalten hatte, um bei Wegnahme der Glocke die Lamina auf der Wasseroberfläche schwimmen lassen zu können. Aus diesem Versuch ergibt sich, dass der Hydrocharisblattstiel entschieden ein Messungsvermögen für über ihm lastende Druckkräfte besitzt.

Allerdings ist zu bemerken, dass zu den obigen Ver-

suchen Hydrocharispflanzen verwandt wurden, die schon einmal unter natürlichen Verhältnissen vegetirt hatten und wenigstens ein Schwimmblatt dabei gebildet hatten. Lässt man Winterknospen auf dem Boden eines tiefen Gefässes im Wasser sich entfalten, so bleiben die jungen Pflanzen mit ihren Blättern auf kurzen Stielen untergetaucht und strecken nicht ihre Spreiten zur Oberfläche. Die Hydrocharis hat also nur dann die Fähigkeit die Druckkräfte im Wasser zu bemessen, wenn sie wenigstens schon ein Schwimmblatt gebildet hat, aber diese Fähigkeit reicht unter den normalen Lebensbedingungen auch völlig aus, um die Pflanze ihrer Lebensweise zweckmässig entsprechend auszubilden.

Aus vielfachen Versuchen Franks geht hervor, dass der Blattstiel stets in seiner Richtung den äusseren Bedingungen Rechnung trägt. Lagert man beispielsweise eine Winterknospe horizontal auf das Wasser, so sind nach der Entfaltung alle Blätter nach derselben Seite gerichtet und die ganze Pflanze schwimmt auf der Oberfläche. Die seitlich inserirten Blattstiele aber sind dabei häufig um ihre Axe gedreht, wobei die Krümmung sich über den grössten Theil des Stieles erstreckt, aber immer grade hinreicht, um die morphologische Oberseite des Stieles wieder nach oben zu kehren. Diese Eigenschaft des Stiels bezeichnet Frank als Transversalgeotropismus.

Die horizontale Lagerung der Lamina auf dem Wasserspiegel wird in erster Linie durch die Berührung des Blattes mit der Luft veranlasst, also durch die Unterscheidung des Aggregatzustandes des die Oberseite berührenden Mediums. Wird die Lamina mit feuchtem Fliesspapier belegt, so verliert sie ihre bisherige horizontale Richtung und stellt sich mehr oder weniger steil, ebenso bei Versenkung unter Wasser. Die Beleuchtung hat bei der Aufrollung der Lamina keinen Einfluss.

Die Spreiten haben ferner an ihrer Insertionsstelle die Fähigkeit, sich den jeweiligen Richtungen des Blattstiels anzupassen, den Winkel zum Stiel so abzumessen, dass sie horizontal lagern können.

Alle diese Eigenthümlichkeiten der Hydrocharis be-

fähigen sie in hohem Grade, sich den äussern Lebensbedingungen zweckentsprechend zu gestalten und es dürfte zweifellos sein, dass auch die übrigen Schwimmpflanzen diese Eigenthümlichkeiten in der einen oder andern Form an sich tragen.

3) Die dritte Gruppe von Schwimmpflanzen, welche wir unterscheiden, umfasst die Mehrzahl derselben. Ihre Vertreter sind am Boden der Gewässer mittelst Wurzeln befestigt. Bezüglich der Gestaltung der Axen ist an ihnen verschiedenes Verhalten zu konstatiren; einige treiben aus einem bodenständigen Rhizom lange, oberwärts mit Blättern versehene Laubtriebe, die sich monopodial oder sympodial weiter verzweigen, bei anderen entspringen dem grundständigen Rhizom direkt die langgestielten Schwimmblätter. Es gehören hierher folgende Arten:

Ranunculus hederaceus L.
„ caenosus Guss.
Polygonum amphibium L.
Potamogeton natans L.
„ oblongus Viv.
„ fluitans Roth.
„ spathulatus Schrdr.
„ rufescens Schrader.
„ Hornemanni Meyer.
„ gramineus L.
Potamogeton nitens Web.
Alisma natans L.
Limnanthemum nymphaeoides Lk.
Trapa natans L.
Marsilea quadrifoliata L.
Nuphar luteum L.
„ pumilum Smith.
„ Spennerianum Gang.
Nymphaea alba L.

Ranunculus hederaceus vegetirt in klarem, nicht sehr tiefen Gebirgs- und Quellwasser, am Rande von Bächen etc. Er besitzt einen meist ganz niederliegenden, kriechenden, röhrigen Stengel, welcher sich mit zahlreichen Nebenwurzeln an den Knoten festankert. Bei Exemplaren in niedrigem Wasser liegen auch die jüngsten Stengeltheile dem Boden fest an und sind wenig verkürzt, bei Exemplaren dagegen, welche in tieferem Wasser mit den oberen Stengeltheilen nach aufwärts streben, sind die Internodien nach der Oberfläche zu verkürzt, der Stengel verzweigt sich dann

auch häufiger und die kurz bleibenden Zweige stellen mit den kurzen Stengelgliedern eine kronenartige Anhäufung von Blättern und Blüthen dar. Die Verästelung ist im Allgemeinen reichlich.

Die Blätter sind abwechselnd an den Axen inserirt und bilden sich sämmtlich gleichartig als Schwimmblätter aus. Je nach der Tiefe seines Ursprungs erlangt der Blattstiel verschiedene Länge. Die Spreite ist fünflappig mit abgerundeten Lappen, von fast rundem oder nierenförmigem Umriss.

Die Gestaltung des Ranunculus hederaceus, die Längen- und Grössenverhältnisse der Axen, der Blattstiele und Spreiten sind, wie überhaupt bei Wassergewächsen, sehr abhängig von den äusseren Bedingungen, von höherem oder niedrigerem Wasserstand. Auf feuchtem Schlammboden erheben sich die Blätter in die Luft, wobei der Rand im allgemeinen tiefer eingeschnitten erscheint als bei den typischen Schwimmblättern, die Stengelglieder, Blüthen- und Blattstiele bleiben kurz, während im Wasser diese Organe sich strecken. Die Pflanze gedeiht sehr üppig und deckt mit ihren vielfachen Trieben und Schwimmblättern oft kleine Tümpel vollständig zu.

Ranunculus caenosus, dem vorigen nahe verwandt, kommt zerstreut in Europa (Sicilien, Asturien, England etc.) vor und schliesst sich im Habitus enge an vorigen an, abgesehen von geringen Unterschieden in der Blattform.

Diese beiden schwimmenden Wasserhahnenfüsse zeigen uns eine von den submersen Arten total verschiedene Blattgestalt, Unterschiede, die durch Anpassung an verschiedene Lebensweise gewonnen wurden.

Polygonum amphibium ist ein Gewächs, welches merkwürdiger Weise mit derselben Leichtigkeit schwimmende Wasserformen, als auch echte Landformen erzeugt, je nachdem sein Standort beschaffen ist. Ebenso wie die weiter unten beschriebene Marsilea steht sie in dieser Accomodationsfähigkeit vereinzelt unter den übrigen Schwimmpflanzen, welche eine viel ausgeprägtere einseitige Anpassung an die Lebensweise im Wasser zeigen und nur selten Land-

formen und diese auch nur in kümmerlicher Weise ausbilden. Die Unterschiede zwischen Schwimm- und Luftform sind sehr bedeutende.

Die Pflanze besitzt ein weit umherkriechendes Rhizom. Gedeiht sie im Wasser in der Form natans, so entspringen aus diesem Rhizom stielrunde, sehr lange, schief ansteigende, an der Basis oft wurzelnde Laubstengel, deren Länge nach der Wassertiefe bemessen wird. Der ausgewachsene Laubtrieb hat an den oberen Internodien charakteristische Schwimmblätter erzeugt, während die unteren Knoten ihre Blätter bald verloren haben. Die Gestalt der schwimmenden Spreite ist eine breit-lanzettliche mit etwas herzförmiger Basis; der Blattrand ist ganz, die Oberseite glänzend, glatt, kahl, unbenetzbar, die Consistenz lederartig. Die Blätter sind je nach den Tiefenverhältnissen mehr oder weniger langgestielt, ihre Ochrea ist häutig und kahl wie Stiel und Spreite.

An der Landform dagegen sind die dem Rhizom entspringenden Laubstengel ganz anders gestaltet, aufrechte, hohe, von unten auf beblätterte Triebe mit schmal-lanzettlichen, zugespitzten, kaum gestielten Blättern, deren Lamina nicht glatt sondern runzlich ist, und deren Ochrea lange, steife Haare trägt.

An den schwimmenden Axen erblicken wir in der Regel fünf, an den Lufttrieben vier- bis fünfmal soviel Blätter gleichzeitig in Funktion. Wie Mertens und Koch richtig bemerken, beruht dieser Unterschied in dem schnellen Absterben der Blätter im Wasser, namentlich derjenigen, welche sich an den unteren Internodien befinden und die schwimmende Lebensweise nicht annehmen können.

Landform und Wasserform der Laubtriebe können bei entsprechender Veränderung der äusseren Bedingungen in einander übergehen. So entwickelt sich in trocken gelegten Teichen im künftigen Jahr statt der Form natans die Form terrestre.

E. Schmidt (Inaug.-Diss. Bonn 1879. pg. 2) fand, „dass nicht nur bei Schwinden des umgebenden Wassers die Merkmale der Varietät terrestre sichtbar wurden, sondern häufig Seitensprosse eines schwimmenden relativen

Hauptsprosses sich aus dem Wasser erhoben und mit allen Uebergängen die Eigenschaften der anderen Varietät annahmen. Zumeist waren dies später entwickelte Nebensprosse, welche aus geringerer oder grösserer Entfernung von der Oberfläche des Wassers hervorkamen; aber auch an der Oberfläche schwimmende Sprosse streckten, nachdem sie lange Zeit nur schwimmende Blätter entwickelt hatten, plötzlich ihre Spitze in die Luft und gingen damit in die andere Varietät über." Ebenso sah er die umgekehrte Erscheinung an Frühjahrstrieben auftreten.

H. Hoffmann (Unters. üb. Variation, pg. 30) hat Versuche mit Polygonum amphibium angestellt. Pflanzen mit echten Schwimmblättern wurden aus 5 Fuss tiefem fliessendem Wasser der Lahn theils in den Teich des botanischen Gartens zu Giessen (2 Fuss tiefe Stelle), theils in flache Wasser- oder Erdtöpfe mit Sumpferde verpflanzt. Sie entwickelten nun ausschliesslich typische Luftblätter und fuhren auch darin fort, nachdem eine Cultur durch 2 Jahre in einem Fass bei 2 Fuss Wassertiefe fortgesetzt wurde, ja selbst nach Versenkung in eine 7 Fuss tiefe Stelle eines Teiches.

Ich zweifle nicht daran, dass bei fortgesetzter Cultur in tiefem Wasser schliesslich die Schwimmform wieder in die Erscheinung getreten wäre, denn wie die Beobachtung der Pflanze in der Natur lehrt, besitzt sie eine ausserordentliche Accomodationsfähigkeit, wenn auch die einzelnen Individuen sich in dem Grade desselben nicht ganz übereinstimmend verhalten sollten.

Hildebrand (Bot. Ztg. 1870, pg. 19) hat in der That aus Landformen, welche er den ausgetrockneten alten Wallgräben von Alt Breisach, in denen sie schon seit langen Jahren üppig gediehen, entnahm, durch Versenkung in 3 Fuss tiefe Wasserbecken des botanischen Gartens zu Freiburg die Schwimmform erzielt. Die Spitzen der aufrechten Pflanzen befanden sich bei Beginn des Versuchs noch etwa $^1/_2$ Fuss unter dem Wasserspiegel. Bald hörten die Triebe auf zu wachsen, ihre Blätter verdarben und aus dem Wurzelstock entsprangen neue Zweige, welche nach

einigen Wochen mit ihren Spitzen die Oberfläche des Wassers erreicht hatten und ihre Schwimmblätter ausbreiteten.

Potamogeton natans, welcher als Hauptvertreter der schwimmenden Laichkräuter betrachtet werden mag, ist im Gegensatz zu Polygonum amphibium eine typische Schwimmpflanze, welche fast ausschliesslich im Wasser lebt und nur ausnahmsweise kümmerliche Landformen bei sinkendem Wasserspiegel zur Erscheinung bringt. Die Vegetation des P. natans ist eine üppige; oft sieht man kleinere Tümpel und Gewässer fast vollständig bedeckt mit seinen Blättern.

P. natans kriecht mit einem reichverzweigten sympodialen Grundachsensystem von rhizomartiger Ausbildung im Teichschlamm und entsendet aus demselben je nach der Tiefe des Gewässers kürzere oder längere, oft sehr lange Laubtriebe, welche sich verzweigen und im ausgebildeten Zustande oberwärts die langgestielten schwimmenden Blätter erzeugen und gewöhnlich in einen terminalen Blüthenstand endigen.

Verfolgen wir einen solchen fluthenden Laubstengel bis zu seiner Insertion, so konstatiren wir, dass seine beiden ersten Internodien stärker entwickelt und langgestreckt sind und horizontal liegen. Darauf folgt das fast gänzlich unterdrückte dritte Internodium. Diese drei ersten Glieder gehören zum Rhizom, während die nun folgenden als Laubtrieb im Wasser bis zur Oberfläche aufsteigen. Die drei ersten Knoten tragen hinfällige schuppenförmige Niederblätter, wovon das erste steril bleibt, das zweite eine dem Muttersproß völlig gleiche Generation erzeugt, das dritte einen ähnlichen, aber etwas schwächer entwickelten Spross hervorbringt: Haupt- und Reservespross nach Irmisch. Indem diese Tochtersprosse nun gleichfalls zwei horizontale lange rhizomartige Internodien entwickeln, denen ein drittes ganz kurzes folgt, sodann aber als Laubtriebe nach oben streben, und sich in gleicher Weise wie der Muttersproß weiter verzweigen, entsteht das sympodiale Rhizomsystem im Boden mit seinen aufstrebenden Sprossen (Abbildung bei Irmisch, Potameen).

In Bezug auf die Blattbildung an diesen Laubtrieben ist zu bemerken, dass das vierte und fünfte Blatt noch ein

Schuppenblatt ist; die darauf folgenden ebenfalls submersen Blätter aber sind sog. Phyllodien, schmal lineale, sehr biegsame Gebilde, an denen eine Lamina noch nicht zur Differenzirung gelangt ist. Diese Form der submersen Erstlingsblätter, welche sich auch in der anatomischen Struktur den Blättern der echten Hydrophyten enge anschliessen, ist eine bei Schwimmpflanzen oft wiederkehrende. Die Phyllodien sind durch Uebergänge, Formen mit kleinen löffelartigen Erweiterungen an der Blattspitze, mit den typischen Schwimmblättern verbunden, welche auf langem biegsamen Stiel eine elliptische, an der Basis herzförmige, nach oben etwas zugespitzte Spreite mit ganzem Rande, von lederartiger Consistenz, mit glatter, unbenetzbarer, wachsartiger Oberseite versehen, tragen. Charakteristisch ist auch die Rollung der Spreite in der Knospenlage, welche in ähnlicher Weise auch bei den übrigen Schwimmpflanzen wiederkehrt und die Ausbreitung der Lamina auf dem ebenen Wasserspiegel begünstigt.

Die Zahl der Phyllodien und der Laubblätter ist keine bestimmte. In manchen Fällen folgt auf 2—4 der ersteren das erste normale Schwimmblatt und wenn der Wasserstand recht niedrig ist, mag es wohl auch vorkommen, dass unmittelbar über dem Niederblatt gleich die vollkommenste Blattform erscheint. Aehnliche Verhältnisse treffen wir auch bei der Sagittaria an.

Wurzeln entwickeln sich adventiv an den drei Internodien der Grundachsen im Kreise, zuweilen auch an den unteren im Schlamm steckenden Gliedern des Laubtriebes.

Wie alle Wasserpflanzen, variirt auch P. natans sehr, je nach seinem Standort. In Gräben, welche wenig Wasser enthalten, sind alle Theile kleiner, die Blätter oft nur zolllang. An ganz seichten Stellen bleibt der Stengel sehr kurz, kaum einige Zoll lang werdend und alle Blätter sind schwimmende, wogegen in schnell fliessenden, etwas tiefen Flüssen die Laubstengel sich ganz beträchtlich verlängern, bis zu 10 oder 12 Fuss und länger, und Blatt- und Blüthenstiele das drei- und vierfache ihrer gewöhnlichen Länge erreichen. Zuweilen bleibt in schnellfliessenden Gewässern

das ganze Gewächs völlig untergetaucht, indem die Stengel die Oberfläche nicht erreichen, sondern alle parallel im Wasser fluthen. Die Blätter haben an dieser Form, welche ich in der unteren Sieg beobachtete, zwar die Gestalt der schwimmenden, sind aber etwas kleiner und an Consistenz weich, biegsam und ferner durchscheinend. Die veränderten Lebensbedingungen wirken bedeutend auf die anatomische Struktur ein.

Auch Landformen werden unter Umständen erzeugt. Zieht sich in seichten Tümpeln das Wasser zurück, sodass sich die dem Rhizom entspringenden Laubtriebe an der Luft entwickeln müssen, so bleiben dieselben ganz kurz, und bilden nur wenige Blätter von der Gestalt und Consistenz der Schwimmenden als Luftblätter aus, deren Spreiten sich ähnlich wie bei vielen Sumpfpflanzen mehr oder weniger senkrecht stellen. Die Blattstiele bleiben ebenfalls sehr kurz. Diese Landform, welche den Landformen von Nuphar, Limnanthemum, Hydrocharis entspricht, beobachtete ich Sommer 1884 an der Sieg bei Meindorf.

Auch auf Mooren, welche im Winter überschwemmt sind, von welchen sich aber im Frühling das Wasser verläuft, wächst die Pflanze an der Luft in den feuchten Polstern von Sphagnum und anderen Moosen fort und verkürzt Stengel und Blattstiele.

Die übrigen Potamogetonen mit Schwimmblättern zeigen im Allgemeinen denselben Sprossbau und eine analoge Variationsfähigkeit wie P. natans. Ueberall kehrt in ihnen der Gegensatz zwischen Schwimmblättern und submersen Blättern in Gestalt und Struktur wieder. Bei P. spathulatus, rufescens und Verwandten treffen wir ziemlich breite Wasserblätter an, welche die Descendenz von echten Schwimmblättern wenigstens in der Form noch verrathen. Andere dagegen, wie Pot. gramineus etc., haben schon schmal lineale submerse Blätter, bilden auch nur wenige Schwimmblätter aus und bezeichnen den Uebergang zu den ausschliesslich submers vegetirenden Arten der Gattung (vergl. pg. 256).

Alisma natans L. hat äusserlich Aehnlichkeit mit gewissen Potamogetonen, weicht aber bezüglich seines mor-

phologischen Aufbaues von diesen bedeutend ab. Das Gewächs hat eine an der Basis gestauchte Hauptaxe (wie Alisma Plantago), besetzt mit einer Rosette von grundständigen, in tiefem Wasser völlig submersen und daher schmal linealen, sehr zarten, durchscheinenden Blättern und unterwärts durch ein Büschel von Adventivwurzeln im Boden befestigt. Die gestauchte Axe verlängert sich zu einem fädlichen, sehr dünnen und biegsamen, schief im Wasser in die Höhe steigenden, sympodial zusammengesetzten und blüthentragenden Stengel, welcher zuweilen mit den unteren Gliedern niederliegt, an den Gelenken wurzelt und aus denselben Sprosse erzeugt, welche zu einem der Mutterpflanze ähnlichen Individuum heranwachsen können. Gewöhnlich aber tragen die Gelenke nur einige wenige Blätter und 1—5 langgestielte zarte Blüthen. Je nach den Tiefenverhältnissen kann der blüthentragende Stengel länger oder kürzer werden. Zuweilen kommt er gar nicht zur Entwicklung, und dann sind die Blüthenstiele bodenständig. Von den Blättern des Stengels bilden sich die oberen in der Regel zu Schwimmblättern aus, welche auf mehr minder langem Stiele (bis 1 Fuss lang) eine ovale kleine schwimmende Spreite erzeugen. Unter Umständen kann die Bildung von Schwimmblättern auch schon an der grundständigen Blattrosette beginnen, wenn das Wasser seicht genug ist, um dieselbe zu ermöglichen. Ausser dem blüthentragenden Stengel entspringen aber auch der grundständigen Hauptaxe seitliche lange Stolonen, die in ähnlicher Weise sympodial sich zusammensetzen und an ihren Gliedern neue mit schmal linealen zarten submersen Blättern beginnende und sich mittelst Adventivwurzeln festhaftende Stauchlinge erzeugen. Die am blüthentragenden Stengel und den Stolonen neu erzeugten Tochtersprosse werden durch Verwesung der dünnen fädlichen Axen, welche sie ursprünglich verbanden, isolirt und geben neuen Individuen den Ursprung, welche im folgenden Jahre die obige Entwicklung wiederholen. Auf Schlammboden entsteht eine Landform, welche in der Verzweigung der Wasserform gleicht, aber nur Blätter von der Form der Schwimmblätter mit aufrecht stehenden Spreiten ausbildet. Dahingegen kommen

an Exemplaren in sehr tiefem Wasser nur schmallineale grasartige Wasserblätter zur Erscheinung und es entsteht so die Form sparganifolium Fries.

Wie bei den meisten Schwimmpflanzen wird auch bei Alisma natans der Uebergang von den typischen submersen Blättern zu den schwimmenden durch Formen mit winziger löffelförmiger Spreite vermittelt.

Limnanthemum nymphaeoides besitzt einen von den übrigen Schwimmpflanzen abweichenden morphologischen Aufbau. Aus dem im Boden kriechenden, aus sehr langen Gliedern bestehenden, an den Knoten angewurzelten sympodialen Wurzelstocke erheben sich dessen Axen als lange, fluthende, Blätter und Blüthen erzeugende, gleichfalls sympodial sich weiter verzweigende Laubstengel schräg zur Wasseroberfläche. An der Stelle, wo ein solcher Trieb sich erhebt, steht ein langgestieltes Schwimmblatt, aus dessen Achsel ein mit Niederblättern versehener fadenförmiger Zweig entspringt, welcher auf dem Boden kriecht und den Wurzelstock fortsetzt.

Die im Wasser emporwachsenden langen Stengel können sich zunächst gabelartig aus den Achseln langgestielter Schwimmblätter verzweigen. Jeder Zweig, sowie die Mutteraxe desselben endigt mit einer Gipfelblüthe, welcher in der Regel zwei gegenständige Laubblätter nebst einem ausgebildeten und einem nicht zur Entwicklung kommenden Hochblatte vorangehen. Aus der Achsel des oberen Laubblattes entspringt ein centrifugaler büscheliger Blüthenstand, dessen lang gestielte aufrechte Blüthen dicht zusammengedrängt sind, aus der Achsel des untern Laubblattes dagegen geht als sympodiale Fortsetzung des Stengels ein langgestielter, gleichfalls mit 2 gegenständigen Schwimmblättern beginnender Blüthenstand hervor, der sich in gleicher Weise aufbaut und fortsetzt, wie der erste. Da die Verzweigung eine reichliche ist und die Vegetation eine üppige, so kann aus einem Wurzelstock ein grosser Complex von büscheligen Blüthenständen mit ihren zugehörigen Schwimmblättern hervorgehen. Die Schwimmblätter sind je nach den Tiefenverhältnissen länger oder kürzer gestielt, die unteren zuweilen mit 2 Fuss langen Blattstielen. Die

Spreite ist rundlich und an der Basis tief herzförmig, sie besitzt die charakteristischen Eigenthümlichkeiten der schwimmenden Spreite überhaupt.

Im Herbste gehen die Laubtriebe zu Grunde und die Pflanze perennirt mittelst der Endtriebe ihres Rhizoms, welches von hinten allmählig abstirbt und so die Entstehung von neuen Individuen herbeiführt. Im nächsten Jahre beginnen dann die überwinterten Rhizomtriebe ihre Sprossentwicklung.

Limnanthemum bildet unter Umständen auf feuchtem Boden auch Landformen, welche im Gesammthabitus, in der Verkürzung aller Axenglieder und Blattstiele, in der Verkleinerung der Spreiten, in deren Aufrichtung sich ganz analog wie die entsprechenden Formen von Nuphar, Potamogeton natans, Hydrocharis, Alisma natans etc. verhalten.

Trapa natans besitzt einen anderen Aufbau wie die vorhergehende Art. Sie bildet am Boden der Teiche ein kriechendes, ästiges Rhizom, von welchem lange, im Wasser schräg aufsteigende Stengel entspringen, die an ihren den Wasserspiegel erreichenden Enden Schwimmrosetten erzeugen. Diese fluthenden Stengel besitzen unterwärts sehr lange Internodien, welche nach oben immer kürzer werden und am Ende zur Bildung der Rosette gestaucht bleiben. An den Knoten der Stengel entstehen unterwärts sehr hinfällige lineale submerse Niederblätter, die untersten von ihnen gegenständig, die folgenden abwechselnd. Zu beiden Seiten der Narben dieser Niederblätter entwickelt sich nun jederseits ein zart gefiedertes mit fädlichen Zipfeln versehenes lang zugespitztes Gebilde, welches irrthümlicherweise lange als Nebenblatt angesehen wurde, aber entschieden eine Adventivwurzel repräsentirt, welche von der Basis nach der Spitze zu in zwei gegenüberstehenden Reihen zarte Seitenwürzelchen erzeugt, so zwar, dass das fertige Organ den Eindruck eines zartgefiederten Wasserblattes hervorruft, zumal da in diesen Wurzeln sich Chlorophyll bildet. Während bei der Salvinia die sog. Wasserblätter sich wurzelartig gestalten, ähneln die Adventivwurzeln von Trapa submersen Blättern. Fraglich ist allerdings,

ob die besagten Organe in der That allein als Blätter fungiren oder noch von Bedeutung sind für die Aufnahme von Nährsalzen aus dem Wasser für die Schwimmrosetten. Auf die Wurzelnatur der gefiederten Gebilde hat neuerdings Jäggi in seiner Arbeit über die Wassernuss hingewiesen. Schon allein die nachträgliche acropetale Entstehung der Seitenwürzelchen spricht gegen die Blattnatur. Die Adventivwurzeln sind am oberen Theil des langen Stengels meist nach oben gerichtet.

Die hinfälligen Niederblätter gehen nun allmählig zu den Schwimmblättern über, indem ihre Spreite sich immer mehr ausbildet. An ausgewachsenen Exemplaren sind diese submersen Blätter alle verwest. Die Schwimmblätter besitzen eine rautenförmige, vorne gezähnte Spreite auf einem mehr oder minder langen Stiele. Da die Terminalknospe dicht an der Oberfläche des Wassers lagert und die Schwimmblätter an einer gestauchten Axe dicht übereinander entspringen, so müssen sich die Blattstiele fast horizotal lagern. Meistens bilden sehr zahlreiche Blätter die Rosette; die ältesten haben die längsten Stiele und ihre Blattspreiten stehen daher zu äusserst. Die rhombische Form der Blattflächen erlaubt ein sehr nahes Beisammenliegen derselben, so dass die Rosette eine grosse Assimilationsfläche vorstellt.

Frank (Cohn's Beitr. z. Biol. I) hat über die Wachsthumsvorgänge der Trapa interessante Versuche angestellt, welche hier erwähnt werden müssen. Während bei Hydrocharis das Wachsthum der Blattstiele die Lage der Rosette auf dem Wasserspiegel regulirt, übernimmt bei Trapa zunächst der Stengel diese Funktion. Wenn derselbe in seinem Wachsthum mit seinem Ende die Wasseroberfläche erreicht hat, so lässt die Streckung der in diesem Zeitpunkt im Wachsen begriffenen Internodien nach. Der Uebergang zur gestauchten Rosettenaxe ist jedoch ein allmäliger, und die ersten Blätter, mit denen der Spross auf der Wasserfläche erschien, können nicht dauernd schwimmen bleiben, wohl aber die folgenden der wirklich verkürzt bleibenden Internodien.

Trapa natans hat indessen auch wie Hydrocharis die

Fähigkeit, ihre Blattstiellängen zu bemessen: die ältesten Blätter erhalten die längsten Stiele, die jüngeren passen ihre Stiellänge genau den Raumverhältnissen der Rosette ab.

Versenkt man eine Rosette in ziemlich tiefes Wasser, so strecken sich die untersten Internodien derselben so wie die einzelnen Blattstiele etwas und versuchen die Blätter zum Wasserspiegel emporzuführen. Indessen verlieren sie der Reihe nach allmählig ihre Streckungsfähigkeit und wenn das Niveau nicht erreicht wurde und die Blätter untergetaucht bleiben, so sterben sie nach und nach ab. Indessen beginnt unter solchen Verhältnissen die gestauchte Rosettenaxe sich bis zur Wasseroberfläche zu strecken, die Rosette verjüngt sich und besteht schliesslich fast ganz aus neuen Blättern. Diejenigen, welche am Anfang des Versuchs noch in der Knospenlage sich befanden, nehmen jetzt fast die äusserste Peripherie der neuen Rosette ein.

Interessant verhält sich Trapa bei Lichtabschluss. Die neu gebildeten Blätter erheben sich dann senkrecht und mit schwach concaver Oberseite der Lamina vom Wasserspiegel in die Luft, nehmen aber bei Lichtzutritt ihre schwimmende Lage allmählig wieder ein. Im Gegensatz zur Hydrocharis beherrscht also das Licht die Richtungen der Stiele und Spreiten bei Trapa. Frank sucht dieses verschiedene Verhalten aus den Lebensbedingungen beider Pflanzen zu erklären; erstere gedeiht in Waldtümpeln, meist beschattet von hohem Uferschilf. Sie hat die Abhängigkeit ihrer Blattrichtung vom Licht allmählig verloren und an Stelle derselben eine bestimmte Beziehung zur Schwerkraft angenommen, nach welcher sie das Wachsthum des Blattes bemisst. Trapa dagegen wächst mit Vorliebe in offenen Seen, der vollen Tagesbeleuchtung ausgesetzt, und hat die überhaupt den Blättern eigenen Beziehungen zum Lichte im Kampfe ums Dasein nicht eingebüsst.

Marsilea quadrifolia ist ein amphibisches Gewächs, welches in tieferem Wasser vegetirend Schwimmformen

erzeugt, gewöhnlich allerdings als Uferpflanze angetroffen wird. Sie kriecht mit einem dünnen, walzrunden, reichlich verzweigten Rhizome im Boden und entsendet aus demselben nach oben in zwei alternirenden Reihen lang- und dünngestielte Blätter mit 2jochig gefiederter Spreite, deren 4 Fiedern keilförmig gestaltet sind. Diese Blätter stehen dicht nebeneinander und bilden an feuchten Uferstellen kleine Räschen. Wächst indessen die Pflanze im Wasser, so werden die Blattstiele länger und zarter und die Spreite gestaltet sich zu einer Schwimmrosette um, indem die Fieder grösser werden und mit ihren Rändern sich dicht zusammenlegen. Die Struktur der Schwimmblätter ist dann verschieden von derjenigen der Luftblätter.

Die Wasserform lässt sich leicht durch entsprechende Cultur erzeugen. Man versenkt das Ende eines kriechenden Stämmchens unter die Oberfläche des Wassers, sodass alle Blätter mehr oder weniger tief untergetaucht sind. Es passen sich dann die vollständig entwickelten Blätter den veränderten Lebensbedingungen nicht mehr an und gehen bald zu Grunde. Dahingegen entwickeln sich die jüngeren noch gestaltungsfähigen Blattanlagen zu typischen Schwimmblättern; die Spreite derselben ist dabei im Anfange noch unverhältnissmässig klein und das Wachsthum findet zuerst hauptsächlich im Blattstiel statt, dann aber wachsen die Spreiten schnell heran, werden bedeutend grösser als die Luftspreiten und bilden schliesslich einen regelmässigen vierstrahligen Stern an der Wasseroberfläche. Ihre Oberfläche ist glänzend und besitzt einen Wachsüberzug, sodass sie nicht benetzbar ist. Die Stiele sind schwank und vermögen sich dem sinkenden resp. steigenden Wasserspiegel zu accomodiren, indem sie in ersterem Falle sich seitwärts biegen, im letzteren sich solange strecken, bis die Blätter wieder schwimmen. Hildebrand, welcher diesbezügliche Versuche angestellt hat, erzielte auf diese Weise Schwimmblätter mit über drei Fuss langen Stielen.

Es ist ferner auffallend, dass alle vegetativen Theile, Stengel und Blätter, im Wasser weit üppiger vegetiren, als an der Luft auf Schlamm oder in ganz seichten Stellen. Die Stammtheile zeigen ein enorm starkes Wachsthum,

bedeutend verlängerte Internodien und fast an jedem Blattursprung starke Verzweigung und das gesammte Wachsthum dieser Pflanzen ist ein überaus schnelles. In einem Sommer können sich nach Hildebrand Pflanzen von mehr als 10 Fuss Länge bei Wassercultur entwickeln. Bemerkenswerth ist, dass Hand in Hand mit der geförderten Vegetation die Fructification bei den Schwimmformen ganz unterbleibt, während die Formen trockner Stellen reichlich Sporangien erzeugen (vergl. weiter unten Cap. 3).

Cultivirt man die Marsilia in Töpfen am Rande von Tümpeln, so kriechen die Rhizomenden gerne über den Rand, legen sich ins Wasser und treiben Schwimmblätter. Wie alle Wassergewächse besitzt also auch Marsilea grosse Plasticität.

Alexander Braun hat Keimversuche mit Marsilea angestellt. Das einzige Keimblatt ist pfriemförmig, dann folgen mehrere Primordialblätter, die ersteren schmal lanzettlich, dann zweispaltige, dann ein vierspaltiges und darauf erst ein regelrechtes Schwimmblatt. Wir constatiren hier somit einen stufenweisen Uebergang von submersen Erstlingsblättern zu typischen Schwimmblättern, ähnlich wie bei den meisten übrigen Schwimmpflanzen (Alisma natans, Trapa natans, Potamogeton natans, Keimpflänzchen von Nymphaeaceen etc.)

Im Herbst stirbt die Marsilea bis auf die Endtriebe der Rhizome ab, um mit denselben zu überwintern.

Die stattlichsten und grössten Repräsentanten unserer wie überhaupt aller Schwimmpflanzen bilden die *Nymphaeaceen*, von denen Nuphar und Nymphaea bei uns vertreten sind. Die Teich- und Seerosen kriechen mittelst eines dicken, narbenbesetzten, sparsam verzweigten Rhizoms im Teichboden und treiben jährlich bei Beginn der Vegetationsperiode an den Enden dieses Rhizoms ein Büschel von langgestielten mächtigen Schwimmblättern und Blüthen. Die Blätter haben rundliche oder ovale, an der Basis tief herzförmig ausgeschnittene Spreiten mit ganzem Rand und von sehr fester lederartiger Beschaffenheit, welche bei der Grösse der Blätter unbedingt erforderlich ist, um den mechanischen Anforderungen der schwimmenden Lebensweise

zu genügen. Die Oberfläche der Blätter ist glatt, mit einem Wachsüberzuge versehen und infolgedessen nicht benetzbar. Die Nymphaeaceen variiren in den Grössenverhältnissen ihrer Vegetationsorgane sehr nach den äusseren Bedingungen. In tiefen Seen erreichen sie die grösste Entwicklung, die Spreiten breiten sich mächtig aus und sitzen auf ausserordentlich langen Stielen. In kleinen seichten Tümpeln verkürzen und verkleinern sich alle Theile bedeutend. Verläuft sich das Wasser aus solchen Tümpeln und bleibt der schlammige Boden noch hinreichend feucht, so können die Nymphaeaceen sogar Landformen bilden. Ich beobachtete an feuchter schattiger Stelle an der Siegmündung bei Bonn derartige Exemplare von Nuphar luteum, deren Blätter meist nur 5—8 cm lang waren, auf kurzen Stielen sassen und die Spreiten schief aufgerichtet hatten. Interessant sind die im Cap. 6 beschriebenen Keimpflänzchen der Nymphaeaceen. Die Erstlingsblätter sind an denselben alle submers und zarthäutig und gehen von der schmallinealen Form gradatim durch Erbreiterung der Spreite über in echte Schwimmblätter, von denen die erst entstandenen noch kleine Spreiten enthalten. Höchst eigenthümlich erscheint das Auftreten von submersen Blättern zwischen den schwimmenden bei Nuphar. Reichenbach bildet sie in seinen Icones (Bd. VII, Tafel LXVI) ab von Nuphar Spennerianum. Diese submersen Blätter sind kurz gestielt und sitzen in Rosetten an dem Kopfe des Rhizoms, sie haben wie alle untergetauchten Blätter zarthäutige Spreiten, welche ausserdem an der Basis weit ausgeschnitten sind.

Innerhalb der Formation der Schwimmpflanzen treffen wir, wie auch bei den submersen Gewächsen, solche Vertreter, welche in einseitiger Weise an die Lebensweise mit schwimmenden Assimilationsorganen angepasst sind und nicht die Fähigkeit besitzen, auf längere Zeit unter Wasser oder auf dem Lande zu gedeihen (Salvinia, Lemna, Hydrocharis, Limnanthemum, Nymphaeaceen etc.). Die meisten der genannten sind allerdings im Stande auf

Sumpfboden bei zurücktretendem Wasserspiegel Landformen zu bilden, diese aber bleiben kümmerlich und können die Pflanze nicht erhalten.

Dahingegen bezeichnen Marsilea und Polygonum amphibium Gewächse mit sehr hoher Accomodationsfähigkeit.

Endlich schliessen sich den genannten Vertretern der Schwimmpflanzenformation als gelegentliche Bestandtheile der letzteren noch einige Gewächse an, welche befähigt sind, Schwimmblätter zu erzeugen, aber ihrer sonstigen Gestaltung und gewöhnlichen Lebensweise nach entweder zu der submersen Flora oder der Uferflora gerechnet werden müssen. Es sind dies

Ranunculus fluitans.
„ aquatilis.
Callitriche sectio Eucallitriche.
Ranunculus sceleratus.
„ flammula.
Alisma plantago.
Sagittaria sagittaefolia.
Glyceria.
Sparganium.

Die Schwimmblätter der genannten, auch der beiden letzteren trotz der abweichenden schmallinealen Blattform, schliessen sich in den Eigenthümlichkeiten der Structur und im Allgemeinen auch in der Gestalt den Blättern der echten Schwimmpflanzen völlig an.

Litteratur.

C. Paul: Ueber die Anpassung der Blätter der Wasserpflanzen ans Medium. Progr. der Saldernschen Realschule in Brandenburg 1870.

Sir John Lubbock: On leaves. Contemporary Review. May 1885.

Dr. A. B. Frank: Ueber die Lage und die Richtung schwimmender und submerser Pflanzentheile. Cohn's Beitr. z. Biol. der Pfl. I. Breslau 1872.

Dr. Frank Schwarz: Die Wurzelhaare der Pflanzen. Untersuchungen bot. Inst. Tübingen I. 1883. Leipzig.

Mertens u. Koch: Röhling's Deutschlands Flora. Frankfurt a. M. 1823—1839.

Nees ab Esenbeck: Genera Plantarum Fl. germ. Bonn.

Reichenbach: Icones florae germanicae et helvet. Leipzig.

Döll: Flora von Baden. 1857.

L. Benjamin: Bau und Physiologie der Utricularien. Bot. Ztg. 1848.

N. Pringsheim: Zur Morphol. der Utricularien. Mtsber. Acad. Wiss. Berlin 1869.

Ch. Darwin: Insektenfressende Pflanzen. Stuttgart 1876. (Utricularia).

Cohn: Ueber Aldrovand. vesic. Flora 1850.

R. Caspary: Aldrovandia vesiculosa. Bot. Ztg. 1859 u. 1862.

B. Stein: Zur Kultur der Aldrovandia. Gartenflora 1885. Jan. Stuttgart.

M. J. Schleiden: Beiträge zur Kenntniss der Ceratophylleen. Beitr. z. Bot. 1844. Leipzig.

Cohn: Kryptogamenflora von Schlesien. Bd. I. Laub- u. Lebermoose von Limpricht. Breslau 1876. (Riccia natans, fluitans).

J. Rossmann: Beiträge zur Kenntniss der Wasserhahnenfüsse. Giessen 1854.

E. Askenasy: Ueber den Einfluss des Wachsthumsmediums auf die Gestalt der Pflanzen. Bot. Ztg. 1870. (Ranunc. aqu., div.)

H. Hoffmann: Culturversuche über Variation. Bot. Ztg. 1884 (Ran. aqu.)

Th. Irmisch: Bemerkungen über einige Wassergewächse. Bot. Ztg. 1859 (Myr., Callitr., Pot. trichoides etc.).

E. Lebel: Callitriche, Esquisse monographique. Mémoires Soc. imp. sc. nat. Cherbourg IX. 1863.

Fr. Hegelmaier: Monographie der Gg. Callitriche. Stuttgart 1864.

E. Askenasy: Ueber die syst. Stellung von Callitriche und Myriophyllum. Bot. morph. Studien. Frankfurt a. M. 1872.

R. Caspary: Die Hydrilleen. Pringsheims Jahrb. f. w. Bot. I. Berlin 1858.

Knut Fr. Thedenius: Beitrag zur Kenntniss der Najas marina L. Flora 1840.

P. Magnus: Beiträge zur Kenntniss der Gg. Najas. Berlin 1870.

Th. Irmisch: Ueber einige Arten aus der natürlichen Pflanzenfamilie der Potameen. Abh. nat. Ver. Sachsen u. Thüringen. II. Halle. Sonderabdr. Berlin 1858.

Th. Irmisch: Zur Naturgeschichte des Potamogeton densus L. Flora 1859.

Fr. Buchenau: Zur Naturgeschichte der Littorella lacustris L. Flora 1859.

Fr. Buchenau: Morphologische Bemerkungen über Lobelia Dortmanna. Flora 1866.

A. Braun: Bemerkungen über Isoëtes. Flora 1847.

J. Fr. Müller: Die Entwicklung von Vallisneria spiralis. Hansteins bot. Abh. III. Bonn 1878.

E. F. Nolte: Botanische Bemerkungen über Stratiotes u. Sagittaria. Kopenhagen 1825.

P. Reinsch: Ueber die dreierlei Arten der Blätter der Sagittaria sagittaefolia L. Flora 1860. p. 741.

Klinge: Ueber Sagittaria sagittaefolia L. Sitzgsber. Naturf. Ges. Dorpat V. 1880.

K. Göbel: Beitr. z. Morphol. u. Phys. des Blattes. Bot. Ztg. 1880 (Sagitt., Alisma).

Fr. Oltmanns: Ueber die Wasserbewegung in der Moospflanze u. ihren Einfluss auf die Wasservertheilung im Boden. Cohn, Beitr. z. Biol. IV. 1884. Breslau (Inaug.-Diss. Strassburg).

E. Warming: Familien Podostemaceae. 2 Abh. in Vidensk. Selsk. Skr. 6. Raekke, naturvid. og math. Afd. Bd. II 1 u. 3. Kjøbenhavn 1881 und 1882.

Bischoff: Bemerkungen über die Lebermoose, vorzüglich aus der Gruppe der Marchantieen und Riccieen. Nova Acta Acad. Leopold. XVII. 1835.

Lindenberg: Monographie der Riccieen. Nova Acta Acad. Leopold. XVIII. 1836.

E. Strasburger: Ueber Azolla. Jena 1873.

J. F. Hoffmann: Matériaux pour servir à la connaissance du Lemna arrhiza avec quelques observations sur les autres espèces de ce genre. Ann. sc. nat. Bot. 2 sér. Tome 14. 1840. Paris (auch in Wiegmanns Archiv für Naturgesch. 1840).

Fr. Hegelmaier: Die Lemnaceen. Leipzig 1868.

G. Dutailly: Sur la nature réelle de la fronde et du cotylédon des Lemna. Bull. soc. Linnéenne Nr. 19. 1878.

F. Hegelmaier: Wolffia microscopica. Bot. Ztg. 1885. p. 241.

P. Rohrbach: Beitr. z. Kenntniss einiger Hydrocharideen nebst Bem. über die Bildung phanerogamer Knospen durch Theilung des Vegetationskegels. Abh. Naturf. Ges. Halle XII. 1871.

Bischoff: Die Rhizocarpeen und Lycopodiaceen, organographisch, phytonomisch und systematisch bearbeitet. Nürnberg 1828.

F. Hildebrand: Ueber die Schwimmblätter von Marsilia und einiger anderen amphibischen Pflanzen. Bot. Ztg. 1870.

Alex. Braun: Nachträgliche Mittheilungen über die Gattungen

Marsilea und Pilularia. Monatsber. kgl. Acad. Wiss. Berlin 1872 Aug., ferner ebendaselbst 1863 Oct. und 1870 Aug.

H. Hoffmann: Culturversuche (Marsilea quadrif.) Bot. Ztg. 1875.

H. Hoffmann: Ueber Accomodation. Festrede, Giessen 1876 (Polyg. amph.)

H. Hoffmann: Untersuchungen über Variation (Polygonum amphibium) 16. Ber. Oberhess. Ges. für Natur- und Heilkunde 1877.

E. Schmidt: Einige Beobachtungen zur Anatomie der veg. Organe von Polygonum und Fagopyrum. Inaug.-Diss. Bonn 1879.

E. Mer: De quelques nouveaux exemples relatifs à l'influence de l'hérédité et du milieu sur la forme et la structure des plantes (Pot. rufescens). Bull. soc. bot. France XXIX. 1872.

J. Jäggi: Die Wassernuss, Trapa natans L. und der Tribulus der Alten. Zürich 1883.

L. Laestadius: Bemerkungen über die Formen von Nuphar luteum. Flora 1859.

G. Dutailly: Sur le Nuphar luteum. Bull. mensuel soc. Linn. Paris 1872.

Kirschleger: Etwas über fluthende Pflanzen. Flora 1856.

P. Ascherson: Schwimmblätter von Ran. sceleratus und Flammula. Sitzgsber. Ges. naturf. Freunde. Berlin 1873.

Cap. 2.

Die Ueberwinterung der Wassergewächse.

In unseren Breiten wird die Vegetation der Pflanzen durch eine ungünstige kalte Jahreszeit, den Winter, in ihrer Thätigkeit unterbrochen, eine Erscheinung, welche in wärmeren Regionen mit abwechselnd trockenen und nassen Jahreszeiten in analoger Weise wiederkehrt, indem auch hier die Lebensprozesse ruhen, sobald der Mangel der nöthigen Feuchtigkeit sich bemerkbar macht. Der pflanzliche Organismus muss im Stande sein, diesen Wechsel der äusseren Bedingungen zu ertragen und die ungünstige Pe-

riode zu überdauern. Dies geschieht nun einerseits in der Form der Samen, anderseits bei den perennen Gewächsen durch eine Fülle von verschiedenartigen Vorrichtungen, denen aber allen die nämliche biologische Bedeutung zuzusprechen ist. Unsere Bäume und Sträucher werfen im Herbst ihr Laub ab und ruhen im Knospenstadium, die ausdauernden Stauden und Kräuter überwintern mittelst Rhizome, Knollen oder Zwiebeln, nachdem die zarten oberirdischen Theile völlig abgestorben sind.

Wie verhalten sich die Wassergewächse, welche in einem von der Luft gänzlich verschiedenen Medium vegetiren, in dieser Beziehung? Es ist leicht einzusehen, dass sie in warmen Klimaten, ohne kalten Winter ununterbrochen sich zu üppiger Lebensthätigkeit entfalten, vorausgesetzt natürlich, dass die Gewässer nicht eintrocknen; und es erscheint bemerkenswerth, dass sogar gewisse Hydrophyten, welche bei uns bestimmte Vorkehrungen zur Ueberwinterung treffen, Winterknospen oder besondere Sprosse bilden, in den Tropen ihre Vegetation unbehindert das ganze Jahr hindurch abspielen lassen, grade so wie einige unserer laubabwerfenden Bäume, z. B. die Apfelbäume, der Weinstock, der Feigenbaum und andere, daselbst immergrünes Laub erhalten, oder wie gewisse Säugethiere in wärmeren Klimaten ihren Winterschlaf aufgeben. Aber auch in unserer Region erleichtert die submerse Lebensweise entschieden der Pflanze die Ueberwinterung, denn die Flüsse und Teiche bedecken sich bei uns im Winter nur an der Oberfläche mit einer mehr oder minder dicken Eiskruste. Am Boden im Wasser ruhend sind die submersen Pflanzen zwar einer niedrigen Temperatur ausgesetzt, welche jedoch nicht unter den Nullpunkt sinkt und die Struktur des pflanzlichen Plasmas zerstört. So vermögen denn viele Wasserpflanzen in unverändertem Zustande zu perenniren, allerdings nicht in der üppigen Fülle wie im Sommer, indem die Laubtriebe zum Theil im Herbst zu Grunde gehen, und auch nur mit geminderter oder ganz stillstehender Lebensthätigkeit.

Es muss indessen auch berücksichtigt werden, dass die einzelnen Gewächsarten an verschiedene Wärmegrade

angepasst sind; manche ertragen mit Leichtigkeit eine ausserordentliche Hitze, wie aus den Beobachtungen Askenasy's an Cacteen hervorgeht, andere Kräuter bleiben selbst im strengsten Winter grün und vegetiren lustig weiter, selbst wenn sie schon gefroren waren. So sind denn auch nicht alle Wassergewächse in gleicher Weise befähigt, die niedrige winterliche Temperatur unserer Gewässer unbeschadet zu ertragen, sondern manche treffen im Herbste Vorkehrungen, bilden Rhizome, Knollen oder auf einfachere Art Winterknospen, welche allein ausdauern, nachdem alle zarten Theile verwest sind. Diese Winterzustände vermögen nun leicht im Schoosse der Teiche und Flüssen auf oder in dem Boden ruhend die künftige günstige Jahreszeit zu erwarten. Die Schwimmpflanzen geniessen nicht die Vortheile der submersen Gewächse, indem grade die Wasseroberfläche im Winter wegen der Bildung der Eiskrusten zerstörend auf die Blätter einwirken würde. Sie überwintern daher alle mittelst besonderer Vorkehrungen.

Ziehen wir in Betracht, worauf weiter unten noch näher eingegangen werden soll, dass sich bei den Wasserpflanzen im Allgemeinen ein Zurücktreten der Fructifikation bemerkbar macht, dass ferner die Keimung unter Wasser erschwert erscheint, so ergiebt sich für diese Gewächse die Wichtigkeit der vegetativen Fortpflanzung und da die letztere durch das Medium auch sehr begünstigt wird, so begreifen wir die beachtenswerthe Thatsache, dass im Verhältniss nur äusserst wenige Glieder der Wasserflora in einem Jahre ihre Entwicklung abschliessen. Einjährig sind nur *Salvinia natans*, *Najas minor* und *flexilis*, *Subularia aquatica*, denen sich die mehr uferbewohnenden *Elatine Hydropiper*, *triandra* und *paludosa* anreihen.

Alle übrigen submersen und schwimmenden Gewächse dagegen sind ausdauernd und da sie im Einzelnen manche Besonderheiten und Anpassungen zur Schau tragen, so wollen wir sie im Folgenden gruppenweise in Bezug auf ihre Ueberwinterungsweise näher betrachten.

Unter den in unverändertem Zustande im Wasser perennirenden Pflanzen ist zunächst die *Ruppia rostellata* Koch hervorzuheben. Irmisch (Potameen p. 43 u. 48) beobachtete sie in dem salzhaltigen Salzbache bei Sondershausen, dessen Bett sie fast das ganze Jahr hindurch mit zusammenhängenden Polstern oder Vliessen erfüllt; sie hat keinen eigentlichen Stillstand in der Vegetation und blüht sogar noch im November zusammen mit *Zannichellia palustris*, welche gleichfalls den ganzen Winter hindurch vegetirt. Unsere *Callitriche*-Arten schliessen sich den genannten an, indem die untergetauchten Formen als fluthende Polster in den Flüssen oder in den Teichen als zarte Büsche den Winter über nicht allein grün und lebensfähig bleiben, sondern sogar weiter vegetiren. An ungünstigeren Orten, an seichten Teichrändern etc. sterben sie zum Theil ab, doch bleiben einzelne Axentheile entwicklungsfähig. Besondere Winterknospen aber werden nicht gebildet. Ebenso wie die Tracht ist die Dauer und Art zu vegetiren von äusseren Lebensbedingungen abhängig; die Landformen nämlich, welche sich auf feuchtem Schlamme oder Kies entwickeln und reichlich fructificiren, gehen im Herbste zu Grunde und wir sehen somit klar die Vortheile, welche die submerse Lebensweise bezüglich der Ueberwinterung mit sich bringt. Genau dasselbe Verhältniss kehrt bei den submersen *Ranunculus*-Arten, bei *Elatine Alsinastrum*, bei *Peplis Portula* und anderen wieder, welche untergetaucht perenniren, als Landformen aber einjährig sind. Die Wasserranunkel vegetiren auch im Winter, wenn auch nicht so üppig wie im Sommer. An ungünstigen Standorten sterben viele Axen und Zweige ab, aber es erhalten sich entwicklungsfähige grüne Triebe in genügender Masse am Boden festgewurzelt, welche dann im nächsten Frühjahr die Vegetation zeitig aufnehmen. *Montia rivularis* Gm. perennirt submers mittelst seiner grünen Polster, während die nahe verwandte mehr feuchten Sandboden bewohnende *Montia minor* Gm. einjährig ist. Es perenniren ferner in unverändertem Zustande *Glyceria fluitans*, deren grosse Wiesen in unseren Bächen im Herbst in ihren über dem Wasserspiegel gelegenen Trieben und Blättern grösstentheils

absterben, aber in den submersen Theilen den ganzen Winter über grün bleiben; die *Ceratophyllum*-Arten, welche am Schlusse der Vegetationsperiode auf den Boden der Teiche sinken und daselbst überwintern; *Zostera marina* und *nana;* gewisse *Potamogeton*-Arten, *Vallisneria spiralis, Sparganium natans* u. a.

In der Form von Rhizomen überdauern nur wenige unserer typischen Wassergewächse und zwar hauptsächlich Schwimmpflanzen den Winter, welche sich also an das Verhalten der meisten Sumpfgewächse enge anschliessen. Die *Nymphaeen* und *Nuphar* sterben im Herbste bis auf die im Schlamm geborgen liegenden dicken mit Blattstiel- und Blüthenstielresten besetzten, stärkeerfüllten Wurzelstöcke ab; *Potamogeton natans* und Verwandte überwintern mittelst der Endtriebe des reichen Rhizomwerkes; ihnen schliesst sich *Polygonum amphibium* β *aquaticum, Marsilea quadrifolia* u. a. an.

Einige Wassergewächse bilden im Herbste Knollen und sterben bis auf diese im Teichschlamme den Winter über ruhenden Gebilde ab. Gewisse Potamogeton-Arten und Sagittaria sagittaefolia verhalten sich in dieser Weise und erregen durch die Besonderheiten bei der Formation ihrer Knollen unser Interesse.

Potamogeton pectinatus L. kriecht mit seinen dünnen Grundachsen kaum 1 Zoll tief im Boden der Gewässer und entsendet aus dem reichen Rhizomwerk lange, sich vielfach verzweigende, in dichten, fluthenden Polstern zusammenvegetirende Laubtriebe. Jede Generation entwickelt an ihrem Grunde zwei horizontale, bis 3 Zoll lange Achsenglieder, das dritte Internodium kommt nicht zur Ausbildung und die folgenden steigen im Wasser als fluthender Laubtrieb auf. Die unteren Knoten tragen Niederblätter und erst das fünfte bis achte Blatt ist ein echtes Laubblatt. Während das erste Niederblatt stets steril bleibt, erzeugt das zweite aus seiner Achsel eine der Muttergeneration völlig gleichgestaltete und in gleicher Weise sich weiter verzweigende Generation, den Hauptspross, das dritte eine ähnliche, nur etwas schwächer entwickelte Generation, den sog. Reservespross, welcher infolge der Unterdrückung des

dritten Internodiums dem Hauptspross gegenübersteht. Auf diese Weise entsteht im Boden ein reichverzweigtes, sympodial aufgebautes Rhizomwerk. Im Herbst bilden sich nun die auf den letzten ausgebildeten Laubtrieb folgenden Generationen zu Knollen auf eigenthümliche Art um (Tafel VI, Fig. 1). Aus den Achseln des zweiten und dritten Niederblattes des genannten Laubtriebes treten zwar wie gewöhnlich ein Hauptspross resp. ein Reservespross hervor, aber beide wachsen nicht zu Laubtrieben aus, ihre Endknospe und auch die Achselknospe ihres dritten Niederblattes verkümmert, dagegen erzeugt an beiden das zweite Niederblatt die Knollengenerationen, die im wesentlichen denselben Verzweigungsmodus wie die normalen Generationen einhalten. Der Knollenspross beginnt ebenfalls mit zwei dünnen gestreckten Internodien mit häutigen Niederblättern, die Internodien aber unterhalb des dritten und vierten Blattes schwellen beträchtlich an und constituiren derart die Knolle, welche in die Endknospe ausläuft und von dem dritten scheidenartigen Niederblatt gänzlich eingeschlossen wird; auch umschliesst dieses Blatt mit seinem oberen röhrenförmigen Theile grösstentheils ihren Endtrieb, der mit einigen derberen, dicht zusammengelegten Niederblättern beginnt. Indem nun aus der Achsel des zweiten Niederblattes der Knollengeneration eine ebensolche Generation zweiter Ordnung hervorwächst und dieser Vorgang sich fortsetzen kann, entstehen zuweilen bis 4 zusammenhängende Knollengenerationen. Die dem Reservespross entsprechende Knospe in der Achsel des dritten Niederblattes ist an denselben unterdrückt. Die mit Stärke dicht erfüllten Knollen haben gewöhnlich eiförmige oder walzliche Form, sie brechen leicht ab und die dünnen Achsentheile, an denen sich die Laubblätter gebildet hatten, gehen regelmässig im Spätherbst zu Grunde. Die isolirten oder hie und da noch zusammenhängenden Körper, im oder auf dem Schlamm liegend, treiben im Frühjahr ihre Knospen aus und der Kreislauf der Sprossbildung beginnt von neuem.

Es ist endlich noch zu bemerken, dass auch jeder Zweig des Gewächses geschickt ist, unter Umständen im

Herbste Knollengenerationen zu bilden. Es sind die so erzeugten Knollen gewöhnlich zwar kleiner, verhalten sich sonst aber im wesentlichen bezüglich ihres morphologischen Aufbaues mit dem oben beschriebenen übereinstimmend.

Auch einige Sumpfpflanzen zeichnen sich durch Knollenbildungen aus, so Cyperus esculentus, Scirpus maritimus, Gladiolus palustris, Stachys palustris etc.

Höchst bemerkenswerth dürfte die Knollenbildung unserer stattlichen *Sagittaria sagittaefolia* erscheinen, von welcher wir eine genaue Darstellung E. F. Nolte verdanken. Im Spätsommer treibt die gestauchte knollige Hauptaxe abwärts in den Schlamm mehrere lange, dünne Ausläufer, welche am oberen Rande der ersteren zwischen den scheidenartigen Blattstielen hervortreten, zuweilen auch dieselben in der Mitte durchbrechen. Diese Stolonen sind bald kürzer, bald länger, bis zu 12 Zoll, jenachdem der Boden fester oder lockerer ist, sie sind stielrund, weiss, und mit einigen langgezogenen spitzigen Scheidenblättern umkleidet und tragen an ihrem Ende eine Verdickung, auf welcher die nach unten gerichtete, grünliche, kleine Endknospe aus mehreren dicht umeinander liegenden Blättern bestehend sitzt. Die Verdickung schwillt nun immer mehr bis zu Haselnussgrösse an und wandelt sich in die Knolle um, welche tief im Schlamm den Winter über ruht, während die Mutterflanze und der Ausläufer mit Ausgang des Herbstes zu Grunde gehen.

Die Knolle hat nun länglich eiförmige Gestalt (Tafel VI, Fig. 2), läuft nach oben in einen langen gebogenen dickpfriemenförmigen Keim aus und ist von drei häutigen Scheiden, die von seiner Oberfläche entspringen, dicht umschlossen. Die erste derselben entspringt vom Ausläufer und bedeckt die Knolle nur im jungem Zustand ganz, sie ist eiförmig und verwest bald. Die zweite Scheide umgiebt den Knollenkörper in seinem ganzen Umkreis, entspringt auf der mittleren Hälfte desselben und umschliesst zum Theil die Endknospe noch mit. Die dritte endlich entspringt ganz am oberen Theil der Knolle und umgiebt sie mützenförmig, ihr oberer dickhäutiger, röhriger und etwas spitziger Theil umschliesst den ganzen Keim. Die Ober-

fläche des Knollens hat eine eigenthümliche bläuliche Farbe und ist mit braunen Längswarzen bedeckt.

Was nun die Endknospe anbelangt, so wird dieselbe ebenfalls von drei dickhäutigen Scheiden umgeben, sie sitzt auf einem kurzen Ausläufer der Knolle, welcher sich beim Wiedererwachen der Vegetation im Frühjahr bedeutend verlängert, nach oben biegt und auf diese Weise schliesslich die Endknospe bis zur Oberfläche des Schlammes emporführt. Hier entfaltet sich die Knospe, treibt nach oben aus ihrer gestauchten Axe Blätter, nach unten ein dichtes Büschel von weissen Wurzelfasern (Tafel VI, Fig. 3) und zehrt nach und nach den gesammten Vorrath an Reservestoffen in der Knolle auf. Letztere verwest dann bald nebst ihrem Ausläufer. Die ersten submers entwickelten Blätter der jungen Pflanze sind schmale, sehr lange, linienförmige, halb durchsichtige, stumpfe Gebilde, die dann allmählig in die über den Spiegel ragenden pfeilförmigen übergehen; in tiefem und fliessendem Wasser dagegen werden nur grasartige Blätter ausgebildet, die Pflanze gelangt nicht zur Blüthe und erhält sich nur auf vegetative Weise durch die Winterknollen, eine Vermehrungsweise, welche ziemlich ausgiebig ist, da die Mutterpflanze bis spät in den Herbst hinein ihre Stolonen treibt.

Auch bei *Alisma Plantago* hat Nolte, allerdings nur ein einziges Mal, dieselbe Art der Knollenerzeugung und vegetativen Fortpflanzung beobachtet, die sich fast ganz gleich zu derjenigen der Sagittaria verhält. Nur sind alle Theile stärker und breiter, besonders aber die Knolle viel dicker, als lang.

In morphologisch ganz anderer Weise verhält sich eine andere Gruppe typischer Wassergewächse, welche im Herbste zur Bildung sich loslösender eigenthümlicher Blattknospen oder sog. Hibernacula sich anschicken.

Utricularia darf als Typus dieses Verhaltens angesehen werden. Wenn unsere Wasserschlaucharten im Sommer ihre Blüthenschäfte über die Oberfläche des Wassers emporgetrieben haben und der Samen aus den herabge-

bogenen Kapseln auf den Wasserspiegel ausgestreut ist, beginnen die Pflänzchen bald zu sinken und die Vorkehrungen für den Winter zu treffen. Die noch nicht entfalteten jungen Blätter an den Spitzen der Aeste des oft langen Stengels krümmen sich zusammen, hören auf zu wachsen und bilden endlich eine den Vegetationspunkt einschliessende feste Kugel, einen sogenannten Turio (Tafel VI, Fig. 4). Gleichzeitig beginnt nun auch die Pflanze von hinten nach vorne abzusterben, die Blasen abzuwerfen, sich voll Wasser zu saugen und allmählig auf den Boden zu sinken, wobei die festen aber trotzdem leichten Hibernakel mitgezogen werden. Die Utricularien verschwinden also gänzlich von der Oberfläche und ruhen, die Turionen nach oben gerichtet, am Boden; ihre faulenden Blätter fallen ab und nur der obere Theil des bald ganz nackten Stengels widersteht meist bis zum nächsten Frühjahre dem zersetzenden Einfluss des Wassers. Nach Benjamin soll sich von allen unseren Arten nur Utricularia intermedia am Grunde oder am Rande der Gewässer mittelst Wurzelfasern, welche aus den schlauchtragenden Aesten hervortrieben, befestigen. Doch löst sich der Turio von Utr. interm. meist vor Eintritt des Winters ab und schwimmt frei zwischen den Ufergewächsen umher. Die Angabe Benjamins von dem Auftreten von Wurzeln an einer unserer Utricularien ist die einzige, die ich in der Literatur gefunden habe und sie bedarf noch sehr der Bestätigung. Wir haben es hier jedenfalls nur mit wurzelähnlichen Organen zu thun.

Die Turionen verbleiben den Winter über als kugelige Knospen bis zur wiederbeginnenden Vegetation und trennen sich dann von dem sie verbindenden Stengel, um bald bei zunehmender Tageswärme auszutreiben. Es vollzieht sich die Entwicklung der jungen Pflänzchen ausserordentlich schnell und da die Winterknospen keine einfachen Knospen sind, sondern gewöhnlich in den Blattachseln schon grössere und kleinere Seitensprosse angelegt tragen, so erscheint das austreibende Gewächs sehr bald verzweigt; es erhebt sich langsam zur Oberfläche, um dort kräftig

weiter zu vegetiren und im Sommer den Blüthenschaft zu entwickeln.

In ausgetrockneten Sümpfen bleiben die Knospen im Schlamme stecken und scheinen auch dann recht gut die Winterkälte ertragen zu können.

Der Turio der Utricularien ist mit einem dicken durchsichtigen Schleim überzogen, der ihn glatt und schlüpfrig macht und vor der zerstörenden Einwirkung des Wassers zu schützen scheint; dieser Schleim überzieht auch alle tiefer liegenden Theile. Bezüglich seiner Structur besteht der Turio aus vielen übereinander liegenden Blättchen, die dicht um eine gemeinsame kurze Axe angeordnet sind; die inneren und äusseren Blättchen sind kürzer als die mittleren und so resultirt daraus die kugelige Form des ganzen Gebildes. Zum Theil tragen die Blättchen Achselknospen. An den Spitzen der Blätter sitzen Haare, die den ganzen Turio mit einer Art Filz umgeben, welcher viel zu seinem Schutze beiträgt. Die Haarbekleidung ist bei den einzelnen Arten etwas verschieden. Utricularia intermedia umhüllt ihre Hibernakel mit dem dichtesten Haarfilz, ihre Blätter endigen in einen starken bräunlichen Haarbüschel und es mag sich dies daraus erklären, dass die Winterknospen der genannten Art an der Oberfläche des Wassers schwimmen und also mehr gefährdet erscheinen als die im Schoosse desselben ruhenden der übrigen Arten.

In den Winterknospen sind die Utrikel schon als kleine Körperchen angelegt.

Der Turio ist specifisch leichter als Wasser und wird im Herbst von der sinkenden Pflanze mit hinabgezogen. Er enthält eine verhältnissmässig grosse Luftmenge.

Hottonia palustris überwintert ähnlich wie die Utricularien. Wie schon früher erwähnt, entspringen aus den Achseln der am Grunde des Blüthenschaftes zusammengedrängten Blätter einige Zweige mit ebenfalls spiralig stehenden, kammförmig gefiederten Blättern. An den Enden derselben verkürzen sich die Blätter und schliessen im Herbste knospenartig zusammen. Die Knospen überwintern geschlossen und entwickeln sich im Frühjahr zu neuen

wurzellosen schwimmenden Individuen, deren Hauptaxe dann im Sommer als blüthentragender Schaft aus dem Wasser emportreibt.

Obgleich *Aldrovandia vesiculosa* der von den Lentibulariaceen sehr verschiedenen Familie der Droseraceen angehört, verhält sie sich in biologischer Beziehung den Utricularien völlig gleich und erzeugt in derselben Weise ihre Winterknospen. Das Gewächs blüht selten, und scheint in Europa noch seltener reife Samen zu bilden, ein Zurücktreten der geschlechtlichen Fortpflanzung gegenüber der vegetativen, welches auch bei vielen anderen Hydrophyten zu constatiren ist. Aldrovandia erhält sich hauptsächlich durch die Endknospen des Stengels und seiner gleichgestalteten Zweige. Dicht von Blättchen umhüllt sinken diese Knospen im Herbst (September) auf den Boden des Wassers, nachdem die übrigen Theile der zarten Pflanze zu Grunde gegangen sind. Nach Caspary sind die Hibernakel eiförmig oder kugelförmig, 4—6 mm lang, spitzer an der Basis, abgerundet oben und lichtgrün. Zuweilen sind sie zweilappig, wenn neben der Stammspitze noch ein Ast in die Bildung der Winterknospe eingegangen ist. Sie enthalten bis 32 Quirle bogig zusammenschliessender und die Terminalknospe einhüllender Blättchen. Zu ihrer Formation werden nur die jüngsten Blätter an den Zweigenden verwandt. Aeltere krümmen sich wie auch bei Utricularia nicht mehr ein. Bis auf den bedeutenden Stärkegehalt gleichen die Winterknospenblätter jungen gewöhnlichen, sie haben 5—6 Borsten und eine sehr kleine, wenig entwickelte Lamina. Infolge des grösseren Gewichts, das durch die massenhaft aufgespeicherte Stärke bewirkt wird, sinken die Hibernakel auf den Boden der Teiche um dort zu überwintern und im Frühjahr (wahrscheinlich Anfangs Mai) emporzusteigen, wenn beim Erwachen der vegetativen Thätigkeit die Stärke aufgebraucht wird und die Lufträume sich entwickeln. An einigen Standorten ist diese Fortpflanzungsweise die einzige. Die Bildung der Knospen erscheint als eine Anpassung an unser Klima, an den Wechsel von günstiger und ungünstiger Jahreszeit, denn in wärmeren Gegenden überdauert die

Pflanze unverändert den Winter. Roxburgh (Fl. ind. II, p. 112) fand sie bei Calcutta „swimming on ponds of water during the cold and hot season“ und Leybold hat beobachtet, dass in den tiefen Sümpfen von Salurn in Tirol die Aldrovandia an einem günstigen Standort zwischen Phragmites communis keine Winterknospen bildete, sondern in ihrer sommerlichen Gestalt mit den noch grünen oberen Zweigenden perennirt. Im Freien sinken die Knospen unter. Bei Zimmercultur aber bleiben sie gewöhnlich an der Oberfläche schwimmend, indessen ist dies Verhalten nicht das normale. Die abgestorbenen Pflanzen scheinen mit den Winterknospen unterzusinken wie die Wasserschlaucharten.

Die *Ceratophyllen* sind, wie oben erwähnt, winterharte Gewächse, die am Boden der Teiche die rauhe Jahreszeit unverändert zu überstehen vermögen. Aber auch bei ihnen lässt sich wenigstens eine Art von Winterknospenbildung zuweilen erkennen. Irmisch fand in vielen Fällen, dass die Blätter der Zweigspitzen sich bogig über einander krümmten und die älteren Internodien abstarben, sodass die Endknospen kleine lockere isolirte Ballen darstellten, welche dann im Frühjahr weiter wuchsen.

Dagegen bildet *Myriophyllum verticillatum* L. echte Winterknospen im Herbste, welche aus gedrängten zusammengeballten Laubblättchen bestehen und wie die Hibernakel der Utricularien überwintern. Ebenso entwickelt *Myr. spicatum* L. Laubknospen, die sich vom Mutterstamme ablösen und im folgenden Jahre einen neuen Stock bilden. Höchstwahrscheinlich schliesst sich diesen beiden Arten auch *Myr. alterniflorum* DC. an. Die Myriophyllen mögen an geschützteren Stellen oder in wärmeren Gegenden wohl auch in unverändertem Zustande überwintern, ohne dass eine besondere Umgestaltung und Ablösung der Endknospen stattfindet, doch fehlen darüber sichere Angaben.

In merkwürdiger Weise verschieden verhalten sich bezüglich der Ueberwinterung unsere beiden *Hydrilleen*. Während die *Elodea canadensis* im Herbste ihre Blattquirle an den Astenden etwas dichter gruppirt zeigt, aber nie besonders geformte Zwiebelchen erzeugt, sehen wir solche

dagegen an der *Hydrilla verticillata* auftreten. Vielleicht erklärt sich diese Verschiedenheit aus der geographischen Verbreitung beider Arten. *Elodea* ist aus Nordamerika nach Europa eingewandert, sie ist eine sehr widerstandsfähige, üppige Pflanze, welche auch in kälteren Gegenden gut gedeiht. Hydrilla verticillata dagegen erreicht ihren Hauptverbreitungsbezirk in Südostasien und greift bis nach Australien herüber, ist also eine mehr südliche Pflanze, die nur sporadisch in unseren Breiten erscheint. Ich vermuthe, dass sie ähnlich wie andere Wassergewächse, z. B. Aldrovandia, Spirodela polyrrhiza nur im Norden den Winter in Gestalt von Winterknospen zubringt, freilich fehlen noch diesbezügliche Beobachtungen.

Caspary beschreibt die Winterknospen der *Hydrilla*, die er aus dem Dammschen See bei Stettin anfangs October erhielt, als oblonge, fast cylindrische oder etwas keulenförmige, stärkereiche Knospen (Fig. 5, Tafel VI). Gegen Ende des Sommers bei sinkender Temperatur gehen Stengel, Blätter und Wurzeln des Gewächses durch Fäulniss zu Grunde, aber die axillaren und terminalen Zweigknospen gestalten sich zu Winterknospen um, welche im Schlamme verborgen die kalte Jahreszeit ruhen und im Frühjahr zu neuen Pflanzen erwachsen. Nur vermittelst dieser Körper erhält sich die Pflanze von Jahr zu Jahr, da sie bei uns keine geschlechtlich erzeugten Samen hervorbringt. Die Hibernakel kommen dadurch aus den Stammspitzen oder axillaren Aestchen zu Stande, dass die Internodien derselben sehr kurz bleiben, die Blätter zu deltoidischen oder lanzettlichen, dicht dachziegelartig sich deckenden Schuppen verkümmern und alle Organe und Gewebe, sogar die Epidermis, ausser dem Proteïnstoffe enthaltenden Leitzellenbündel und der Terminalknospe sich mit Stärke erfüllen. Die schuppenartigen Blätter der Winterknospen sind nicht lebhaft grün, sondern weisslich grün, heller an ihrer Spitze, dunkler an der Basis. Die Wände der Zellen der Achse sind sehr verdickt, an den Ecken fast collenchymatisch verstärkt.

Auch die beiden verwandten Gattungen *Hydrocharis* und *Stratiotes* zeichnen sich durch Bildung von Winter-

knospen aus, welche den Floristen schon seit langer Zeit bekannt sind.

Im Frühling (März, April) entwickeln sich aus den überwinterten Bulbillen der *Hydrocharis Morsus ranae* die jungen Individuen und bilden mit ihren Schwimmblättern kleine Rosetten auf dem Wasserspiegel. Gar bald sprossen nun aus den Achseln dieser Blätter mehrere lange Ausläufer mit Knospen an ihren Enden, welche zu neuen, der Mutterpflanze gleichen Rosetten heranwachsen, in derselben Weise sich weiter verzweigen und dergestalt den Wasserspiegel rasch mit üppiger Vegetation überkleiden. Im Spätsommer beginnt die Bildung von Winterknospen, welche den Sommerknospen am Ende der langen Ausläufer morphologisch homolog sind, sich aber bald von ihnen unterscheiden. Während an den etwas plattgedrückten Sommerknospen die beiden ersten Niederblätter nicht fest zusammenschliessen und frühzeitig zwischen den Blattbasen Wurzeln hervorbrechen, sind die Winterknospen kürzer, gedrungener, mehr abgerundet; ihre einzelnen Organe, namentlich der beiden ersten Niederblätter schliessen enge und fest zusammen, und die Wurzeln bleiben in ihnen in der Anlage ruhen. Die Sommersprosse wachsen horizontal unter der Oberfläche und suchen sich am Ende aufzurichten, wogegen sich mit zunehmender Verlängerung der die Winterknospe tragende Stolo abwärts ins Wasser senkt und sich dabei nicht selten einige Male um seine Längsaxe dreht. Zu äusserst wird die Winterknospe von zwei Niederblättern fest umhüllt, welche aber gewöhnlich schon im Herbst etwas zerstört werden, sodann folgt das erste rudimentäre, fast spreitenlose Laubblatt mit zwei grossen rothadrigen, häutigen Nebenblättern an seiner Basis, welche sich dicht zusammenlegen und die folgenden Blätter nebst ihren Stipeln sackartig umschliessen, und ebenso verhalten sich auch die Nebenblätter der inneren Blätter. So entsteht eine feste Knospe, deren Axe kurz und sehr dick ist. Alle Zellen sind vollgepfropft mit grossen, meist aus drei Theilstücken zusammengesetzten Stärkekörnern; sogar die Leitzellen enthalten feinkörniges Amylum. Wenn die elliptischen Winterknospen fertig gebildet sind — die

grössten haben etwa die Grösse einer Kaffeebohne — so beginnt ihr langer zarter Stiel allmählig zu verwesen. An der Basis abgebrochen, sinken sie infolge des bedeutenden Stärkegehalts zu Boden, überwintern daselbst und treiben im nächsten Frühjahr aus, indem sie langsam emporsteigen. Die zusammengeschlossenen Blätter spreizen der Reihe nach auseinander (Tafel VI, Fig. 6), zunächst das erste Laubblatt, welches rudimentär ist, indem es nur eine ganz kleine Spreite entwickelt und submers bleibt. Dann folgt das zweite Laubblatt mit etwas grösserer Spreite, und nach und nach gehen die Blätter in die typischen nierenförmigen Schwimmblätter über (Tafel VI, Fig. 7 und 8). Die grossen häutigen Stipeln biegen ebenfalls auseinander. Wenn das junge Pflänzchen etwas herangewachsen ist, sprosst an seiner Basis die erste, anfangs grüne Adventivwurzel hervor, die erst nach Erreichung einer ziemlichen Länge von der Basis aus Wurzelhaare zu treiben beginnt. Bald treiben denn auch die in den Achseln der Blätter ruhenden Knospen zu neuen Stolonen aus und der Vegetationscyclus rollt sich von neuem ab. Zu bemerken ist noch, dass auch die Hibernakel der Hydrocharis in eine Art Schleim eingehüllt sind wie diejenigen der Utricularia. Der Schleim wird von der Oberhaut der Stipeln abgesondert und dürfte vielleicht als Schutzeinrichtung aufzufassen sein.

Auch *Stratiotes aloides* reiht sich nach der Darstellung Nolte's den obigen Gewächsen an, obwohl diese Pflanze insofern ein etwas anderes Verhalten zeigt, als die Knospen schon im Herbste sich zu jungen losgelösten kleinen Pflänzchen entwickeln, die am Boden im Schlamme als solche, nicht als geschlossene Knospen überwintern. Diese auf dem Boden der Teiche überwinterten Pflänzchen erheben sich im April und Mai zur Oberfläche empor und beginnen ihre Lebensthätigkeit. Sie haben eine kurze, kuchenförmig gestauchte Axe, welche die dichte Rosette der schwertförmigen Blätter und an der Basis ein Wurzelbüschel erzeugt. Ende Juli bis in den August treibt sie ihre Blüthenschäfte und nach der Befruchtung sinkt das Gewächs zur Samenreife wieder unter Wasser. Gleichzeitig mit der Fruchtbildung entwickeln sich nun aus den Blattachseln Knospen,

welche wie bei Hydrocharis zwischen den Blättern auf langen Stielen hervortreten, von länglich lanzettförmiger, lang zugespitzter Gestalt, $^1/_2$—$1^1/_2$ Zoll lang, aussen aus einigen dicht übereinander liegenden, stumpfen und dickhäutigen Schuppen bestehend, die eine grosse Anzahl dicht umeinander liegender, schärflich sägezähniger Blätter einschliessen. An der Basis der Knospe befindet sich eine rundliche Verdickung, welche sich durch eine kleine Einschnürung vom Stiel abhebt und unten die Anlagen von Wurzeln trägt. Jede dieser Knospen erzeugt ein vollkommenes, der Mutterpflanze gleiches Gewächs. Mit ihren ausläuferartigen Knospen erhebt sich letztere gegen Ende August wieder zur Oberfläche des Wassers, die Knospen treiben dann an der Basis einzelne Wurzelfasern, entfalten sich zu jungen Pflänzchen und suchen den Boden zu erreichen, auf dem sie nach Abfaulen des ehemaligen Knospenstiels ein selbstständiges Leben gewinnen. Diese Vermehrungsweise geht bis spät in den Herbst noch fort, ja oft noch bis in den December. Die jungen Pflänzchen überwintern auf dem Schlamm. Selbst zufällig abgerissene Knospen können sich schwimmend erhalten und nachdem sie Wurzeln getrieben haben, am Boden überwintern. Die Mutterpflanze senkt sich nun endlich auch auf den Teichgrund, wo sie bis auf den mittleren Axenkörper mit seinem innersten Blättertrieb zerstört, und mit Stärke vollgepfropft ebenfalls überwintert. Beim Erwachen der Vegetation beginnt der Lebenskreislauf von neuem.

Ob *Vallisneria spiralis* unter Umständen auch Winterknospen erzeugt, darüber finde ich keine Angaben. Sie treibt wie Hydrocharis und Stratiotes lange blattachselbürtige Stolonen mit Endknospen (bulbilli radicales (?) Nees ab Esenbeck Gen. pl.) die sich zu neuen Einzelpflanzen entwickeln und vielleicht auch in geschlossenem Zustand perenniren mögen.

Bei einigen Potamogeton-Arten kommt die Bildung der Hibernakel auf etwas andere, einfachere Weise als bei Utricularia, Hottonia, Aldrovandia etc. zu Stande, indem

sich nämlich einzelne kleine Seitenzweige direkt in solche umwandeln.

Potamogeton crispus darf als Typus dieses Verhaltens angesehen werden, indem hier die umgewandelten Aestchen am eigenthümlichsten erscheinen. Ihre Bildung lässt sich leicht beobachten, indem sie unter Umständen in ausserordentlicher Menge an den im Wasser fluthenden Laubtrieben entstehen, und zwar vollzieht sich ihre Bildung durch Umgestaltung der vielen Seitenzweiglein der letzteren. Ihr Aussehen ist ein verschiedenes, bald sind sie ziemlich lang und dünn (bis 6 cm) bald nur $1^1/_2$ cm kurz. Im ersteren Falle stellen sie Aestchen vor, welche nur wenig umgewandelt sind. Die Achse erlangt eine hornige Beschaffenheit, indem die Zellwandungen sich etwas verdicken, das Zelllumen mit grossen Stärkekörnern sich vollpfropft, und die Luftkanäle kleiner bleiben. Die Blätter an den längeren Aestchen sind nur an der Basis verhornt und haben sonst die gewöhnliche Ausbildung der Spreite, wenn sie auch bedeutend kleiner und schmäler bleiben. Alle möglichen Uebergänge führen von den grösseren verhornten Sprossen zu den kurzen, welche ein der übrigen Pflanze ganz fremdartiges Aussehen annehmen. Sie stellen bräunliche hornige Körperchen vor, gebildet durch 4—6 stiellose Blättchen an einer kurzen dicken Achse (Tafel VI, Fig. 9). Die Blättchen haben Nieren- oder Herzform, sind gezähnt, dicklich, hornig und stehen horizontal ab. Diese Blattgebilde entsprechen den verhornten unteren Theilen der Blätter an dem sich zu einem Hibernaculum umgestaltenden Seitenzweiglein, während die oberen kleinen bandförmigen und häutigen Theile sich leicht ablösen. An den sich bildenden Wintersprösschen lassen sich die Uebergänge von den Blättern gewöhnlicher Bildung zu den mit breit herzförmiger hörniger Basis und rudimentärer, zarthäutiger Blattspitze versehenen, leicht beobachten, indem von unten nach oben an den kurzen Achsen die Umbildung fortschreitet. Man findet auch zuweilen sehr kleine verhornte Aestchen mit sehr dünner Achse und schmal linealen und kurzen Blättchen. Alle diese Gebilde lösen sich sehr leicht von der Mutteraxe infolge ihrer starren Beschaffenheit ab,

sie sinken zu Boden, überwintern daselbst und dienen gleichzeitig in sehr wirksamer Weise zur Vermehrung der Individuen. Ihre Bildung beginnt schon im Juni, im folgenden Monat lassen sich schon zahlreiche Zweiglein mit verhornten Achsen auffinden.

In den Blattachseln der Wintersprösschen sitzen kleine Laubknospen, von denen im Frühjahr eine oder zwei, den Reservestoffvorrath aufzehrend, austreiben. In warmen Spätherbsten wachsen sie, wie Treviranus angibt, wohl auch schon im November aus. Die austreibenden Knospen bilden ein Rhizom, das sich wie gewöhnlich weiter verzweigt und Laubtriebe nach oben entsendet (vergl. d. Abbild.).

Potamogeton crispus perennirt übrigens auch vermittelst seiner im Schlamm der Gewässer kriechenden Grundachsen. Ob die Bildung der Hibernakel nur an gewisse äussere Umstände gebunden ist oder regelmässig geschieht, darüber fehlen noch genauere Beobachtungen. (Abbildung von P. crisp. mit Hibernakeln bei Reichenbach Icones Vol. VII, Tafel XXX).

Potamogeton pusillus gestaltet gleichfalls die Seitenzweiglein der Laubstengel zu kleinen Wintersprösschen. Die Achse dieser dünnen Gebilde verhornt und die oberen linealen Blättchen bleiben kurz und schliessen fest zu einem pfriemlichen Körper zusammen (Tafel VI, Fig. 10). Diese Winterknospen bilden gleichsam Uebergangsformen zwischen den Utricularia turionen und den Hibernakeln von Potamogeton crispus, bei welchem die Blätter nicht dicht zusammenschliessen.

Ganz ähnlich verhält sich *Potamogeton trichoides*, dem sich jedenfalls noch andere Arten dieser vielgestaltigen Gattung anschliessen.

Die Winterknospen von *Potamog. obtusifolius* (Tafel VI, Fig. 11) schliessen sich den Winterknospen von Utricularia morphologisch an. Diese Art überwintert nach Irmisch nicht vermittelst des unterirdischen Rhizomwerks, welches im Herbst brüchig wird und abstirbt, sondern die Endknospe des zuletzt gebildeten, nur beiläufig zwei Zoll Länge erreichenden Sprosses wandelt sich in

eine dicht geschlossene Knospe um, indem nur die untersten Blätter kurze Internodien zwischen sich lassen, dagegen die oberen sich ganz fest aufeinander lagern, sodass sie bei der gleichen Breite und der streng zweizeiligen Anordnung zusammen einen länglichen, zusammengedrückten, vierkantigen, oben und unten sich verjüngenden Körper bilden. Die grossen dünnhäutigen und ungeschlossenen Stipeln, deren Anzahl beträchtlich ist, halten diese Blätter fest aneinander. In den Achseln aller Blätter sind kleine Laubknöspchen, die im nächsten Frühjahre austreiben werden, und in den Geweben der ganzen Knospe häuft sich feinkörnige Stärke an. Morphologisch schliessen sich also diese Hibernakel denjenigen des Wasserschlauches enge an. Nicht nur die Endknospen der letzten Laubtriebe sondern auch zahlreiche Zweigenden gestalten sich zu solchen Körpern um, welche sich loslösen und auf dem Teichgrunde die nächste Vegetationsperiode erwarten.

Wir wollen zum Schlusse dieser Zusammenstellung noch die Vorkehrungen unserer einheimischen *Lemnaceen* behufs ihrer Ueberwinterung betrachten, welche von Hoffmann und Hegelmaier beschrieben worden sind.

Wolffia arrhiza überwintert im gemässigten Europa vermittelst Sprosse, welche im Herbst auf den Grund der Gewässer sinken, im folgenden Frühjahre sodann zur Oberfläche emporsteigen und ihre stillgestandene Entwicklung wieder aufnehmen. Die Wintersprosse haben abgerundet dreikantige Gestalt, erscheinen schön grün und zeigen nur wenig Verschiedenheit von den Sommersprossen. Alle Zellen, die Oberhaut mit eingeschlossen, haben sich während der Vegetationsperiode mit grossen zusammengesetzten Stärkekörnern vollgepfropft; die grünen Chromatophoren umgeben selbige nur noch in Form von dünnen Hüllen. Infolge dieser massenhaften Anhäufung von Reservestoffen erhöht sich das specifische Gewicht und bedingt das Niedersinken der Sprosse. Es ist ferner bemerkenswerth, dass die Wintersprosse sämmtlich ihren ersten Tochterspross schon angelegt haben, aber nur so weit, dass derselbe eben aus der

ihn ringsum dicht einschliessenden Tasche mit einem kleinen kreisförmigen Stück seiner Oberfläche hervorsieht. Der Eingang zur Tasche erscheint somit hermetisch verschlossen, ferner bleiben die Spaltöffnungen in diesem Zustande ebenfalls geschlossen, wodurch sich der Spross von der Aussenwelt möglichst absperrt. Da das Gewächs im Winter nur ganz unbedeutend schwerer als das Wasser wiegt, so kann es bei erwachender Vegetation leicht infolge äusserer Anlässe, wie steigender Temperatur, emporgeführt werden und die rasch erfolgende Entwicklung beginnen, indem die Taschenränder sich ausdehnen und dem hervorwachsenden Tochterspross das Austreten gestatten. Tafel VI, Fig. 12 zeigt einen Längsschnitt des Wintersprosses nach Hegelmaier.

Spirodela polyrrhiza bildet ebenfalls besondere Wintersprosse, welche von den Sommersprossen durch geringere Grösse und fast nierenförmige Gestalt schon äusserlich sich unterscheiden, übrigens im wesentlichen denselben morphologischen Aufbau besitzen. Es bleibt aber an ihnen das erste Sprossglied, also hauptsächlich die Wandungen der beiden Sprosstaschen mit den darin eingeschlossenen Tochtersprossen in ungedehntem Zustand, während das zweite Glied sich mässig entwickelt, quer breite Form annimmt und als Behälter für die Nahrungsstoffe dient. Die Zahl der Fibrovasalstränge bleibt eine sehr beschränkte im Vergleich mit derjenigen der Sommersprossen, nur 3—4 bilden sich jederseits aus. Ferner ist zu bemerken, dass die Bildung von Lufthöhlen unterbleibt; der Winterspross besteht aus zwar lockerem aber nicht cavernösem Parenchym, welches sich mit Stärkekörnern, jede Zelle mit nur wenigen, aber sehr grossen, dicht vollpfropft. Sobald er vom Mutterspross sich löst, muss er durch sein beträchtlicheres Gewicht sofort im Wasser auf den Grund sinken. Um das Lostrennen zu erleichtern wird der Sprossstiel ansehnlich lang (bis 2 mm) und der Spross grenzt sich sehr scharf von ihm ab, während an den Sommersprossen der Stiel nach vorne etwas verbreitert und der Uebergang zum Sprosskörper weniger schroff wird. Endlich entwickeln sich an den Ueberwinterungsgebilden nur 2—3 Wurzeln,

welche sehr kurz bleiben und auch bei erwachender Vegetation nicht viel länger werden und es nie zu einer dauerhafteren Existenz bringen. Während des Winters liegen die Körperchen nun auf dem Boden der Teiche mit geschlossenen Spaltöffnungen. Im Frühjahr aber sprossen die Seitenaxen hervor, zehren den Stärkegehalt des Mutterkörpers auf, entwickeln Lufthöhlen und steigen so zur Oberfläche auf. Selbst bei Zimmercultur bilden sich die Wintersprosse regelmässig aus, woraus folgt, dass diese biologische Eigenthümlichkeit sich durch stete Vererbung sehr fixirt hat, während bei der Wolffia arrhiza nach Hegelmaier eine Minderzahl von Pflänzchen den Winter über in unverändertem Zustande bei Zimmercultur ausdauert, wenn auch die Mehrzahl zu Boden sinkt, also dieses Gewächs in der genannten Beziehung eine grössere Plasticität an den Tag legt. Spirodela polyrrhiza beginnt schon im Juni mit der Anlegung von Wintersprossen, und die Zahl der eingeschobenen Sommersprosse ist keine constante, sondern wechselt je nach äusseren Verhältnissen. Der Wintersprоss selbst erfährt im Frühjahre nur eine mässige Umgestaltung, er wird beiläufig doppelt so gross und in seinem Inneren weichen an verschiedenen Stellen die Zellen zu unregelmässig begrenzten Luftlücken auseinander.

Dass die beiden genannten Lemnaceen in wärmeren Klimaten keine besonderen Vorkehrungen für den Winter treffen, ist höchst wahrscheinlich; Hegelmaier gibt an, dass Exemplare der letzteren Art, die im November 1867 in Louisiana gesammelt seien, also zu einer Zeit, wo bei uns die Sommersprosse schon längst abgestorben sind, keine Spur von Wintersprossen enthielten.

Ein ähnliches Verhältniss wie zwischen der Hydrilla verticillata und der Elodea canadensis findet nun auch zwischen Wolffia arrhiza und Spirodela polyrrhiza einerseits und den Vertretern der Gattung *Lemna* im engeren Sinne statt, indem nämlich letztere unbeschadet ein grösseres Maass von Kälte zu ertragen vermögen und nicht im Herbste zur Bildung besonderer Wintersprosse schreiten. Vielmehr sind die überwinternden Sprosse namentlich von *Lemna minor* und *trisulca* durchaus von der Form und der

inneren Structur der sommerlichen, nur dass sie im Herbst, wenn die Vegetation zum Abschluss gelangt, sehr gewöhnlich im jugendlichen Zustand und bei geringerer Grösse von ihren verwesenden Muttersprossen sich lösen und alsdann in Form vereinzelter kleiner Individuen den Winter über ausharren; diejenigen von Lemna minor zeigen sehr kurze Wurzeln, sie verbleiben auf dem Wasserspiegel, so lange er nicht zugefroren ist, schwimmend, und Lemna trisulca sinkt ebenfalls nicht zu Boden, wenn auch einzelne Sprosse tiefer hinabsteigen mögen. Es gehen zwar manche Individuen durch die Strenge des Winters zu Grunde, aber die überlebenden nehmen dafür im Frühjahr die Vegetation mit erneuten Kräften auf und vermehren sich durch Sprossung mit ausserordentlicher Schnelligkeit.

Ueberblicken wir kurz die verschiedenen Formen, in welchen die Wassergewächse perenniren, so ist zunächst hervorzuheben, dass sehr viele von ihnen, und zwar vor allem diejenigen submersen Pflanzen, welche grosse fluthende Polster bilden, ohne besondere Vorkehrungen die Winterszeit herannahen und vorübergehen lassen; sie ruhen im Schoosse des umgebenden Wassers vor manchen Unbilden der rauhen Jahreszeit geschützt. Eine andere grosse Gruppe von Hydrophyten scheint an höhere Wärmegrade gebunden zu sein, indem dieselben am Schlusse der sommerlichen Vegetationszeit zur Bildung von Ueberwinterungsorganen übergehen. Einige perenniren mittelst Rhizome, andere mittelst Knollen; am bemerkenswerthesten aber erscheint uns die bei den Landpflanzen nur höchst vereinzelt vorkommende Formation von besonderen Winterknospen oder Hibernakeln, in welcher sich die verschiedenartigsten Vertreter der Wasserflora im Herbste durch Umbildung der Zweigenden unter Verwesung der übrigen Theile des Organismus in gleicher Weise und auf sehr einfache Art umwandeln. Die Hibernakel können leicht und sicher im Schlamme überwintern. Sie tragen auch wesentlich zur Vermehrung und Ausbreitung der Arten bei.

Litteratur.

Mertens und Koch: Röhlings Deutschlands Flora. Frankfurt a. M. 1823—1839.

Döll: Flora von Baden. 1857.

Reichenbach: Icones flor. germ. et helv.

E. Lebel: Callitriche. Soc. Imp. des sc. nat. Cherbourg IX. 1863.

Fr. Hegelmaier: Monographie der Gattung Callitriche. Stuttgart 1864.

A. Braun: Nachtr. Mitth. über die Ggn. Marsilia u. Pilularia. Mtsber. k. Acad. Berlin 1872 Aug.

J. G. Agardh: Wurzelknollen von Potamogeton pectinatus. Öfversigt af Kongl. Vet. Acad. Förhandlingar, Nionde Årgången 1852, Stockholm 1853. Ref. in Flora 1854 p. 755.

E. F. Nolte: Botanische Bemerkungen über Stratiotes und Sagittaria. Kopenhagen 1825.

Th. Irmisch: Kurze botanische Mittheilungen. Flora 1853 p. 528 (Ceratophyllum).

Benjamin: Ueber den Bau und die Physiologie der Utricularien. Bot. Ztg. 1848.

Crouan frères: Observation sur un mode particulier de propagation des Utricularia. Bull. soc. bot. France V. 1858.

F. Kamienski: Vergl. Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Utricularien, Bot. Ztg. 1877 p. 773.

Hausleutner: Cultur der Aldrovandia. Bot. Ztg. 1850 p. 832.

Cohn: Ueber Aldrovandia vesiculosa Monti. Flora 1850 p. 673.

Leybold: Aldrovandia vesiculosa. Flora 1852 p. 403.

R. Caspary: Aldrovandia vesiculosa. Bot. Ztg. 1859 p. 129 ff. und Bot. Ztg. 1862.

B. Stein: Zur Cultur der Aldrovandia. Gartenflora. Stuttgart 1855. Jan.

Th. Irmisch: Bemerk. über einige Wassergewächse. Bot. Ztg. 1859 p. 354 (Myrioph. vert.)

G. A. Chatin: Anatomie comparée des végétaux, Plantes aquatiques. Paris 1857 (Hydrocharis, Sagittaria).

Paul Rohrbach: Beitr. zur Kenntniss einiger Hydrocharideen. Abh. Naturf. Ges. Halle XII. 1871.

R. Caspary: Die Hydrilleen. Pringsh. Jb. wiss. Bot. I. Berlin 1858.

Dr. Clos: Mode de propagation particulier au Pot. crispus. Bull. soc. bot. France 1856 p. 351.

L. C. Treviranus: Vermischte Bemerkungen. Bot. Ztg. 1857 p. 697. (Hibern. von P. crisp., Hydrocharis).

Th. Irmisch: Ueber einige Arten aus der nat. Pflanzenfam. der Potameen. Berlin 1858 (P. nat., lucens, crisp., obtusif., Zan. pal., Ruppia rost.)
F. Hildebrand: Einige Beobachtungen aus dem Gebiete der Pflanzenanatomie. 5. Artikel. Bonn 1861 (Pot. crispus).
B. F. Cöster: Om Potamogeton crispus L. och dess groddknoppar. Botaniska Notiser utg. af O. Nordstedt 1875.
Th. Irmisch: Potamogeton trichoides Cham. et Schlecht. Bot. Ztg. 1859 p. 355.
Th. Irmisch: Zur Naturgeschichte des Potamogeton densus L. Flora 1859.
J. F. Hoffmann: Matériaux pour servir à la connaissance du Lemna arrhiza avec quelques observations sur les autres espèces de ce genre. Ann. sc. nat. Bot. 2 sér. T. XIV. 1840 Paris.
Fr. Hegelmaier: Die Lemnaceen. Leipzig 1868.

Cap. 3.

Verhältniss der vegetativen Vermehrung zur Fructification.

Wir haben erkannt, dass die Wasserpflanzen über sehr ergiebige und reichliche Mittel verfügen, den Organismus auf rein vegetativem Wege von einer Vegetationsperiode zur anderen durch die kalte Jahreszeit hindurch zu geleiten. Gleichzeitig aber tragen die Winterknospen und Knollen auch sehr zur Vermehrung der Wassergewächse bei, wie denn überhaupt diese Pflanzen eine sehr üppige vegetative Vermehrung, welche die Vervielfältigung durch geschlechtlich erzeugte Samen weit zurückstehen lässt, an den Tag legen. Diese Fähigkeit, sich vegetativ zu vermehren, welche am ausgeprägtesten bei den ganz submers lebenden Pflanzen hervortritt, hängt wohl zum grossen Theil mit der im Vergleich zu den Landpflanzen bedeutend vereinfachten Aufnahme der Nährstoffe, des Wassers, der Kohlensäure, der anorganischen Salze zusam-

men, welche direkt aus dem Medium durch Diffusion in die Gewebe gelangen. So ist jeder einzelne kleine Zweig, von der Mutterpflanze losgetrennt, sofort befähigt, weiter zu assimiliren und sich zu einem neuen Individuum zu gestalten. In der That ist eine solche Vermehrung durch Lostrennung von Aestchen, durch Zertheilung der Pflanze in der Natur häufig zu beobachten. Wandert man an unseren etwas stärker strömenden Bächen oder Flüssen entlang, so sieht man sehr oft einzelne durch die Gewalt des Wassers oder sonstige mechanische Eingriffe losgelöste Aeste von *Ranunculus fluitans*, *aquatilis*, *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Callitriche* und anderen noch vollkommen lebensfähig stromabwärts treiben. An ruhigen Ufern und geschützten Stellen werden dann diese Massen zusammengeschwemmt und wir bemerken hie und da leicht, dass sich einzelne schon mittelst langer einfacher Haftwurzeln angesiedelt haben und zu neuen Stöcken heranwachsen. Ich erinnere an unsere *Elodea canadensis*, welche ausserordentlich leicht zerbricht, aber jedes Theilstück zu einer neuen Pflanze ausbildet. Sie hat sich ganz und gar allein auf diese Art in unseren Gewässern mit ausserordentlicher Schnelligkeit vermehrt und verbreitet. Auch *Ceratophyllum* und *Utricularia* kann man zerschneiden und, falls nur eine lebensfähige Knospe in einer Blattachsel noch sitzt, neue Individuen aus ihnen erzeugen. Und ähnlich verhalten sich auch die kleinen Schwimmpflanzen, besonders die *Azollen* und *Lemnen*, die mit ausserordentlicher Geschwindigkeit wachsen, sich in neue Individuen zertheilen und leicht durch Wasservögel von einem Teiche in den anderen verschleppt werden. Die Wasserpflanzen sind eben für die rein vegetative Vermehrung aus dem oben dargelegten Grunde wie geschaffen.

Für die Pflanzenwelt lässt sich im Allgemeinen als Gesetz aufstellen, dass Vegetation und Fructification in umgekehrtem Verhältniss zu einander stehen. Je kräftiger und üppiger erstere sich gestaltet, in desto geringerem Maasse tritt die letztere in die Erscheinung und umgekehrt bedingt eine minder kräftige Vegetation eine Steigerung der Fruchtbildung. Reichliche Fruchtbildung wird

erlangt, wenn man die Vegetation der Wurzeln, des Stammes und der Aeste, der Blätter, der jungen Triebe beschränkt, also wenn man junge Pflanzen frühzeitig verpflanzt und das Wurzelwerk verletzt, wenn man starklaubige Gewächse in engen Töpfen oder steinigem Erdreich zieht, wenn man das Wachsthum der Aeste durch Beugen hindert, die Rinde ringelt u. s. f. In nassen feuchten Jahren ist im Allgemeinen das Laub kräftig entwickelt, die Fruchtbildung indessen bedeutend vermindert. So scheint es fast, als ob vorzugsweise unter bedrängten Verhältnissen die Gewächse zu fructificiren veranlasst würden, indem grade unter solchen Umständen die Erzeugung der für die Erhaltung und Verbreitung der Art nothwendigen Samen besonders gerathen erscheint. Nun sind die Bedingungen, unter denen die submersen und schwimmenden Pflanzen gedeihen, für deren Vegetation sehr günstig. Ihr Wachsthum wird nicht wie gar oft im Hochsommer bei den Landpflanzen durch trockene Zeiten unterbrochen, vorausgesetzt natürlich, dass die Teiche und Bäche ihr Wasser nicht verlieren, in welchem Falle sie grösstentheils kümmerlich als kleine Landformen weiter leben, zum Theil aber auch ganz zu Grunde gehen. Die üppige Vegetation im Wasser scheint nun auch das Zurücktreten der Fructification und die Reduction der Blüthen, wie sie sich bei vielen Wassergewächsen kundgeben, zu bedingen. Es ist bekannt, dass gewisse echte Wassergewächse nur selten Blüthen bilden, sogar wenn im übrigen die Bedingungen zu deren Erzeugung durchaus nicht besonders ungünstige zu nennen sind. *Ceratophyllum* und *Myriophyllum* blühen zuweilen mehrere Jahre hintereinander nicht, *Aldrovandia* gelangt in Europa äusserst selten zur Fructification, sodass ihre Samen noch nicht einmal untersucht werden konnten, *Hydrilla verticillata* erzeugt bei uns nie Blüthen, *Elodea canadensis*, die übrigens auch in Nord-Amerika nur selten zur Samenbildung gelangen soll, nur weibliche, *Jussieua grandiflora*, im südlichen Frankreich eingeschleppt und sehr verbreitet, producirt dort nach Planchon niemals fruchtbare Samen, *Wolffia arrhiza* ist bei uns auch nur als vegetative Pflanze bekannt.

Indessen scheinen noch andere Ursachen das Vor-

wiegen der vegetativen Vermehrungsart mit zu bedingen. Die phanerogamischen Wasserpflanzen leiten sich von Formen ab, deren Befruchtung an der Luft mit Hülfe von Wind und Insecten vollzogen wird. Um nun diesen ererbten Befruchtungsmodus zu ermöglichen, erheben die Wasserpflanzen ihre Blüthen auf mehr oder minder langen Stielen über die Oberfläche des Wassers an die Luft. Nur eine Minderzahl submerser Pflanzen vollzieht die Befruchtung der stark reducirten Blüthen unter Wasser, zeigt also die weitgehendste Anpassung der Blüthen an das Medium. Nun ist es klar, dass bei dem öfteren Wechsel des Niveaus oder bei der bald schwächeren, bald stärkeren Strömung unserer Gewässer für die Wasserpflanzen mit Luftblüthen gar leicht Bedingungen werden eintreten können, unter denen die Ausbildung der Blüthen vollständig zwecklos wäre. Bei zu tiefer Versenkung der Pflanze würden die Blüthen die Oberfläche nicht erreichen, und im Wasser bald unbefruchtet verwesen, in reissenden Bächen und Flüssen würden die zarten Blüthentheile bald durch die Gewalt des bewegten Wassers zerstört sein. Und in der That ist es eine höchst bemerkenswerthe Erscheinung, dass die Wasserpflanzen unter solchen ungünstigen Bedingungen, gleichsam als ob ihnen das Bewusstsein von der Zwecklosigkeit der Blüthenbildung innewohne, überhaupt nicht fructificiren, sondern die rein vegetative Vermehrung vorziehen, um die Erhaltung der Art zu sichern. Es gilt dies auch insbesondere von den amphibischen luftblüthigen Gewässern, die bei zu tiefer Versenkung im Wasser ebenfalls keine Blüthen bilden.

Es sei mir gestattet, eine Reihe diesbezüglicher, in der Litteratur sehr zerstreuter, biologischer Angaben hier zu verzeichnen:

Hippuris vulgaris. „In sehr tiefem oder stark strömendem Wasser fluthet der weiter entblösste Stengel, er bleibt untergetaucht und erscheint ästig, kommt aber nicht zur Blüthe. An der nicht fluthenden Sumpfform mit aufrechten Laubstengeln entstehen die Blüthen in den Blattachseln über dem Wasserspiegel (Döll, p. 1064).

Sagittaria sagittaefolia: Ist das Wasser sehr tief und

doch dabei strömend, der Boden aber schlammig, so bildet sich die Sagittaria selten zu blüthentragenden Pflanzen aus. Sie bleibt untergetaucht und treibt nur Grasblätter, vermehrt sich allein durch Ausläufer und Knollen, also auf vegetative Weise (Nolte, p. 11).

Alisma Plantago verhält sich in gleicher Weise (ibid.)

Juncus supinus bildet eine Varietät fluitans, deren Halme verlängert sind, fluthen, in der Regel nicht fructificiren (Döll, p. 331).

Juncus: Einige Juncus-Arten, welche feuchte Orte lieben, verlauben ihre Inflorescenzen, wenn sie an sehr nassen Orten wachsen, so Juncus lamprocarpus, supinus, bufonius etc. (Döll). Also auch hier wieder ein Ueberwiegen der Vegetation über die Fructification.

Isnardia palustris: Die untergetauchte Pflanze steht aufrecht, blüht aber niemals, ausserhalb des Wassers liegt sie nieder und trägt Blüthen und Früchte (Koch, Synopsis, p. 285).

Littorella lacustris: Am Rande stehender Wasser, wenn das Wasser sich mindert und zurückzieht, so blühet die Pflanze häufig, unter Wasser aber blühet sie niemals (Koch, Syn. p. 704; A. Braun, p. 33).

Elatine Alsinastrum: Wenn die Pflanze die Oberfläche des Wassers nicht erreicht, so behalten alle Blätter die Gestalt der untergetauchten, aber dann bringt sie auch keine Blüthen hervor (Mertens u. Koch III, p. 70).

Sparganium simplex Huds.: Döll (p. 448) fand die Form *β.* natans Gren. u. God. nur in unfruchtbarem Zustande bei Mühlburg und Durlach in Baden.

Callitriche: Nach Hegelmaier hängt es von äusseren Verhältnissen ab, in welcher Höhe der primären oder der Seitenaxen die ersten Blüthen überhaupt auftreten. Unter den amphibischen Arten gelangen Landformen schneller zur Blüthe als schwimmende, während solche, die gar nicht an den Wasserspiegel hervorkommen ohne Blüthen oder wenigstens mit nicht entwickelten Blüthenanlagen getroffen werden.

Potamogeton pectinatus: Die Laubstengel bleiben steril in rasch fliessendem Wasser, während sie sonst an

ihrer Spitze einen Blüthenstand erzeugen (Irmisch, Potam. p. 25).

Potamogeton natans angustatus M. et K. An sehr reissenden Stellen unfruchtbar (Mertens und Koch).

Potamogeton rufescens: Im Lac de Longemer beobachtete Mer (p. 81), dass diese Art da, wo sie in geringer Tiefe wächst, jedes Jahr Blüthen erzeugt, von denen auch die auftauchenden Früchte ansetzen. Der Boden besteht an der betreffenden Stelle aus Sand und Kies und die Vegetation der Pflanze ist weniger kräftig als an zwei anderen Stellen, wo sie ca. 1 bis 2 m unter dem Niveau auf Schlammboden gedeiht. An letzterem Standort erzeugt sie nie Blüthen und Früchte.

Die wasserbewohnenden Archegoniaten verhalten sich in analoger Weise wie die phanerogamischen Wassergewächse, indem auch bei ihnen die Fructification im Wasser bedeutend zurücktritt, theils weil in diesem Medium günstigere Bedingungen für eine erhöhte Vegetation statthaben, theils weil sich im Wasser der Befruchtungsvorgang nicht in der Weise wie bei den Landarchegoniaten abspielen kann. Das letztere gilt besonders für die Moose. Die Angaben über die Fructificationsbedingungen dieser Cryptogamen seien hier ebenfalls kurz zusammengestellt:

Riccia natans: Fructificirt sehr selten und ist meist steril bekannt. Beim Austrocknen des Wassers bildet sich *γ terrestris* Lindbg. mit strahligem Wuchs. Diese Form entwickelt in der Regel Früchte (Limpricht p. 351).

Riccia fluitans: Die Wasserform bleibt steril, während die Landform *canaliculata* Hoffm. reichlich Früchte erzeugt. Auch Uebergangsformen an periodisch trocken liegenden Orten fructificiren reichlich (ibid. p. 352).

Dichelyma falcatum: Im Wasser und an periodisch bewässerten Steinen, Wurzeln und Baumzweigen, ausserhalb des Wassers fructificirend (ibid. p. 106).

Fontinalis antipyretica: An Steinen und Wurzeln in fliessenden und stehenden Gewässern sehr gemein. Fructificirt wie die übrigen Arten von Fontinalis zumeist in periodisch austrocknenden Gewässern (ibid.)

Hypnum: Die amphibischen Hypna scheinen im all-

gemeinen reicher und öfter in den Luftformen zu fructificiren, als in den fluthenden. Letztere sind bei einigen sogar ganz steril, so bei Hypnum commutatum Hedw. und H. intermedium Lindb. (ibid.)

Pilularia globulifera: In tiefem Wasser ohne Früchte.

Marsilea quadrifolia: Nach Hildebrand pflanzen sich die im Wasser erzogenen Schwimmformen fabelhaft rasch auf ungeschlechtlichem Wege fort. Sie fructificiren bei hohem Wasserstande nicht. Reichliche Früchte erzielt man nach Hoffmann durch Cultur auf Schlammboden (vgl. auch Döll p. 88).

Isoëtes: Göbel (Bot. Ztg. 1879) beschreibt Exemplare von Isoëtes lacustris und echinospora, welche im See von Longemer in den Vogesen in grösserer Tiefe erwachsen waren und welche entweder steril waren oder an Stelle der Sporangien auf rein vegetativem Wege junge Isoëtespflänzchen erzeugt hatten. Diese Bildung erwies sich keineswegs als gelegentliche Missbildung, denn unter den untersuchten Exemplaren fanden sich Büsche von jungen Pflanzen, die bei näherer Untersuchung zeigten, dass sie ausschliesslich auf die erwähnte Weise entstanden waren und die auf ihren Blättern wiederum Sprossanlagen an Stelle der Sporangien zeigten. In grösserer Tiefe ersetzt also die vegetative Vermehrung die geschlechtliche.

Abgesehen von den oben dargelegten Gründen muss noch ein anderer Umstand berücksichtigt werden, welcher das Ueberwiegen der vegetativen Vermehrung mitzubedingen scheint. Die Samen resp. Sporen der Wassergewächse finden in der Natur durchaus nicht leicht die zur günstigen Entwicklung der Keimpflanze nöthigen Bedingungen. Viele gelangen in zu grosse Tiefen, wo der Lichtmangel den Untergang des Keimlings bewirkt, viele werden im Winter auf trockene sandige Ufer geschwemmt, wo sie sich nicht entwickeln können, viele gelangen in Bäche oder Flüsse mit reissendem Wasser, welches die Keimpflänzchen wegführt und nur ein sehr geringer Procentsatz von Keimpflänzchen wird an günstigen Standorten gedeihen können. Die rein vegetative Vermehrung durch Ausläufer, losgerissene Zweige, Knospen und Knollen sichert dagegen bei

den Wasserpflanzen in viel höherem Maasse die Erhaltung der Art.

Alle die im obigen dargelegten Momente mögen zusammengewirkt haben, um die geschlechtliche Reproduction zu Gunsten der vegetativen zurückzudrängen.

Litteratur.

Mertens und Koch: Röhlings Deutschlands Flora. Frankfurt.

Koch: Synopsis der deutschen u. schweizer Flora. Leipzig 1846.

Döll: Flora von Baden. Carlsruhe 1857.

Dr. A. Henschel: Von der Sexualität der Pflanze. p. 424. Breslau 1820.

F. Ludwig: Ceratophyllum demersum, eine zweite Elodea. Irmischia, Correspdzbl. 1881.

R. Caspary: Die Hydrilleen. Pringsheims Jahrb. I. Berlin 1858.

R. Caspary: Aldrovandia vesiculosa. Bot. Ztg. 1859 u. 1862.

E. F. Nolte: Botanische Bemerkungen über Stratiotes und Sagittaria. Kopenhagen 1825.

A. Braun: Bemerkungen über Isoëtes (Littorella lac.). Flora 1847. p. 33.

F. Hegelmaier: Monographie der Gattung Callitriche. Stuttgart 1864.

Th. Irmisch: Ueber einige Arten aus der natürlichen Pflanzenfamilie der Potameen. Abh. nat. Ver. Prov. Sachsen u. Thüringen II. Sonderabdruck. Berlin 1858.

E. Mer: De quelques nouveaux exemples relatifs à l'influence de l'hérédité et du milieu sur la forme et la structure des plantes. Bull. soc. bot. France 1882. XXIX.

K. G. Limpricht: Laub- u. Lebermoose in Cohn: Kryptogamenflora von Schlesien I. Breslau 1876.

Lindenberg: Monographie der Riccieen. Nova Acta Acad. Leop. XVIII. 1836.

F. Hildebrand: Ueber die Schwimmblätter von Marsilea und einigen anderen amphib. Pflanzen. Bot. Ztg. 1870.

K. Göbel: Ueber Sprossbildung auf Isoëtesblättern. Bot. Ztg. 1879.

Cap. 4.

Blüthengestaltung und Befruchtungsvorgänge bei den Wasserpflanzen.

Klima und Standort beeinflussen erfahrungsgemäss in hohem Maasse den Habitus, die Gestaltung von Blatt und Stamm der Gewächse, nicht aber die Blüthenform. Glieder derselben Pflanzenfamilie, welche in den trockensten Regionen unseres Erdballs ihr Dasein fristen, behalten trotz der abweichendsten Gestalt und Structur des Laubes doch den nämlichen Typus der Blüthe bei, wie solche, die an feuchten Stellen gedeihen. Es beruht diese Erscheinung auf dem Prinzip der Arbeitstheilung, welches die ernährende Thätigkeit der Blattregion zuweist, die sexuellen Vorgänge aber in solchen Organen sich abspielen lässt, welche von den Blättern aus die zu ihrer Entwicklung nothwendigen Stoffe geliefert erhalten und somit dem umgestaltenden Einflusse des Standorts und Klimas im Allgemeinen entzogen sind. Die einzigen specielleren Anpassungen der Blüthen an die äusseren Bedingungen erkennen wir in den Schutzeinrichtungen gegen übermässige Transpiration in sehr trockenen Regionen. So lässt sich die starre Bürstenform der bunten Blüthenstände der australischen Acacien, Proteaceen und Myrtaceen als eine durch das trockene Klima dieses Erdtheils bedingte Blüthengestaltung auffassen.

Bei den wasserliebenden Kräutern dagegen liegen die Verhältnisse infolge der von der Luft verschiedenen Eigenartigkeit des Mediums anders. Die Phanerogamen sind Gewächse, welche im Gegensatz zu den Cryptogamen die Befruchtung in der Luft vollziehen. Wenn also eine phanerogame Pflanze schwimmende oder submerse Lebensweise annimmt, so wird sich in ihr das ererbte Bestreben documentiren, ihre Blüthen in die Luft über das Wasserniveau zu erheben, sie dort zu entfalten und den Insecten oder

dem Winde zur Vermittlung der Befruchtung zugänglich zu machen, oder es werden sich besondere Einrichtungen herausbilden, durch welche die Befruchtung an der Wasseroberfläche durch schwimmenden Pollen vollzogen werden kann. Eine ganze Reihe von Vertretern der Wasserflora, alle Schwimmpflanzen und viele submerse Gewächse verhalten sich in dieser Weise. Die typischen submersen Pflanzen, welche einen tief gehenden Einfluss des Mediums auf die vegetativen Theile verrathen, zeigen indessen einen allmähligen Uebergang von Luftblüthen zu untergetauchten, an denen die Befruchtung ganz unter Wasser ohne Hülfe der Insecten vor sich geht. Der Einfluss des Mediums hat also bei diesen Gewächsen nach und nach die vererbte Tendenz überwunden und sogar die Blüthenbildung und Befruchtung den veränderten Bedingungen angepasst. Diese Umgestaltung ist verbunden mit einer Reduction des Schauapparats bis zu völligem Schwunde, denn unter Wasser ist ein solcher nutzlos. So sehen wir denn, dass die submersen Blüthen ausserordentlich einfach gebaut sind und schliesslich nur noch aus einzelnen Carpiden oder Staubblättern, sogar ohne jegliches Perigon in den einfachsten Fällen, bestehen. Die Reduction der sexuellen Blüthentheile ist aber nicht allein als directes Resultat der umgestaltenden Einwirkung des Mediums aufzufassen, sondern wir müssen auch berücksichtigen, dass überhaupt bei Wassergewächsen ein Zurücktreten der Fructification zu Gunsten der rein vegetativen Vermehrung und Erhaltung statthat und dass auch dadurch die Vereinfachung der Blüthen herbeigeführt wird.

Wir wollen nach obigen Gesichtspunkten die bunte Reihe der Blüthen der Wassergewächse in Gruppen zu ordnen versuchen und die vielfachen speciellen Anpassungen besonders an die submerse Befruchtungsweise kurz hervorheben.

1. Wir beginnen mit denjenigen Blüthen, welche einen mehr oder weniger entwickelten Schauapparat besitzen, an der Luft durch Vermittlung der Insecten befruch-

tet werden und also am wenigsten von der gewöhnlichen Blüthenbildung der Phanerogamen abweichen. Zu dieser Gruppe gehören die Blüthen von

Nymphaea.
Nuphar.
Limnanthemum nymphaeoides.
Trapa natans.
Alisma natans.
Hydrocharis morsus ranae.
Stratiotes aloides.
Polygonum aquaticum.
Batrachium.
Utricularia.
Lobelia Dortmanna.
Hottonia palustris.
Aldrovandia vesiculosa.

Die Blüthen dieser Wassergewächse ragen einzeln oder zu Blüthenständen vereint über die Oberfläche des Wassers hervor und entfalten sich an der Luft. Die Anpassung an das Medium erstreckt sich im Wesentlichen nur auf die Blüthenstiele resp. die Inflorescenzaxen, indem dieselben sehr lang ausgebildet sind. Ihre Länge richtet sich im Allgemeinen nach den verschiedenen Wassertiefen, sie kann unter Umständen, so an den in tiefen Seeen gedeihenden Nymphaeaceen, ein ganz ausserordentliches Maass erreichen. An einigen der genannten Pflanzen lassen sich auch Einrichtungen erkennen, welche zur Erhaltung der aufrechten Stellung der Blüthenträger mithelfen. Zunächst sind die Blüthenschäfte specifisch leichter als Wasser infolge der in den Luftcanälen ihres Rindenparenchyms enthaltenen Luft. Bei Hottonia ist es die quirlige Anordnung der an der Basis des Blüthenschaftes entspringenden Zweige der Pflanze, welche demselben einen Halt nach allen Seiten hin gibt. Die Inflorescenzaxe der Utricularien entspringt stets auch da, wo mehrere Aeste abgehen. Bemerkenswerth ist ferner, dass bei Ranunculus aquatilis und fluitans unter Umständen das oberste Blatt des mit einer auftauchenden terminalen Blüthe abschliessenden, fertilen Stengels, das sogenannte Gegenblatt zu einem nierenförmigen Schwimmblatt sich gestaltet. Freilich treten die Schwimmblätter nicht überall beim Blühen auf und fehlen auch dem Ranunculus divaricatus gänzlich, allein selbst wenn das Gegenblatt submers und zerschlitztblättrig ist,

trägt es immerhin zur Stütze des Blüthenstiels bei. Leider sind bis jetzt die Bedingungen der Schwimmblattbildung noch nicht vollständig aufgeklärt.

Es fällt uns ferner auf, dass die überwiegende Mehrzahl der obigen Blumen durch weisse und gelbe, einige auch durch röthliche Farben ausgezeichnet sind. Blau finden wir nur an der Lobelia Dortmanna ausgeprägt, aber auch nur schwach, indem der obere Theil der Krone weisslich gefärbt erscheint. Man könnte vermuthen, dass das Vorherrschen der grellen Farben die biologische Bedeutung habe, die Blüthen auf der bläulich erscheinenden Wasserfläche leicht sichtbar zu machen und den Insecten besser in die Augen springen zu lassen. Allerdings lässt sich einwenden, dass weiss und gelb die gewöhnlichsten Blüthenfarben sind und dass es exotische Nymphäen mit blauen Blüthen giebt.

Es ist klar, dass bei der Veränderlichkeit der äusseren Bedingungen der Wassergewächse sehr leicht der Fall eintreten kann, dass die Blüthen einiger der genannten Pflanzen infolge hohen Wasserstandes oder starker Strömung nicht zur Oberfläche gelangen und ihre Blüthentheile entfalten können. Für Ranunculus aquatilis und Alisma natans ist nun nachgewiesen, dass in solchen Fällen Kleistogamie, also Selbstbefruchtung eintreten kann. Die Bestäubung geschieht in dem kleinen Luftraum, welcher sich zwischen den geschlossenen Blüthenhüllen gebildet hat. Freilich ist es sehr wahrscheinlich, dass diese Pflanzen durch fortgesetzte Kleistogamie sich nicht erhalten werden, denn letztere ist eine Ausnahmeerscheinung. Uebrigens verhalten sich Subularia aquatica und Illecebrum verticillatum bei submerser Lebensweise ganz ähnlich.

2. An diese erste Gruppe reihen sich ohne weiteres einige Wasserpflanzen an, welche ihre Blüthenstände, resp. Einzelblüthen gleichfalls an die Luft über den Spiegel erheben, indessen keinen Schauapparat zur Anlockung fliegender Insecten entwickeln, sondern an Befruchtung durch den Wind oder durch über den Wasserspiegel laufende

Insecten (Hydrometriden etc.) angepasst sind. Diese Blüthen führen dann innerhalb der Gattung Callitriche zu solchen mit submerser Bestäubung.

Myriophyllum taucht zur Blüthezeit seine terminalen Blüthenähren aus dem Wasser empor, an deren Axe die kleinen unscheinbaren Blüthchen, in den Achseln kleinerer oder grösserer Bracteen entspringen, zu oberst männliche, unten weibliche. Die Anpassung an anemophile Befruchtung erkennen wir in der Gestaltung der langen und grossen Antheren, welche auf zarten schwanken Filamenten schaukeln. Nach der Befruchtung tauchen die Aehren zur Fruchtreife wieder unter.

Potamogeton schliesst sich an Myriophyllum an. Die grösseren Arten, vor allem die schwimmenden, wie natans etc., besitzen ziemlich reichblüthige und lange Aehren an dicken Stielen, zu deren Aufrechthaltung wesentlich die sog. folia floralia beitragen; es sind dies die beiden obersten dicht zusammengerückten und somit gegenständig gewordenen Blätter der fertilen Triebe, welche im übrigen nur abwechselnde Blätter tragen (Ausnahme macht nur P. densus mit lauter gegenständigen Blättern).

Wie im Habitus und in der anatomischen Structur bilden die Potamogetonen auch in der Blüthengestaltung eine lange Reihe, welche mit den reichblüthigen langen Aehren des P. natans, dem Hauptvertreter der schwimmenden Arten beginnt und zu immer armblüthigeren und kürzeren nur wenig auftauchenden Aehren derjenigen Arten führt, welche am meisten der submersen Lebensweise angepasst sind, gar keine Schwimmblätter mehr bilden, einfache axile Stränge im Stengel besitzen und schmal lineale, zarte Blätter tragen. Pot. pusillus erzeugt nur noch kleine, gewöhnlich vierblüthige Aehrchen und P. trichoides hat sogar in jeder Blüthe nur noch einen einzigen Fruchtknoten, während die typische Zahl der Carpiden vier beträgt. So macht sich also hier eine allmählige Reduction der Blüthen geltend, welche bei den Wasserpflanzen mit typisch submersen Blüthen ihr Endziel erreicht, indem die Extreme schliesslich Blüthen besitzen, welche nur aus einzelnen

Sexualorganen, einem einzigen Stamen, resp. einem einzigen Fruchtknoten bestehen.

Einige Arten von Potamogeton wie P. pectinatus, marinus, zosteraceus erheben ihre Aehren nicht über Wasser, sie besitzen vielmehr lange, dünne auf dem Wasser horizontal schwimmende Inflorescenzen, an denen die Blüthchen von einander entfernt sitzen. Letztere werden einzeln zur Zeit der Geschlechtsreife über den Spiegel erhoben und ragen nur wenig in die Luft hervor (vergl. Abb. bei Reichenbach. Icon. VII).

Die schwimmenden Formen der Gattung *Sparganium* erheben ihre anemophilen Blüthenköpfchen gleichfalls über Wasser.

Auch die *Lemnaceen* reihen sich hier an. Ihre winzigen kleinen, bei der untergetauchten L. trisulca an besonderen schwimmenden Sprossen erzeugten Blüthen sind proterandrisch und werden wohl kaum mit Hülfe des Windes, sondern durch Wasserinsecten, welche auf dem Lemnarasen umherlaufen, also vor allem von Velia- und Hydrometra-Arten befruchtet. Staubgefässe und Griffel ragen nur wenig über das Wasser empor. Characteristisch ist, dass die Exine kleine Stachelchen trägt, mit denen die Pollenkörner leicht an den Insecten anhaften können.

Die Gattung *Callitriche* vermittelt in klarer Weise den Uebergang der Luftblüthen zu solchen mit submersem Befruchtungsmodus. Sie gliedert sich in zwei Sectionen, in Eucallitriche, welche unsere gewöhnlichen amphibischen Arten umfasst und die Befruchtung an der Luft sich abspielen lässt und in Pseudocallitriche, deren Vertreter sich ganz exclusiv der submersen Lebensweise angepasst haben.

Die monöcischen Blüthen aller Arten sitzen einzeln in den Blattachseln und sind höchst einfach gebaut, indem die männlichen aus einem einzigen Staubgefäss, die weiblichen aus einem einzigen Fruchtknoten, der sich aus zwei Carpiden zusammensetzt, bestehen. Am Grunde der Sexualorgane befinden sich in der Regel zwei zarthäutige, durchscheinende, sichel- oder mondförmige Vorblättchen, welche ihre concave Seite den zugehörigen Antheren resp. Fruchtknoten zukehren. Sie ermangeln der C. autumnalis vollständig.

Was die Vertheilung der Blüthen an den Axen betrifft, so sind in der Regel die zuerst entwickelten weiblich, die späteren männlich, daher jene in den unteren, diese in den oberen Blattachseln. In der Uebergangsregion sitzt häufig an einem Knoten eine männliche und eine weibliche Blüthe. Bei C. autumnalis wechseln nicht selten mehrere weibliche und männliche Stengelregionen mit einander ab. Durch diese Art der Blüthenvertheilung wird selbstredend die Bestäubung der Blüthen mit Pollen von anderen Axen begünstigt.

Es hängt von äusseren Verhältnissen ab, ob eine Axe überhaupt zum Blühen gelangt resp. in welcher Höhe die ersten Blüthen erscheinen. Die Landformen der amphibischen Eucallitrichen fructificiren stets reichlich, Irmisch[1]) fand an solchen der C. verna bisweilen sogar schon in der Achsel des einen Laubblattes des ersten auf die Keimblätter folgenden Paares, sowie des einen oder auch beider Blätter des ersten Paares der Cotyledonarsprosse Blüthen. An den Wasserformen erscheinen die ersten Blüthen in höheren Regionen, vor allem in den Achseln der zu Rosetten vereinten Schwimmblätter, während in tiefem Wasser stets submers gedeihende häufig gar keine Blüthen tragen, also rein vegetativ sich erhalten. Nach Hegelmaier zeigt übrigens in Fällen der letzteren Art eine genaue Untersuchung der Blattachseln öfters angelegte, aber in der Entwicklung gehemmte Blüthen.

Die Anthere der männlichen Blüthe ist vierfächerig und besitzt eine aus zwei Zelllagen bestehende Wandung, von denen die äussere eine Art Epidermis bildet, die innere aber sich aus polygonalen in der einen Flächenrichtung in die Länge gezogenen und dabei öfters etwas wurmförmig gewundenen Zellen, welche den grössten Theil der Dicke der Antherenwandung bilden, zusammensetzt. Diese letzteren Zellen greifen mit ihren Winkeln aufs mannigfaltigste in einander ein, lassen aber dabei eine Dehiscenzlinie frei, längs welcher die Zellwände grade verlaufen. Bei den luftblüthigen Eucallitrichen repräsentirt diese Zelllage die

1) Bot. Ztg. 1859. Nr. 52.

Faserschicht, indem an ihren Zellen leistenartige Wandverdickungen auftreten, welche wie bei den in der Luft sich öffnenden Antheren wesentlich an dem Mechanismus des Aufspringens betheiligt sind. Bei C. hamulata sind nach Hegelmaier die Fasern bisweilen nur spurweise angedeutet. Derartige Antheren springen in der Regel nicht auf, sondern gehen ungeöffnet durch Zersetzung zu Grunde. Anders ist dagegen die zweite Zelllage der Antherenwandung bei C. autumnalis gestaltet und wir erkennen darin eine specifische Anpassung an die submerse Befruchtungsweise. Die Dehiscenzlinie ist angelegt, die sie bildenden Zellen zeichnen sich vor allen anderen derselben Schicht durch ihre geringen Flächendurchmesser aus und bilden von der Fläche gesehen kleine Rechtecke. Die Verdickungsfasern fehlen vollständig, was darauf hinweist, dass ein anderer Factor beim Aufspringen betheiligt sein muss als bei den Luftantheren. Ich vermuthe, dass bei den unter Wasser sich öffnenden Antheren eine stark aufquellende Substanz, die von der Tapetenschicht herrühren mag, die Wandung an der Dehiscenzlinie sprengt; doch bedarf dieser Punkt noch näherer Untersuchung.

Wie alle Pollenkörner von Pflanzen mit submerser Befruchtung besitzen auch die von C. autumnalis nur eine einzige zarte, farblose, sich in starker Schwefelsäure alsbald auflösende Membran, während die Eucallitrichen ihre Pollenkörner ausserdem noch mit einer gelb bis gelbbraunen Exine umkleiden, welche nicht in Schwefelsäure löslich ist. Indessen fand Hegelmaier bei C. hamulata auch bisweilen Pollenkörner ohne Exine und hält es für wahrscheinlich, dass sich dieselben unter Wasser entwickelt hätten. Ganz ausgeschlossen ist es ja durchaus nicht, dass unter Umständen die Eucallitrichen auch unter Wasser einmal die Befruchtung vollziehen. Hegelmaier hebt die grosse Resistenz wohlausgebildeter Pollenkörner der Eucallitrichen gegen Wasser hervor; 14 Tage lang in solchem liegen gelassen, zeigen sie keine sichtbare Veränderung, eine Eigenschaft, die der Befruchtung schwimmender Formen wohl öfters zu Statten kommt.

Bei C. autumnalis gelangen die Pollenkörner, welche

nach Jönsson ölhaltig sind und leichter als Wasser, durch die Bewegungen des Wassers zu den Narben, bei den Eucallitrichen mag die Uebertragung durch Insecten, welche über die Rosetten laufen, vielleicht auch durch aufliegende Kerfe, vielleicht auch durch den Wind geschehen.

3. Eine weiter gehende Anpassung an das Leben der Pflanze im Wasser erkennen wir in der Gestaltung und Befruchtungsweise der Hydrocharideen Vallisneria, Hydrilla, Elodea, denen sich auch die oceanische Meeresphanerogame Enhalus, zur selben Familie gehörig, anschliesst, — wenn wir diese Gattungen mit der durch insectophile Blüthen ausgezeichneten Stratiotes oder mit Hydrocharis vergleichen.

Vallisneria spiralis erzeugt weibliche und männliche Blüthen getrennt auf verschiedenen Pflanzen. Die ersteren entspringen stets einzeln aus den Achseln der submersen bandförmigen Blätter und erheben sich auf langen, sehr dünnen und zarten, in weiten Spirallinien aufsteigenden Blüthenstielen bis zum Wasserspiegel, auf welchem sie in horizontaler Lage schwimmen. Am Grunde umgiebt den Blüthenstiel eine aus zwei verwachsenen Phyllomen gebildete Spatha, welche die junge Blüthenknospe schützend einhüllt. Die weibliche Einzelblüthe besitzt einen langgestreckten, dünnen und röhrigen, wagerecht schwimmenden Fruchtknoten, aus drei Carpiden bestehend und in seiner basalen Höhlung eine grosse Anzahl wandständiger Ovula tragend, während am oberen Ende der kleine, dreiblättrige Kelch, die drei häutigen, unscheinbaren Kronzipfelchen, sowie die drei grossen, rothbraunen, herzförmigen Narben entspringen.

An Stelle der Einzelblüthe erblicken wir am männlichen Individuum, von der gleichfalls zweiblättrigen Spatha umschlossen, einen gedrungenen, etwas plattgedrückten Kolben, welcher mit einer Unzahl kurzgestielter Blüthchen besetzt ist. Jedes derselben sitzt auf einem haarförmig dünnen Stielchen und vermag sich leicht abzulösen, indem an dessen oberem Ende eine Zone rundlicher Zellen, welche

die Lostrennung vermitteln, zur Ausbildung gelangt. Drei freie, aber zusammenschliessende Kelchblättchen hüllen die männliche Blüthe fest ein, auf diese folgen alternirend drei kleine schuppenartige Gebilde und endlich drei oder auch zwei terminal stehende Staubgefässe. Ist der Pollen herangereift, so lösen sich die männlichen Blüthen ab, steigen mit Hülfe der im Inneren enthaltenen Luft geschlossen auf, öffnen sich an der Oberfläche des Wassers durch Zurückrollung des Kelches, und schwimmen wie winzige Schiffchen um die Narben herum. Dabei stehen die Stamina starr und hervorgestreckt über dem zurückgerollten Kelch. Der Pollen ist sehr gross und klebrig, sodass die Körner eins am anderen haften bleiben und nicht aus der Anthere herausfallen können. Indem die Blüthchen vom Winde auf dem Wasserspiegel hin und her getrieben werden, berührt die eine oder andere hervorgestreckte Anthere die Narben und gibt sofort einen Theil des klebrigen Pollens an dieselben ab. Nach vollzogener Befruchtung rollt sich der weibliche Blüthenstiel wieder ein, um die Frucht unter Wasser reifen zu lassen.

Diese seltsame Blüthengestaltung und Befruchtungsweise sichert trotz der submersen Lebensweise des Gewächses die Wechselbefruchtung und dürfte sich wohl als eine der interessantesten Anpassungen der Wassergewächse überhaupt darstellen.

Enhalus acoroides, eine im indischen Ocean vegetirende Meeresphanerogame, soll hier erwähnt werden, weil sie sich vollständig bezüglich der Befruchtungsart an Vallisneria anschliesst. Von den zweihäusigen Blüthen sitzen die männlichen in grosser Zahl auf einer kurzen Inflorescenzaxe, lösen sich leicht von dem sie tragenden Stielchen los, schwimmen dann auf der Meeresoberfläche und befruchten die weiblichen, einzelstehenden und langspiralig gestielten Blüthen, aus denen sich nachher eine wallnussgrosse, mit kammförmigen Schuppen bedeckte Frucht bildet.

Auch bei den Vertretern der Gruppe der Hydrilleen Casp. treffen wir auf ähnliche Einrichtungen.

Elodea canadensis erzeugt bekanntlich bei uns nur weibliche Blüthen und vermehrt sich ausschliesslich auf

rein vegetativem Wege. In ihrem Heimathlande Nord-Amerika dagegen finden sich auch die männlichen und sogar hermaphrodite Blüthen, obwohl auch dort reife Samen zu den Seltenheiten gehören. Die Zweige der Elodea vegetiren mehr oder weniger tief unter der Wasseroberfläche und es müssen Einrichtungen getroffen werden, um dennoch die Befruchtung an der Luft zu ermöglichen. Im Gegensatz zu Vallisneria sind die weiblichen Blüthen sitzend und es ist allein der unterständige Fruchtknoten, der sich über seiner basalen, die Samenknospen enthaltenden Höhlung bedeutend zu einem dünnen Stiel ausstreckt, um derart die Blüthentheile, vor allem die Narben zur Wasseroberfläche emporzuführen. Der fadenförmig verlängerte Theil erreicht bis zu acht Zoll und darüber Länge und trägt oben die schwimmend sich öffnende kleine Blüthe, welche drei Sepala, drei Petala, drei weissliche, fädige Staminodien und drei oblong lineale, flache, mit abgerundeter Spitze versehene Stigmata erkennen lässt. An der Basis umschliesst wiederum eine Spatha aus zwei verwachsenen Phyllomen den unteren Theil der Blüthe.

Die kleinen, sitzenden, männlichen Blüthen besitzen neun Antheren, sind in eine einblüthige, eiförmige bis elliptische Spatha eingeschlossen und lösen sich zur Zeit der Befruchtung wie bei Vallisneria los, um auf dem Wasser umherzuschwimmen und jene zu vermitteln.

Die hermaphroditen Blüthen gleichen den weiblichen, abgesehen davon, dass an Stelle der Staminodien fruchtbare Staubgefässe stehen.

Leider fehlen bis jetzt noch genauere Untersuchungen über den eigentlichen Befruchtungsact und die Beziehungen der dreierlei Blüthenformen untereinander, doch ist vorabzusehen, dass bei den getrennt geschlechtlichen die Befruchtungsweise vieles mit derjenigen von Vallisneria gemeinsam hat.

Noch weniger sind wir über den Blüthenbau und die Befruchtung der *Hydrilla verticillata* informirt, welche bei uns, im Dammschen See bei Stettin, überhaupt noch nicht blühend oder fruchtend aufgefunden worden ist. Die Blüthen sind nach Caspary's dankenswerther Arbeit über die

Hydrilleen monöcisch (oder diöcisch?), die männlichen kurz gestielt, in einer sitzenden, fast kugeligen, am Scheitel zweiklappig aufbrechenden, einblüthigen Spatha eingeschlossen und mit drei Kelchblättchen und drei Staubgefässen versehen. Die Spatha der weiblichen Blüthe ist sitzend, röhrig, mit zweizähniger Oeffnung, einblüthig und umschliesst die Basis der sitzenden weiblichen Blüthe, deren Fruchtknoten fadenförmig verlängert ist und oben die Blüthentheile trägt, welche ähnlich wie bei Elodea, abgesehen von den mangelnden Staminodien gestaltet zu sein scheinen. Höchstwahrscheinlich vollzieht sich die Befruchtung in derselben Weise wie bei der Elodea.

Zu derselben Gruppe wie die genannten Hydrocharideen gehört auch die Potamee *Ruppia spiralis* Dum. (R. marit. L. ex p.), indem bei ihr die Befruchtung ebenfalls durch schwimmenden Pollen vor sich geht[1]). Die Sexualorgane sind auf einem constant zweiblüthigen Spadix angeordnet. Die Blüthen ermangeln eines Perigons und bestehen nur aus vier Carpellen und zwei biloculären Antheren. Jeder Spadix hat nun zwei zeitlich verschiedene Stadien, ein männliches und ein weibliches. Im ersten ist er kurz, ragt kaum aus der Scheide seines Tragblattes hervor und trägt in seinen Blüthen reife Antheren, welche aufspringen und die cylindrisch-knieförmig gestalteten Pollenkörner entleeren. Letztere steigen infolge ihres leichten Gewichtes sofort zur Meeresoberfläche auf. Kaum haben die Antheren allen ihren Pollen entleert, so erfolgt ein rasches und enormes Strecken des Spadixstieles, um die jetzt empfängnissfähig werdenden Fruchtknoten zur Wasseroberfläche zu erheben. Es verlängert sich nicht nur der Spadixstiel, sondern sogar auch der Gynophor eines jeden Carpells. Aehnlich wie der Blüthenstiel der Vallisneria windet sich der Spadixstiel der Ruppia spiralis spiralig nach oben und der Spadix zeigt im zweiten Stadium ein ganz anderes Aussehen als im ersten. An der Wasseroberfläche schwimmt der Pollen in beträchtlicher Menge und wird vom Winde leicht zu den Narben getrieben. Selbst-

1) Abbildung in Reichenbach, Icones VII. Tafel XVII.

befruchtung ist offenbar hier ausgeschlossen und Dichogamie nothwendig, indem die Spadices ausgeprägt proterandrisch sich verhalten.

Die nahe verwandte *Ruppia rostellata* hat ganz übereinstimmenden Blüthenbau und verlängert auch im weiblichen Stadium die Gynophoren und den Spadixstiel; letzterer bleibt aber viel kürzer und windet sich nicht wie bei R. maritima spiralig auf, sondern ist grade. Die Befruchtung wird höchstwahrscheinlich durch schwimmenden Pollen vollführt. Genaue Beobachtungen darüber fehlen indessen.

Auch von *Zannichellia palustris* ist die Befruchtungsweise noch nicht recht aufgeklärt. Sie besitzt einhäusige und einzeln stehende Blüthen, von denen die männlichen je aus einem einzigen, nackten, extrorsen, dithecischen Staubgefäss bestehen und somit eine sehr weitgehende Reduction der Phanerogamenblüthe bezeichnen; die weiblichen besitzen ein glockenförmiges Perigon und vier freie Carpiden, welche kurzgestielt sind und einen kurzen Griffel mit schiefschildförmiger Narbe tragen. Das Blühen scheint an der Oberfläche des Wassers, und die Befruchtung durch schwimmenden Pollen sich zu vollziehen. Die Früchte dagegen reifen unter Wasser. Ob auch submerse Bestäubung unter Umständen eintreten kann, ist noch fraglich. Nach Fritzsche fehlt den Pollenkörnern der Zannichellia wie auch der Ruppia die Exine.

4. Bevor wir die Wasserpflanzen mit submerser Befruchtungsweise einer Betrachtung unterziehen, wollen wir kurz die Hauptpunkte anführen, in denen besondere Anpassungen für diesen Vorgang sich offenbaren. Da ist denn zunächst hervorzuheben, dass die Pollenkörner alle nur mit einer zarten Membran bekleidet sind; eine Exine als Schutz gegen Austrocknen, Stachelbildungen zum Anheften an Insecten etc. sind überflüssig. Die Antheren springen ferner anders unter Wasser auf wie an der Luft, es bildet sich keine Faserschicht aus; freilich sind die Factoren, die das Aufspringen in diesem Falle bewirken, noch unbekannt. Zur Erleichterung des Auffangens der Pollenkörner durch

die Narben werden entweder beide Theile fadenförmig gestaltet, wie bei Zostera etc., oder doch wenigstens die Narben, wie bei Ceratophyllum, Najas etc.

Wir erwähnen von submers sich befruchtenden Wassergewächsen zunächst die *Ceratophyllum*-Arten. Sie sind einhäusig. Die stiellosen männlichen und weiblichen Einzelblüthen sitzen gewöhnlich getrennt in verschiedenen Blattquirlen; erstere enthalten innerhalb eines vieltheiligen, aus linealen Blättchen bestehenden Perigons 12—16 fest sitzende Antheren und erzeugen somit eine bedeutende Menge von Pollenkörnern, eine Erscheinung, welche ja auch an den anemophilen Blüthen sich bemerkbar macht und welche zur Sicherung der Befruchtung wesentlich beiträgt. Die weibliche Blüthe trägt in einem 9—11 blättrigen Kelche einen freien, länglich-eiförmigen, eineiigen Fruchtknoten, welcher zum Auffangen des Pollens in einen pfriemlichen, langen Griffel, dessen Unterseite an der Basis als Narbe ausgebildet ist, ausläuft. Der Fruchtknoten setzt sich aus zwei median stehenden Carpiden zusammen, welche enge mit einander verwachsen und von denen das hintere sich stärker ausbildet und in den langen schiefen Griffel ausläuft. Die Blüthchen sind also sehr einfach gestaltet und entbehren des überflüssigen Schauapparats. Die Hüllblättchen der männlichen Blüthe haben das Bestreben, sich nach innen zu biegen und drücken zur Zeit der Antherenreife die Staubbeutel heraus, welche in Folge ihres leichteren Gewichtes im Wasser aufsteigen, dabei ihre beiden Fächer durch unregelmässiges Einreissen der zelligen, der faserigen Verdickungen entbehrenden Wandung öffnen und so die ovalen, aussen glatten, innen feinkörnigen Pollenkörner entleeren. Dieselben besitzen wie bei allen Wasserpflanzen mit submerser Befruchtung nur eine einzige Membran, keine Exine, haben genau das specifische Gewicht des Wassers und werden durch dessen Bewegungen zu den Narben geführt. Ausserdem mag hierbei auch noch die vom Lichte unabhängige periodische Eigenbewegung des Ceratophyllumstammes mit in Betracht kommen.

Die vollständig submers lebenden Arten der Gattung *Najas* gehören bezüglich der Befruchtungsweise unter Wasser

gleichfalls hierher. Auch bei ihnen sind die Blüthen getrenntgeschlechtlich, bei einigen Arten diöcisch, bei anderen monöcisch. Ihre höcht einfache Gestaltung erscheint als eine sehr weit vorgeschrittene Reduction. Die weibliche Blüthe besteht nämlich nur aus einem einzigen, eineiigen Fruchtknoten, welcher sich nach oben in 2, 3 oder 4 walzliche Narbenschenkel spaltet, und die männliche Blüthe wird von einer centralen, bei N. major vierfächerigen, bei N. minor und flexilis einfächerigen, sitzenden Anthere gebildet, die von zwei Blüthenhüllen umschlossen wird. Diese Hüllen bauen sich wie die Fruchtknotenwandung aus zwei bis drei Zellschichten auf, die äussere ist in einen oben gezähnten Schnabel ausgezogen, die innere dagegen endet in zwei stumpfe Lappen und ist mit der Antherenwandung, welche im reifen Zustand der Anthere nur aus einer einzigen Schicht von Zellen ohne jegliche Faserverdickungen besteht, fast bis zur Spitze verwachsen. Vor dem Aufbrechen der Anthere streckt sich mehr oder minder die Axe zwischen den Insertionen der inneren und äusseren Hülle, wodurch die innere Hülle über die äussere hervorgehoben wird. Beim Aufspringen zerreisst bei N. major die mit der Antherenwandung grösstentheils innig verklebte innere Hülle durch vier senkrechte Längsrisse vor den Scheidewänden der Fächer in vier sich zurückrollende Klappen[1]); bei N. minor und flexilis klaffen die beiden Lappen der mit der Antherenwandung verwachsenen inneren Hülle auseinander. Auf diese Weise wird der Pollen, der auch hier der Exine entbehrt, ins Wasser entleert.

Die Pollenkörner haben elliptisch-cylindrische Form und sind nach Jönsson mit Ausnahme der beiden Pol-Enden ganz mit länglichen Stärkekörnern vollgepfropft. Sie sinken infolge des durch die letzteren bedingten höheren spec. Gewichts im Wasser nach unten, um von den Fangapparaten der weiter abwärts sitzenden weiblichen Blüthen aufgenommen zu werden.

Zum Schlusse wollen wir noch einen Blick auf die

---

1) Abbild. v. A. Braun in Nees ab Esenbeck Gen. pl. III., auch in Maout et Decaisne. Traité gén.

ebenfalls unter Wasser sich abspielenden Befruchtungsvorgänge unserer Seegräser werfen, welche in dieser Hinsicht und in der Gestaltung der Fructificationsorgane schöne Anpassungen an die Besonderheiten des Mediums zur Schau tragen.

Delpino betrachtet *Zostera marina* und *nana* als Aroideen, welche der submersen Lebensweise angepasst seien. Die Blüthenstände beider sind relativ terminal, die umgewandelten Enden von Zweigen. Die Blüthen sitzen an einem flachen, lang vorgezogenen Spadix, der von dem scheidigen Grund des obersten Blattes der fertilen Axe umhüllt wird, und zwar sitzen sie an dessen der Lamina dieses Blattes abgewendeten Fläche in Form einzelner Antheren und Fruchtknoten in zwei Längsreihen angeordnet, so zwar, dass die männlichen mit den weiblichen Organen übereinander abwechseln und horizontal nebeneinander stets Organe verschiedenen Geschlechtes stehen. Was hier als Einzelblüthe aufgefasst werden muss, ob die einzelnen Fruchtknoten und Antheren je für sich, oder ob je ein Fruchtknoten mit der horizontal neben ihm stehenden Anthere, erscheint fraglich, da die Anhaltspunkte zur theoretischen Deutung bei der ausserordentlichen Vereinfachung aller Blüthentheile zu unsicher sind. Jedenfalls ist aber der ganze Spadix aus Analogie mit den Potameen und Aroideen als Blüthenstand anzusehen. Jedes männliche Organ besteht aus zwei anscheinend unabhängigen massigen Hälften, die durch ein verhältnissmässig langes, bandförmiges Connectiv verbunden sind, ein, zwei oder drei Pollenfächer enthalten und im reifen Zustand von den höchst merkwürdigen, fadenförmigen, bis zwei Linien langen und dicht parallel zusammengelagerten Pollenzellen erfüllt sind. Diese Form des Pollens steht unter den Phanerogamen ganz einzig da und ist, worauf oben schon hingewiesen, als eine specielle Anpassung an die submerse Lebensweise aufzufassen. Darin, dass der Pollen keine Exine besitzt, wiederholt sich hier eine Eigenschaft der submers blühenden Gewächse überhaupt. Die reife Anthere zeigt über den Pollenfächern eine zweischichtige Wandung, zu äusserst eine grosszellige Epidermis und darunter eine aus viel

kleineren Zellen bestehende Lage mit eigenthümlichen unregelmässigen Verdickungsstellen, während die darunter folgende Tapetenschicht resorbirt wird. Eine eigentliche Faserschicht, so wie sie an den in der Luft sich öffnenden Antheren differenzirt ist, kommt also nicht zur Ausbildung; vielleicht ist die kleinzellige zweite Schicht als Ueberrest einer solchen zu bezeichnen. Das Aufspringen der Antherenfächer geschieht in Form eines Längsspaltes, wobei sich die Antheren aus der Scheide hervordrängen. Die Pollenfäden werden als feine, flockige Massen ins Wasser entleert.

Der reife, eineiige Fruchtknoten besitzt am oberen Ende zwei fädliche, zur Blüthezeit aus dem Spalt der den Blüthenstand umschliessenden Blattscheide hervorspreizende Narben, welche die fadenförmigen Pollenzellen auffangen. Oft sieht man nach Hofmeister letztere alsdann einzeln oder zu mehreren um die Narbenschenkel gewunden. Der Pollenschlauch wächst an der Aussenseite des hängenden Eichens dicht angeschmiegt zu der Micropyle herab. Es erscheint bemerkenswerth, dass der Innenraum des Fruchtknotens mit einer wasserhellen, aber ziemlich festen Gallerte erfüllt ist, so dass also der zarte Pollenschlauch stets in einem flüssigen Medium sich befindet.

Die Inflorescenzen der Zostera sind nun dichogam proterogyn, indem zuerst die empfängnissfähigen Narben aus der Spathenöffnung hervortreten und erst nach deren Bestäubung und Abfallen sich die Antheren in acropetaler Folge öffnen. Wechselbefruchtung ist somit stets gesichert.

Die im Mittelmeer verbreitete Meeresphanerogame *Cymodocea aequorea* (Phucagrostis major Cavol.) vollzieht ihre Befruchtung gleichfalls unter Wasser und analoge Anpassungen wie bei Zostera machen sich bemerkbar. Das Gewächs ist constant diöcisch, also dichogamisch; die männlichen Blüthen sind höchst einfach gestaltet, da sie nur aus zwei kurzen monadelphischen und syngenesischen Stamina bestehen, welche am Gipfel eines Blüthenstielchens sich befinden, dessen ungewöhnliche Länge von über 1 dcm den Zweck hat, die Antheren aus den Scheidenhöhlen der beiden obersten, zu einer Spatha zusammengerückten Blätter der fertilen Axe hervorzustrecken, damit die Pollenzellen

frei ins Wasser bei dem Aufplatzen der Antherenfächer gelangen können. Die Pollenkörner oder vielmehr Fäden sind fadenförmig, 2 mm lang, $^1/_{100}$ mm breit und zerstreuen sich bei ihrer Entleerung in Form von flockigen weissen Massen. Die weiblichen Blüthen sind den männlichen analog auch auf einem allerdings sehr kurzen Stiel inserirt und werden von zwei nackten monospermen Carpiden repräsentirt, von welchen jedes rechts und links zwei zarte und lange Narbenschenkel bis zu 10 mm Länge entwickelt. Durch die Bewegungen des Wassers werden die Pollenfäden zwischen diesen Narbenfäden herumgeführt und von ihnen aufgefangen.

Posidonia Caulini, welche Meerespflanze auch im Mittelmeer angetroffen wird, betrachtet Delpino als eine Graminee, welche sich der marinen Lebensweise angepasst hat. Der aus Einzelährchen zusammengesetzte und spelzentragende ährige Blüthenstand zeigt manche Homologie mit den Grasähren. Als deutliche Anpassungen an die submerse Befruchtungsweise erkennen wir die papillös haarförmige Bildung der Narben der monospermen Pistille und die fadenförmige Gestalt der Pollenzellen, welche dasselbe specifische Gewicht wie Wasser besitzen und daher in horizontaler Richtung durch die Bewegungen des letzteren zu den Narben benachbarter Inflorescenzen geführt werden können. Posidonia ist polygamisch aber auch proterogynisch, so dass Dichogamie gesichert erscheint.

In den wesentlichsten Anpassungen, besonders in der Form und Beschaffenheit der Pollenfäden, übereinstimmendes Verhalten zeigend, reihen sich an die genannten Meeresphanerogamen auch die Mehrzahl der übrigen oceanischen Gewächse, welche ja auch im Habitus und der anatomischen Structur zu einer sehr natürlichen Pflanzengruppe sich vereinigen lassen.

Die obige Zusammenstellung zeigt zur Genüge, dass das eigenartige Medium, in welchem die Wasserpflanzen vegetiren, auch auf die Blüthenbildung und den Befruchtungsmodus von grossem Einfluss gewesen ist, ein Einfluss, welcher zu immer weitergehenden Anpassungen führte, je

mehr die eine oder andere Art sich an die zuletzt ausschliesslich submerse Lebensweise gewöhnte.

Litteratur.

Petermann: Deutschlands Flora. Leipzig 1849.

Nees ab Esenbeck: Genera Plantarum. Bonn.

Schnizlein: Iconographia Familiarum. Bonn.

Reichenbach: Icones florae Germ. et Helvet. Leipzig.

Le Maout et Decaisne: Traité général de Botan. Paris 1876.

A. W. Eichler: Blüthendiagramme. Leipzig 1875 u. 1878.

F. Hildebrand: Die Geschlechtervertheilung bei den Pflanzen. Leipzig 1867.

Sever. Axell: Om anordningarna för de fanerogama Wäxternas befruktning. Stockholm 1869.

F. Delpino: Ulter. osservaz. sulla dicogamia nel regno veg. Parte II. Atti della soc. Italiana sc. nat. vol. XIII 1870.

H. Müller: Die Befruchtung der Blumen durch Insekten. Leipzig 1873.

H. Müller: Weitere Beobachtungen über Befr. d. Blumen durch Insekten I. Verh. nat. Ver. preuss. Rheinlande u. Westf. 1878. Bonn.

H. Müller: Die Wechselbeziehungen zwischen den Blumen und den ihre Kreuzung vermittelnden Insekten. Hdb. d. Bot. v. Schenk. I. Bd. Breslau 1881.

Dr. Ludwig: Bestäubungsverhältnisse einiger Süsswasserpflanzen. Kosmos V.

R. Caspary: Die Hydrilleen. Pringsh. Jahrb. f. w. Bot. I. Berlin 1858.

R. Caspary: Die Blüthe von Elodea canadensis. Bot. Ztg. 1858.

J. Fr. Müller: Die Entwicklung von Vallisneria spiralis. Bot. Abh. v. Hanstein. Bonn 1878. III. Bd.

F. Hegelmaier: Die Lemnaceen. Leipzig 1868.

F. Hegelmaier: Monographie der Gattung Callitriche. Stuttgart. 1864.

B. Jönsson: Om befruktningen hos stägtet Najas samt hos Callitriche autumnalis. Lunds Univ. Årsskrift. Tom. XX.

M. J. Schleiden: Beitr. zur Kenntniss der Ceratophylleen in Beitr. zur Botanik. Leipzig 1844.
John de Klercker: Sur l'anatomie et le développement de Ceratophyllum. Bihang till k. svenska Vet.-Acad. Handlingar Bd. IX Stockholm 1885.
Knut Fr. Thedenius: Beitrag zur Kenntniss der Najas marina L. Flora 1840.
P. Magnus: Beiträge zur Kenntniss der Gattung Najas. Berlin 1870.
Fil. Cavolini: Phucagrostidum Theophrasti anthesis Neapoli 1792.
Fil. Cavolini: Zosterae oceanicae Linnaei anthesis. Neapoli 1792.
Grönland: Beitrag zur Kenntniss von Zostera. Bot. Ztg. 1851.
W. Hofmeister: Zur Entwicklungsgeschichte der Zostera. Bot. Ztg. 1852.
Aschersón: Die geogr. Verbr. der Seegräser. Peterm. geogr. Mitth. 1871.
A. Clavaud. Sur le véritable mode de fécondation du Zostera marina. Actes soc. Lin. Bordeaux 1878. Ref. Bot. Ztg. 1879.
A. Engler: Notiz über die Befruchtung von Zostera marina und das Wachsthum derselben. Bot. Ztg. 1879.
Duchartre: Sur la fécondation du Zostera marina. Bull. soc. bot. France 1873.
Duval Jouve: Particularités des Zostera marina L. et nana Roth. Bull. soc. bot. France 1873 und Revue des sc. nat II. 1873.
Bornet: Recherches sur le Phucagrostis major Cavol. Ann. sc. nat. Bot. 5. sér. T. I.

Cap. 5.

Fruchtbildung und Samenverbreitung bei den Wassergewächsen.

Auch bezüglich der Bildung der Früchte und der Art und Weise der Verbreitung der Samen lassen sich einige Anpassungserscheinungen bei den Wassergewächsen erkennen, welche in letzter Linie auf den Einfluss der besonderen Lebensbedingungen zurückzuführen sind. Wir constatiren zunächst, dass nur eine Minderzahl von echten Wasserpflanzen ihre Früchte in der Luft reifen lässt, so

Utricularia, *Hottonia* und *Lobelia*, welche über dem Wasserspiegel auf langen Inflorescenzaxen ihre vielsamigen Kapselfrüchte ausbilden. Die Samen werden beim Aufspringen der letzteren auf die Oberfläche des Wassers ausgestreut und können durch die Bewegungen desselben unter Umständen weiter geführt werden. Die meisten Vertreter unserer Wasserflora reifen indessen ihre Früchte unter Wasser und zwar nicht allein diejenigen, bei denen submerse Befruchtung statthat, wie *Najas*, *Ceratophyllum*, *Zostera*, *Callitriche* autumnalis etc., sondern auch sehr viele von solchen, deren Blüthen zur Zeit der Befruchtung über das Niveau des Wassers an die Luft erhoben werden. Unter letzteren sind zu erwähnen:

Batrachium.	*Elodea.*	*Potamogeton.*	*Hydrocharis.*
Myriophyllum.	*Hydrilla.*	*Zannichellia.*	*Stratiotes.*
Aldrovandia.	*Vallisneria.*	*Trapa.*	*Nymphaea.*
Alisma natans.	*Ruppia.*	*Limnanthemum.*	*Nuphar.*

Nach der Befruchtung biegt sich bei ihnen die Blüthenaxe abwärts und taucht die Früchte unter, bei *Vallisneria* und *Ruppia spiralis* rollt sich der lange und zarte Blüthenstiel spiralig auf und zieht so die befruchtete Blüthe mit sich ins Wasser, in dessen Schoosse dann die Samen sich ausbilden. Die biologische Bedeutung dieser Erscheinung ist noch nicht aufgeklärt.

Wenn wir die Fruchtformen der Wassergewächse, welche ihre Samen unter Wasser reifen, vergleichen, so ergibt sich, dass die meisten derselben einsamige Schliessfrüchte, zum Theil mit fester innerer Steinschale, vorstellen, so beispielsweise *Ceratophyllum*, *Najas*, *Zostera*, *Zannichellia*, *Ruppia*, *Potamogeton*, *Batrachium* etc. etc., denen sich die Spaltfrüchtchen von *Myriophyllum* und *Callitriche* anschliessen. Auch viele Wasser- und Sumpfgewächse mit an der Luft reifenden Früchten besitzen solche Schliessfrüchte. Dieselben springen bei der Reife nicht auf, lösen sich vielmehr in toto ab oder werden durch Verwesung des Trägers isolirt und sind grösstentheils (wenn nicht alle!) schwimmfähig. Bei *Potamogetonen* und anderen enthält die äussere Fruchtschale Lufthöhlen, wodurch die

Frucht leichter als Wasser wird, nach ihrer Ablösung auf der Oberfläche flottirt und durch die Strömungen derselben oder durch den Wind weggeführt werden kann. Allmählig saugt sich die äussere Schale voll Wasser und verwest, die Frucht sinkt unter und keimt am Boden unter günstigen Umständen. In etwas anderer Weise verhält sich *Sagittaria sagittaefolia* (Hildebrand pg. 23), deren Früchtchen glänzend und von solcher Beschaffenheit sind, dass dieselben mit Wasser übergossen, sich nicht mit diesem benetzen, sondern gleichsam wie eingeölt die Wassertropfen an sich abgleiten lassen. Durch diese Eigenschaft kommt es, dass sie nicht untersinken, sondern auf dem Wasser schwimmen, trotzdem, dass sie ein grösseres specifisches Gewicht haben. Längere Zeit bleiben so die Früchte der Sagittaria auf der Wasseroberfläche und können von Strömungen hier- und dorthin getragen werden, bis sie schliesslich auf den Grund sinken.

Auch *Trapa natans* besitzt eine Schliessfrucht, welche sich aber durch ihre Grösse von den kleinen Schliessfrüchtchen der meisten Wassergewächse unterscheidet. In welcher Weise diese Früchte verbreitet werden, ist noch nicht genau constatirt. Ascherson (Bot. Centrbl. XVII, pg. 247) hält es für möglich, dass grosse Fische den Transport der Früchte vermitteln, Nathorst (ibid. XVIII, pg. 278) meint dagegen, dass Enten und andere Wasservögel bei der Verbreitung die wirksamsten Factoren seien. Genaue Beobachtungen müssen den wahren Verbreitungsmodus noch aufklären, es erscheint aber immerhin die Uebertragung durch Thiere sehr wahrscheinlich, zumal da an den Dornen der Frucht Widerhäkchen ausgebildet werden.

Es sei an dieser Stelle auch einer ausländischen Wasserpflanze gedacht, *Aponogeton distachyum*, deren Samenverbreitung von Hildebrand (Flora 1881) dargestellt worden ist. Die Blüthenstände des genannten Gewächses sinken nach der Befruchtung etwas unter das Niveau des Wassers und reifen hier ihre Früchte. Wenn die Reife dieser eingetreten, lösen sich die Fruchtknotenwände an ihrer Basis los, werden an dieser durch Einschlitzung mehrzipflig und rollen sich nun nach aussen um, so dass der

leichte glatte Samen — selten entstehen in jedem Fruchtknoten deren zwei — hervorglitscht und an die Oberfläche des Wassers tritt. Der Samen ist länglich eiförmig, platt gedrückt und enthält unter der Oberhaut ein parenchymatisches Gewebe, welches zwischen seinen Zellen viel Luft enthält, so dass er auf dem Wasser schwimmen kann. Etwa nach einem Tage, während welcher Zeit die Samen auf dem Wasser sich weithin verbreitet haben können, löst sich das parenchymatische Gewebe nebst der Oberhaut als ein helles Häutchen von dem Embryo des Samens los, welcher nun vermöge seiner Schwere auf den Grund des Wassers sinkt und sogleich die Keimung beginnt. Im Allgemeinen verhält sich also Aponogeton ähnlich wie die oben genannten Schliessfrüchtchen von Potamogeton etc.

Limnanthemum nymphaeoides ist wohl die einzige Wasserpflanze, welche eine untergetaucht reifende Kapselfrucht erzeugt. Die zusammengedrückte, einfächerige Kapsel springt indessen nicht klappig auf, sondern öffnet sich durch Maceration und entleert die Samen, welche sich nach Hildebrand genau in derselben Weise verhalten, wie die Schliessfrüchtchen von Sagittaria.

Es ist leicht einzusehen, dass unter Wasser keine echten trockenschaligen Kapseln, welche beim Austrocknen infolge der entgegenwirkenden Spannungen in den Gewebeschichten der Fruchtwandung aufspringen, gebildet werden können. Ebenso fehlen bei den Gewächsen mit submersen Früchten diesen Flugapparate u. s. w., überhaupt alle Einrichtungen, welche bei den luftfrüchtigen Pflanzen in so mannigfaltiger Weise auftreten. Ausser der Form der Schliessfrüchte treffen wir bei Wasserpflanzen noch Beerenfrüchte an, so bei *Hydrocharis*, *Stratiotes*, *Vallisneria*, *Hydrilleen*, *Nymphaeaceen*. Das Innere dieser Beeren ist mit Schleim zum Theil erfüllt, die Fruchtwandung reisst beim Ausstreuen der Samen unregelmässig auf, wahrscheinlich unter dem Drucke des aufquellenden Schleimes, in welchem die Samen eingebettet ins Wasser entleert werden, auf der Oberfläche umherschwimmen, um allmählig unterzusinken. Bei *Nuphar luteum* und *pumilum* (Hildebrand, pg. 23) löst sich die Frucht, wenn sie an ihrer Basis abgerissen

ist, in die einzelnen Fächer auf und in jedem der so frei werdenden, halbmondförmigen, die Samen enthaltenden Säcke entwickelt sich nun eine grosse Anzahl von Luftblasen, welche das specifische Gewicht dieser Körper bedeutend verringern und bewirken, dass dieselben auf der Oberfläche des Wassers schwimmen und dabei hier und dorthin getragen werden, bis endlich bei der Verwesung des die Samen umhüllenden Sackes die Luftblasen entweichen und nun die schweren Samen nach und nach zu Boden fallen.

In ganz ähnlicher Weise bildet sich nach dem Aufspringen der Früchte von *Nymphaea alba* zwischen dem Samenmantel und dem an sich sehr schweren Hauptkörper des Samens eine grosse Luftblase, so dass hierdurch die Samen leicht schwimmen und wie bei Nuphar erst dann im Wasser zu Boden sinken, wenn die Luftblase entwichen ist.

Der bei den meisten Wasserpflanzen in der einen oder anderen Form wiederkehrende Verbreitungsmodus mittelst schwimmfähiger Früchte oder Samen kann indessen keineswegs genügt haben, um diese Gewächse, welche fast sämmtlich ausserordentlich ausgedehnte und discontinuirliche Bezirke bewohnen, so weit zu verbreiten, da er nur die Ausbreitung in zusammenhängenden Gewässern möglich erscheinen lässt. Wir müssen noch andere Uebertragungsfactoren aufsuchen und können diese nur in den Wasser- und Sumpfvögeln erkennen. Wenn nun auch bis jetzt wenig Beobachtungen darüber angestellt sind, in welcher Weise diese Thiere bei der Verbreitung der Früchte und Samen unbewusst thätig sind, so erscheint es doch unzweifelhaft, dass sie eine grosse Rolle dabei spielen.

Duval Jouve gibt in einem Briefe im Bull. de la soc. bot. de France XI an, dass er auf dem Wildpretmarkt in Strassburg oft an Schwimmvögeln an der Brust oder an den Füssen Stücke von Wasserpflanzen und Samen verschiedener Herkunft beobachtet habe. Darwin (Entsteh. der Arten, pg. 470) weist gleichfalls darauf hin, dass Sumpfvögel mit dem Schmutze an ihren Füssen und Schnäbeln eine Menge von Samen übertragen können. Er er-

wähnt, dass er in drei Esslöffel voll Schlamm von drei verschiedenen Stellen unter Wasser am Rande eines Teiches eine verhältnissmässig sehr grosse Zahl von Samen gefunden habe; 537 Keimpflänzchen hätten sich aus denselben entwickelt. Die Samen der Wasserpflanzen werden meistentheils an die Ufer der Gewässer angetrieben, also grade an Orte, wo Sumpfvögel mit Vorliebe sich aufhalten. Der Angabe Darwin's nach würde es, wie dieser hervorhebt, „gradezu unerklärbar sein, wenn es nicht mitunter vorkäme, dass Wasservögel die Samen von Süsswasserpflanzen in weite Fernen verschleppten und nach unbevölkerten Teichen und Strömen brächten."

Darwin meint ferner, dass die Verbreitung der Wasserpflanzen auch dadurch möglich sei, dass Wasservögel die Samen derselben, oder Fische, welche die Samen verschluckt hätten, verzehrten und in anderen Gewässern mit ihren Excrementen die unverdauten noch keimfähigen Samen wieder von sich gäben. Diese Art der Verbreitung soll z. B. für die gelbe Wasserlilie und für Potamogeton stattfinden können. Caspary (l. c. pg. 9) hat indessen beobachtet, dass zahme Enten, welche mit Samen von Mummeln verschiedener Art gefüttert waren, die Samen in kurzer Zeit gründlichst verdauten. Es muss vor der Hand dahin gestellt bleiben, ob dieser von Darwin angegebene Verbreitungsmodus für die eine oder andere Art wirklich zutrifft; höchstwahrscheinlich ist nur, dass die Wasservögel mittelst der an Schnäbeln und Füssen anhaftenden Samen die weite Verbreitung unserer Hydrophyten und Schwimmpflanzen, sowie auch mancher Ufergewächse bewirkt haben; die kleinen Schliessfrüchtchen derselben sind ja auch sehr zu einem solchen Transport geeignet.

Litteratur.

F. Hildebrand: Die Verbreitungsmittel bei den Pflanzen. Leipzig 1867.

F. Hildebrand: Die Samenverbeitung von Aponogeton distachyum. Flora 1881.
Duval Jouve: Bull. soc. bot. France XI p. 265. Paris 1864.
Ch. Darwin: Ueber die Entstehung der Arten durch natürl. Zuchtwahl. Stuttgart 1864.
R. Caspary: Welche Vögel verbreiten die Samen von Wasserpflanzen? Schrift. phys. öcon. Ges. Königsberg 1870. Sitzber. p. 9.

Cap. 6.

Die Keimung der Wassergewächse.

Obwohl unsere Kenntnisse von der Keimung der Wassergewächse noch sehr lückenhaft sind, so lässt sich doch erkennen, dass bei denselben schon in den ersten Jugendzuständen der sich entwickelnden Pflanzen characteristische Anpassungen an die specielle Lebensweise sich geltend machen, bei einigen sogar recht weitgehende, so zwar, dass die Gestalt des Keimpflänzchens ganz erheblich von den normalen Formen der Landgewächse abweicht. Beinahe jede Gattung der submersen und schwimmenden Pflanzen ist durch irgend welche Eigenthümlichkeiten bei der Keimung ausgezeichnet. Gemeinsam allen Wasserpflanzenkeimlingen dürfte indessen hauptsächlich nur die Reduction des Wurzelwerkes sein. Die Hauptwurzel gelangt in der Regel nur zu schwacher Entwicklung, in vielen Fällen abortirt sie vollständig und ihre Rolle übernehmen die hervorbrechenden Adventivwurzeln, die aber nie sich zu einem reicheren, vielfach verzweigten Wurzelsystem wie etwa an der Keimpflanze von Zea mais u. a. entwickeln und die erst später Bedeutung erlangen.

Wir wollen im Folgenden die in der Litteratur ausser-

ordentlich zerstreuten Angaben kurz zusammenstellen und die wichtigsten Anpassungen hervorheben, freilich bleibt dabei manche Lücke noch auszufüllen.

Die frei in oder auf dem Wasser flottirenden Arten der submersen und schwimmenden Gewächse, welche die weitgehendsten Anpassungen an ihre specielle Lebensweise zur Schau tragen, verhalten sich auch bezüglich der Keimung und Gestaltung der jungen Pflanze am meisten abweichend von den Landgewächsen. Wir wollen einige derselben einer näheren Betrachtung unterziehen.

Der Embryo von *Ceratophyllum* besteht nach der ausführlichen Darstellung Schleiden's aus einem kurzen, nach unten gerichteten Würzelchen, zwei grossen fleischigen Cotyledonen und einer sehr entwickelten Plumula. Diese letztere beginnt mit einem Blattkreis von zwei ziemlich grossen fleischigen, aber ungetheilten linealen Blättern, bildet weiter einen Wirtel von sechs linealen, ungetheilten Blättern und endlich 2—3 Wirtel gabelig getheilter Blätter. Alle diese Wirtel sind durch mehr oder minder deutliche Internodien geschieden. Bei der Keimung springt die Frucht von der Basis nach der Spitze zu in zwei Valveln auf, welche nur klaffen und durch den ganz bleibenden, verholzten Stylus zusammengehalten werden. Durch Verlängerung der beiden Cotyledonen schiebt sich nun das Radicularende hervor, wobei sich die Cotyledonen etwas krümmen und so die Radicula nach unten, die Plumula aber nach oben richten (Taf. VII, Fig. 1). Die Enden der Keimblätter bleiben als Saugorgane im Samen stecken. Bald färbt sich der Embryo intensiv grün. Das erste Blattpaar entwickelt sich deutlich von den dicken Cotyledonen verschieden und die Plumula treibt aus und wächst bald zur vollkommenen Pflanze heran. Das kurze, stumpfe Radicularende des Embryos verlängert sich nie zu einer Hauptwurzel, noch bilden sich überhaupt bei Ceratophyllum irgend welche Wurzeln. Wir erblicken hierin eine der weitgehendsten Anpassungen an die submerse Lebensweise.

Die in ihrer äusseren Gestalt und Lebensweise so eigenartige Hydrocharidee *Stratiotes aloides* stimmt in manchen Punkten der Keimungsgeschichte mit Ceratophyllum

überein. Stratiotes besitzt nach Irmisch einen ungewöhnlich weit ausgebildeten Embryo im reifen Samen; ausser dem Keimblatt ist eine grössere Anzahl, die Plumula bildender, junger Laubblätter (8—10) schon angelegt. Der untere Theil des Embryo läuft conisch zugespitzt zu und erzeugt nie eine Hauptwurzel, während unter dem Vegetationspunkt der Plumula die Anlage einer Nebenwurzel sich erkennen lässt.

Die Samen keimen im Wasser grösstentheils im nächsten Frühjahr oder Sommer. Die Samenschale wird der Länge nach gespalten und das Keimblatt streckt sich, ohne bemerkliche Zunahme in die Dicke, rasch bis zur Länge von ungefähr $^3/_4$ bis etwas über einen ganzen Zoll, wobei es ergrünt; es ist halbwalzlich an den Rändern zugerundet, am Grunde der Innenseite flach vertieft. Der basiläre Theil des Keimlings (vergl. Tafel VII, Fig. 2) streckt sich zwar etwas in die Länge, bleibt aber wie bei Ceratophyllum rudimentär und entwickelt auch keine Saughärchen, wie sie sich allgemein auf der Hauptwurzel der verwandten Pflanzen bilden: da der Samen schwimmend keimt, so bedarf der Keimling keines Festankerungsapparats. Die Blätter der Plumula biegen sich bald ab, breiten sich mehr und mehr aus, werden länger und etwas breiter. Sie haben lang-lineale Gestalt und tragen am Rande schon Zähnchen. Diese Erstlingsblätter bilden bald eine zierliche Blattlaube (Fig. 2). Bemerkenswerth ist, dass bis zu dieser verhältnissmässig weiten Entfaltung die junge Pflanze absolut gar keiner Wurzel benöthigt, sie nimmt ihren Bedarf an Wasser und anorganischen Salzen wie die freischwimmenden submersen Gewächse, Utricularia, Hottonia etc. direct durch die Epidermis aus dem Medium auf. Erst einige Wochen nach dem Beginn der Keimung wächst die Nebenwurzel, deren Anlage schon im Embryo vorhanden ist, aus. Sie ist fadenförmig und treibt keine Seitenäste, entwickelt aber bei Zolllänge Saughärchen. Weitere Nebenwurzeln treten im Verlaufe der Entwicklung später aus der gestauchten epicotylischen Axe einzeln hervor.

Sehr merkwürdige Erscheinungen begegnen uns auch

in der Keimungsgeschichte der *Utricularien*, welche wir aus den Darstellungen Warming's und Kamienski's kennen. Der Embryo ist bei unseren Wasserschlaucharten höchst einfach gestaltet (Tafel VII, Fig. 3, Embryo im Querschnitt), er besteht aus einem kugeligen abgeplatteten Meristemkörper, welcher am Radicularende oder an der Ansatzstelle des Embryoträgers abgerundet ist und daselbst nicht einmal die Spur irgend einer Wurzelanlage erkennen lässt; am entgegengesetzten Pol, wo der Vegetationspunkt zu suchen ist, macht sich eine Einsenkung bemerkbar und in dem hier etwas kleinzelligeren Gewebe fangen Organanlagen in Gestalt kleiner Protuberanzen an, sich in $^5/_{13}$ Divergenz zu bilden. Im reifen Samen erscheinen die Organanlagen als stumpfe Warzen an dem Embryo, welcher das anfangs um ihn gebildete Endosperm völlig verzehrt hat. Die äussere Gestalt des Samens ist die eines kurzen sechskantigen Prismas infolge des gegenseitigen Druckes der dicht stehenden, sich entwickelnden Ovula.

Der Utricula riaembryo ist somit ganz abweichend gebaut und auch seine Weiterentwicklung ist eine bei den Dicotylen ganz einzig dastehende. Bei der Keimung, welche im Frühjahr auf dem Grunde des Wassers erfolgt, wird die Testa am oberen Theile gesprengt und die Organanlagen an dem Embryovegetationspunkt wachsen nach aussen, wobei das Wurzelende sich nach oben dreht, weil es leichter als die Plumula ist. Nach dem Hervorbrechen der angelegten Organe steigt der keimende Samen zur Oberfläche empor. Die Protuberanzen entwickeln sich, und folgende Organe treten hervor (Tafel VII, Fig. 4 und Fig. 5):

1) 6—12 von Warming als feuilles primaires bezeichnete, dünne, pfriemliche, scharf zugespitzte Gebilde;

2) ein Utriculus aus der drittletzten Protuberanz;

3) eine kegelförmige Stammspitze, aus welcher sich der Hauptstengel entwickelt. Sie entsteht aus der zweitletzten Organanlage;

4) ein rudimentärer Adventivspross, welcher den Pringsheim'schen sog. Ranken ganz ähnlich aussieht und aus der letzten Organanlage entsteht.

Weitere Protuberanzen werden am Embryo nicht angelegt und der in der Mitte liegende Vegetationspunkt stellt sein Wachsthum ein.

Die kegelförmige Stammspitze, welche aus der zweitjüngsten Anlage hervorgeht, verlängert sich nun im Verlaufe der weiteren Entwicklung, rollt sich an der Spitze in der bekannten Weise ein und bildet die Knospe, aus welcher die Blätter entstehen, die ersten noch von einfacher Gestalt mit unverzweigten Seitenzipfeln, die folgenden nach und nach vollkommener werdend.

Die Verhältnisse liegen hier so abweichend von den übrigen Dicotylen, dass eine richtige morphologische Deutung, eine Unterordnung unter die Begriffe Stamm und Blatt bei den einzelnen Organen der Keimpflanze sehr schwierig ist. Der eigentliche Vegetationspunkt des Embryo kommt nicht zur Weiterentwicklung. Keimblätter in der Art der übrigen Dicotylen werden nicht angelegt. Soll man nun die von Warming als feuilles primaires benannten Gebilde wirklich als Blätter auffassen oder als Sprosse homolog dem zur Hauptaxe der Pflanze sich gestaltenden? Den Hauptstengel aber als metamorphosirtes Blatt anzusehen dürfte wohl auch nicht angängig sein. Die Entscheidung dieser rein morphologischen Fragen muss genaueren Untersuchungen vorbehalten werden. Offenbar hat die submerse schwimmende Lebensweise der Utricularien diese eigenthümliche Keimbildung veranlasst, vor allem die vollkommene Reduction der Wurzel als überflüssigen Organs herbeigeführt.

Die Keimung der in ähnlicher Weise vegetirenden *Aldrovandia vesiculosa* hat bis jetzt noch nicht beobachtet werden können. Es steht indessen zu erwarten, dass auch deren Embryo keine Hauptwurzel anlegt.

Der Keimling der *Lemnaceen* hat im reifen Samen walzenförmige, beiderseits abgerundete Gestalt und besteht der Hauptmasse nach aus dem Keimblatt, welches entschieden demjenigen der übrigen Monocotylen homolog zu setzen ist. Das Keimblatt umschliesst in seiner Cotyledonarspalte die abgerundet zungenförmige Plumula, welche einen blattlosen Spross mit eingeschlossenem Tochterspross

repräsentirt und an ihrer Basis eine Adventivwurzelanlage trägt. Der Samen besitzt am Micropylende ein Operculum, welches bei der Keimung von dem hervortretenden Radicularende mittelst kreisrunden Risses abgestossen wird, demselben aber noch längere Zeit anhaften bleibt. Während nun das obere Ende des Keimblattes als zapfenartiges Saugorgan im Samen eingeschlossen bleibt, wird das Radicularende und der untere Keimblatttheil, welcher die Plumula umschliesst, nach aussen geschoben. Bald wächst die Plumula aus ihrer Scheide hervor, die Adventivwurzel kommt zum Durchbruch, indessen am Radicularende eine Hauptwurzel wie bei allen anderen frei flottirenden Wassergewächsen überhaupt nicht zur Ausbildung gelangt (Tafel VII, Fig. 6). Hat der Keimling diese Entwicklung erreicht, so ist damit der Beginn zu der weiteren Sprossbildung gegeben.

Bei *Hydrocharis* bleibt die Hauptwurzel gleichfalls rudimentär und bei *Pistia* wird sie nicht einmal angelegt; die an der Keimpflanze hervorbrechenden Nebenwurzeln übernehmen ihre Rolle.

Die beiden Gefässcryptogamen Salvinia natans und Azolla caroliniana reihen sich den übrigen oben genannten, frei flottirenden Wassergewächsen bezüglich der Keimung im Grossen und Ganzen an und lassen im Gegensatz zu den Landgefässcryptogamen wiederum die Reduction der Wurzeln in den ersten Stadien der Entwicklung erkennen.

Salvinia entwickelt ihre Keimpflänzchen an der Oberfläche des Wassers schwimmend. Eine genaue Schilderung der Keimung finden wir in Pringsheim's ausführlicher Arbeit. Die Macrospore trägt in dem ihr aufsitzenden weiblichen Prothallium den Embryo und haftet auch noch längere Zeit der jungen Keimpflanze (Tafel VII, Fig. 8) an, welche aus ihr den Vorrath von Reservestoffen aufzehrt. Der Keimling legt eine Hauptwurzel überhaupt nicht an; sein basaler Theil, der sogenannte Fuss streckt sich bei der Keimung zu einem cylindrischen Stielchen und schiebt das erste Blatt und die Terminalknospe hervor. Ersteres, das sog. Schildchen oder Scutellum, welches dem Cotyle-

don der Monocotylen zu vergleichen ist, entfaltet sich zu einer auf dem Wasser schwimmenden, vorne tief ausgerandeten, pfeilförmigen Scheibe, und aus der Terminalknospe entwickelt sich die Hauptaxe des jungen Pflänzchens, welche zunächst zwei dicht aufeinander folgende kreisrunde Schwimmblättchen erzeugt und darauf den ersten dreizähligen Wirtel zweier dorsaler Schwimmblätter und eines ventralen Wasserblattes hervorbringt. Im ersten Quirl ist das Wasserblatt, welches bei Salvinia bekanntlich die Rolle der Wurzeln übernimmt, noch sehr einfach, es besteht nur aus einem linealen Zipfel. In den folgenden Quirlen wird dieses Blatt immer reicher zerschlitzt. Das Keimpflänzchen der Salvinia ist also ganz anders gestaltet als die entsprechenden der Equiseten und Farrnkräuter, an denen frühzeitig die Hauptwurzel auswächst, um den Bedürfnissen der Wasser- und Nährsalzzufuhr genügen zu können.

Azolla caroliniana ist bezüglich der Keimung von Berggren untersucht worden. Die junge, winzige Keimpflanze schwimmt frei, nachdem sie sich bald von dem weiblichen Prothallium und der Macrospore abgelöst hat, an der Wasseroberfläche und hat einen kurzen, abgerundeten, nach unten gerichteten Fuss und ein gerundetes Keimblatt oder Schildchen (Tafel VII, Fig. 7). Die Hauptwurzel sprosst seitlich am Fuss hervor, erreicht aber keine grosse Entwicklung. Sie ist mit Wurzelpapillen wie alle Wurzeln der Azollen dicht besetzt. Auf das Scutellum folgen dann die alternirend erzeugten ersten Blättchen. Characteristisch ist also auch hier die verhältnissmässig späte Entwicklung einer Wurzel und das baldige Absterben der Hauptwurzel.

Die Keimungsgeschichte der am Boden der Gewässer festgewurzelten submersen und schwimmenden Pflanzen zeigt die geringsten Abweichungen von dem normalen Verhalten der Landpflanzen. Der Hauptunterschied dürfte hier in der Gestaltung des Wurzelwerkes zu suchen sein. Am Keimling der Landpflanzen entwickelt sich sehr bald durch Verzweigung der Hauptwurzel ein reiches System von zarten mit Saughärchen besetzten Wurzeln, bei den Wasserpflanzen bemerkt

man häufig am Keimlinge zu einer Zeit, wo schon die ersten Blätter sich entwickelt haben, kaum eine Wurzel. Die Hauptwurzel abortirt bei einigen Vertretern fast gänzlich (*Ruppia*, *Zostera* etc.), bei vielen erreicht sie nur eine geringe Länge und stirbt bald ab (*Potamogeton*, *Najas*, *Lobelia*, *Batrachium*, *Hippuris* etc.). Die hervortreibenden Nebenwurzeln übernehmen über kurz oder lang die Function der Hauptwurzel, bilden aber ein Wurzelsystem aus, das in seiner Gesammtheit weit hinter dem reich verzweigten der Landpflanzen zurücksteht, in der Regel erblickt man nur einige wenige unverzweigte Wurzeln, welche dem jungen Pflänzchen entspringen. Die Vereinfachung der Nahrungsaufnahme unter Wasser ist als Anlass zu dieser Reduction, wie schon öfter erwähnt, aufzufassen.

Allgemein verbreitet findet man an den jungen eben entfalteten Keimpflänzchen lange Wurzelhaare, welche gewöhnlich an der zu einem Knoten verdickten Uebergangsstelle des hypocotylen Gliedes in die Wurzel in dichtem Kranze erzeugt werden (so bei *Potamogeton* (Tafel VII, Fig. 11), *Zannichellia* (Tafel VII, Fig. 10b), *Batrachium*, *Hippuris*, *Podostemaceen*, *Alisma*, *Limosella* und vielen anderen), oder aber auch an der kurzen, rudimentären Hauptwurzel sitzen können (*Najas*, Tafel VII, Fig. 13). Diese Haare haben, worauf Warming (Bot. Ztg. 1883) hinweist, entschieden eine biologische Bedeutung. Abgesehen von ihrer Function als Organe der Nahrungsaufnahme dienen sie dazu, den Keimling am Boden festzuankern und seine regelmässige Entwicklung zu begünstigen. Gerade die am Boden festgewurzelten Wasserpflanzen bedürfen zu derselben eines solchen Apparats, da sie der Gefahr des Weggeschwemmtwerdens leicht ausgesetzt sind. Ausserdem ist zu berücksichtigen, dass die Keimlinge sehr bald durch die Aufzehrung der im Samen enthaltenen plastischen Stoffe und durch die Entwicklung der Lufträume specifisch leichter als Wasser werden, und so leicht vom Boden weggerissen werden könnten. Andere Keimlinge bleiben mit ihrem unteren Ende in der Samenschale stecken und werden anfangs auf diese Weise am Boden gehalten (so bei *Ruppia* (Tafel VII, Fig. 9e), *Alisma*).

Characteristisch ist ferner für die Keimpflänzchen der genannten, wie überhaupt aller Wassergewächse, dass die ersten Blätter schmallineale Gestalt und zarte Consistenz erlangen, mithin typische submerse Blätter darstellen. Dies ist auch an den schwimmenden Gewächsen oder an den unter Wasser gekeimten Sumpfpflanzen zu constatiren.

Marsilea quadrifolia hat z. B. nach A. Braun ein pfriemenförmiges Keimblatt, auf welches lanzettliche, lang gestielte Primärblätter folgen. Diese gehen über in solche mit breiterer Spreite, diese in solche mit zweispaltiger, vierspaltiger Lamina und zuletzt in Schwimmblätter, auf welche unter Umständen Luftblätter folgen. Die Zahl der Primordialblätter scheint von der Tiefe des Wassers abhängig zu sein.

Potamogeton natans (Tafel VII, Fig. 12 a—c) entwickelt ebenfalls anfangs zarte lineale Primärblätter, ebenso *Alisma Plantago*, *Sagittaria sagittaefolia* und viele andere).

Diejenigen Wasserpflanzen, deren Samen auch auf dem Lande keimen können und sich dann zu Landformen entwickeln, zeigen natürlich schon in den ersten Stadien der Keimpflanzen die characteristischen Unterschiede, die zwischen Land- und Wasserformen überhaupt statthaben. Keimpflänzchen von *Ranunculus aquatilis* vom Lande (Tafel VII, Fig. 14 b) haben breitere Cotyledonen und Erstlingsblätter mit drei-, fünf- oder mehrtheiliger Spreite, deren Zipfel alle kurz und erbreitert sind, während die auf die Keimblätter folgenden Blätter der Wasserform (Tafel VII, Fig. 14 a) haarförmige, dünne, zarte Zipfel tragen. Natürlich herrschen auch in der Anatomie bedeutende Differenzen.

Für manche der betreffenden Wassergewächse ist endlich das schnelle Uebergehen der Vegetation von der Hauptaxe auf die frühzeitig erzeugten Nebenaxen characteristisch. Bei *Callitriche* treten schon aus den Achseln der Keimblätter Hauptäste; bei *Hippuris* erzeugen die Keimblattachseln schon die ersten Sprosssympodien, während Hauptaxe und Hauptwurzel bald absterben. Ueberhaupt vegetiren die Wassergewächse rasch, fortwährend wachsen sie an den Spitzen fort und sterben von hinten ab und so

erscheint eine frühzeitige Verzweigung zweckmässig und auch für die Vermehrung und Gesammtvegetation von Vortheil.

Zum Schlusse mögen noch die Nymphaeaceen und Trapa bezüglich ihrer Keimungsgeschichte betrachtet werden. Namentlich in den ersten Stadien zeigen die Keimlinge der genannten Schwimmpflanzen sonderliche Bildungen.

Nuphar luteum (Tafel VII, Fig. 15a—b) besitzt am Embryo zwei fleischige, in der oberen Hälfte dickere Cotyledonen, welche enge aneinanderliegen und die Gemmula einschliessen. Letztere zeigt die Anlage von zwei Primordialblättern. Bei der Keimung öffnet sich der grosse, schwarze, glänzende Samen durch ein Operculum, welches von dem austretenden Wurzelende des Embryos abgestossen wird. Während nun die Keimblätter grösstentheils im Samen stecken bleiben und die Ernährung des Keimlings besorgen, tritt deren unterer Theil zusammen mit dem Radicularende aus dem Samen hervor und gestattet der Gemmula nach aufwärts zu wachsen. Während das Wurzelende zunächst noch kein Hauptwürzelchen treibt, verlängert sich die epicotyle Axe zu einem Internodium, an dessen oberem Ende das erste Blatt als senkrecht aufwärts wachsender dünner Faden seine Entwicklung beginnt, das zweite Blatt bleibt dabei noch in Form einer kleinen Schuppe angelegt. So erreicht der Keimling das merkwürdige Aussehen der Fig. 15a. Im weiteren Verlaufe der Entwicklung treibt die Anlage der Hauptwurzel zu mässiger Länge aus, der Blattknoten am Ende der epicotylen Axe erzeugt einige Adventivwurzeln, welche bald die Rolle der frühzeitig absterbenden Hauptwurzel übernehmen, das erste Blatt streckt sich zu einem linealen, schmalen, fast fädlichen Gebilde und hat somit das Aussehen eines echten submersen Blattes, die folgenden Blätter entwickeln jedoch obwohl ebenfalls noch submers, eine eilanzettliche bis eiherzförmige, zarte durchscheinende Spreite auf langem Stiel und bekunden sich damit als Uebergangsformen zu schwimmenden Blättern, welcher Uebergang auch in der anato-

mischen Structur sich erkennen lässt. Eine Keimpflanze mit drei submersen Primordialblättern stellt Fig. 15 b dar.

Mit geringen Modificationen zeigt *Nymphaea alba* (Tafel VII, Fig. 16 a—d) wie überhaupt die übrigen *Nymphaeaceen*, *Victoria regia*, *Euryale ferox* etc. dieselbe Entwicklung und Gestaltung der Keimpflänzchen. Bei *Euryale* bleibt die Hauptwurzel ganz unentwickelt.

Noch absonderlicher gestaltet sich das junge Keimpflänzchen von *Trapa natans* (Tafel VII, Fig. 17 a—c). Bei der Keimung tritt aus der grossen gehörnten, den dicken mehligen Samen enge umschliessenden Wassernuss am oberen Ende zunächst die Hauptwurzel in Form eines langen, anfangs weisslichen, gerade aufwärts wachsenden Fadens hervor. Sodann schieben sich auch die Cotyledonen mit der Plumula aus der Fruchthülle. Sehr merkwürdig ist es nun, dass die beiden Keimblätter ungleiche Grösse erlangen, das eine dehnt sich zu einem langen, nach oben gerichteten Faden aus, welcher mit dem organisch oberen Ende im Samen stecken bleibt und dessen Reservestoffe dem wachsenden Samen zuführt, das andere Keimblatt hingegen bleibt rudimentär und erscheint am unteren Ende des ersten Keimblattes als kleine, die Plumula deckende Schuppe. Das Hauptwürzelchen bildet dabei gewissermassen die directe Fortsetzung des gestreckten Keimblattes (Fig. 17 a). Bald ergrünen die herausgetretenen Organe und in der Achsel der beiden Cotyledonen beginnt sich die Stammknospe zu einem langen, sich bald verzweigenden Laubtriebe zu entwickeln; gleichzeitig entstehen aber neben der Hauptaxe noch mehrere, sich zu gleichen Trieben gestaltende Beisprosse. Die ersten Blätter an den Stengeln sind schmallineal, sie gehen allmählig, indem sie breitere Spreiten erlangen, nach oben in die rautenförmigen Schwimmblätter über. An den Stengeln sprossen bald Adventivwurzeln hervor und die lange Hauptwurzel biegt sich im Bogen abwärts in den Teichgrund und entwickelt Wurzelhaare (Fig. 17 c). Alle Wurzeln, die frei ins Wasser ragen, nehmen grüne Farbe an, eine auch sonst verbreitete Erscheinung bei Wassergewächsen, welche auf den Einfluss des Lichtes zurückzuführen ist.

Litteratur.

Joh. Aug. Tittmann: Die Keimung der Pflanzen, durch Beschreibung und Abbildung einzelner Samen- und Keimpflanzen erläutert. Dresden 1821. (Nymphaea, Nuphar, Trapa, Alisma, Potamogeton.)

Treviranus: Physiologie der Gewächse 1838 (Bd. II, p. 614 Keimung der Wassergewächse).

G. Haberlandt: Die Schutzeinrichtungen in der Entwicklung der Keimpflanze. Wien 1877.

Dr. E. Warming: Botanische Notizen (Hapteren, Wurzelhaare an Embryonen). Bot. Ztg. 1883.

P. Ascherson: Zur Geschichte der Wurzelknotenbehaarung. Bot. Ztg. 1883.

M. J. Schleiden: Beiträge zur Kenntniss der Ceratophylleen. Beitr. z. Bot. Leipzig 1844.

Dr. Klinsmann: Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte von Stratiotes aloides. Bot. Ztg. 1860.

Th. Irmisch: Beitrag zur Naturgeschichte des Stratiotes aloides. Flora 1865 (Keimung von Stratiotes und Najas).

E. Warming: Bidrag til Kundskaben om Lentibulariaceen. Videnskab. Meddelelser fra den nat. For. Kopenhagen. 1874.

Fr. Kamienski: Vergl. Untersuchungen über die Entwicklungsgesch. der Utricularien. Bot. Ztg. 1877.

W. Hofmeister: Neue Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen II. Monocotylen. Abh. math. phys. Klasse Kgl. sächs. Ges. für Wissensch. VII. Leipzig 1861. (Lemna minor.)

Fr. Hegelmaier: Die Lemnaceen. Leipzig 1868.

Fr. Hegelmaier: Zur Entwicklungsgeschichte monocotyl. Keime nebst Bemerkungen über die Bildung der Samendeckel. Bot. Ztg. 1874. (Pistia, Sparg., Alisma.)

E. Kubin: Die Entwicklung von Pistia stratiotes. Bot. Abh. von Hanstein III. Bonn. 1878.

Pringsheim: Zur Morphologie der Salvinia natans. Jahrb. f. wiss. Bot. 1863.

Berggren: Le Prothalle et l'embryon de l'Azolla. Revue sc. nat. 3 sér. T. I und Ann. sc. nat. Bot. 6 sér. T. XIII. 1882.

A. de Jussieu: Mémoire sur les Embryons monocotylédonés. Ann. sc. nat. Bot. 2 sér. T. II. Paris 1839.

Th. Irmisch: Ueber einige Arten aus des natürl. Pflanzenfam. der Potameen. Abh. naturw. Ver. Prov. Sachsen und Thüringen. II. Bd. Halle. Sonderabdruck Berlin 1858.

Th. Irmisch: Ueber die Inflorescenzen der deutschen Potameen Flora 1851. (Keimung von Ruppia rost. u. Potamogeton.)

Warming: Den almindelige Botanik. Kopenhagen 1880. (Pot. lucens p. 82.)

N. Wille: Om kimens Udviklingshistorie hos Ruppia rostellata og Zannichellia palustris. Vidensk. Meddel. fra den naturh. For. Kopenhagen 1882.

J. Grönland: Beitrag zur Kenntniss der Zostera marina L. Bot. Ztg. 1851.

W. Hofmeister: Zur Entwicklgsgesch. der Zostera. Bot. Ztg. 1852.

Ed. Bornet: Recherches sur le Phucagrostis major Cavol. Ann. sc. nat. Bot. 5. sér. T. I. Paris 1864.

P. Magnus: Beitr. z. Kenntniss der Gg. Najas. Berlin 1870.

Th. Irmisch: Ueber einige Wassergewächse. Bot. Ztg. 1859. (Call. vern., Hippuris.)

Th. Irmisch: Ueber Polygonum amphibium etc. Bot. Ztg. 1861.

Fr. Buchenau: Morphologische Bemerkungen über Lobelia Dortmanna L. Flora 1866.

Alex. Braun: Nachträgliche Mittheilungen über die Gattungen Marsilea und Pilularia. Mtsber. Berl. Akad. 1872. (Marsilea, Keimung.)

E. Askenasy: Ueber den Einfluss des Wachsthumsmediums auf die Gestalt der Pflanzen (Ran. aquat.) Bot. Ztg. 1870.

Samsöe Lund: Keimung von Batrachium heterophyllum. Botanisk Tidsskrift Kopenhag. Bot. For. V. 1872.

C. Treviranus: Observationes circa germinationem in Nymphaea et Euryale. Abh. math. phys. Klasse kgl. bayr. Akad. Wiss. V. 2. München 1848.

A. Trécul: Études anatomiques et organogéniques sur la Victoria regia et anat. comp. du Nelumbium, du Nuphar et de la Vict. regia. Mémoire pres. à l'acad. des sc. 1852, 2. Nov.

J. A. Tittmann: Ueber die Wassernuss (Trapa natans) und die Entwicklung des Embryo derselben. Flora 1818.

C. Treviranus: Vermischte Schriften IV (Trapa p. 189).

Cap. 7.

Die geographische Verbreitung der Hydrophyten und Schwimmpflanzen.

Uebersicht[1]).

1. Submerse Gewächse.

Ranunculus aquatilis L. Europa diesseits und jenseits der Alpen, Inseln des Mittelmeers, Island; Sibirien; N.-America mit Ausnahme der nördlichsten Breiten; Abessinien, Algier, Canarische Inseln.

Ran. fluitans L. Vom nördlichen Africa bis zu dem nordischen Europa, aber nicht mehr in Norwegen und Schweden; N.-Amerika im Osten und in den vereinigten Staaten.

Ran. divaricatus Schrank. Europa (local); N.-America.

Subularia aquatica L. Im arctischen, nördlichen und centralen Europa (auch auf Island, in Wales, Irland, Schottland, Cumberland); N.-Asien; N.O. der vereinigten Staaten.

Aldrovandia vesiculosa L. Ostindien; Italien, Frankreich, Tirol bei Bozen und Salurn, Rheinthal oberhalb des Bodensees, Schlesien bei Pless und Ratibor, Galizien, Russisch Lithauen und Volhynien, Mark Brandenburg.

Myriophyllum verticillatum L. Europa; N.-Afrika; Sibirien bis Dahurien (im Beikal), Westasien bis Indien; O. und. W. von N.-America.

Myr. spicatum L. Europa bis nach Schweden hinein (Grossbritanien bis zu den Orkney-I. und Hebriden, Sardinien, Corsica, Sicilien); N.-Afrika (Algier, Canarische Inseln); Sibirien; N.-Amerika von Canada bis Arkansas.

Myr. alterniflorum DC. Europa (auch im arctischen, auf

---

1) Die folgende Liste ist zusammengestellt aus den Angaben verschiedener Floren und den oben schon öfters citirten Monographien. Benutzt wurde auch die Verbreitungsliste in De Candolle's Géographie botanique II, p. 998 sowie The students Flora of the British Islands, London 1884 von J. D. Hooker, welcher die Verbreitung der Gewächse im Allgemeinen angibt.

Sardinien, Sicilien); N.-Afrika (auch auf den Azoren). Arctisches Amerika.

Hippuris vulgaris L. Arct. und gemässigte nördl. Hemisphäre; Europa (fehlt den Inseln des Mittelmeers, dagegen auf den britischen Inseln, in Lappland); Grönland, Labrador und subarct. N.-Amerika, Sitcha, N.-W.-Küste bis New-York; N.-Asien (Beikal); Süd-Amerika in Chili und Feuerland (P. Famine und Magalhães-Strasse).

Callitriche autumnalis L. Europa im nördl. Deutschland Russland, Schweden, Lappland, Pommern, Brandenburg, Mecklenburg, Holstein; Sibirien; N.-Amerika.

Callitr. stagnalis Scop. Europa durch die gemässigten und wärmeren Gebiete; vom nördl. Deutschland bis Portugal, Spanien, Italien, Sicilien, Griechenland; Afrika in Abessinien; Asien in Ceylon, Sikkim, Nilgiri-Geb.

Callitr. vernalis Ktzg. In ganz Europa, bes. in Mitteleuropa, bis in die alp. Region; in Asien; in Chili; N.-Amerika, südw. bis New-Orleans; auf den Azoren, Neu-Seeland und Kerguelen.

Callitr. hamulata Ktzg. Von Grönland, Island, dem nördl. Scandinavien und Russland an durch ganz Europa bis ins südl. Italien und Sicilien.

Ceratophyllum. Ueberall: Europa; Sibirien bis Irkutzk und im Baikal, Ostindien; Aegypten, Algier, Senegambien; N.-Amerika, Californien, Kuba, Guiana, Jamaica.

Montia rivularis Gmel. Europa (Lappland); selten in N.- und S.-Amerika.

Lobelia Dortmanna L. N.-Europa von W.-Frankreich bis Mitte Russland; N.-Amerika.

Utricularia vulgaris L. Europa (auch in Grossbritannien, Sicilien); N.-Afrika; Sibirien (Baikal); N.-Amerika.

Utric. neglecta Lehm. Europa in Deutchland; N.-Amerika in Pennsylvanien, Ohio, St. Louis.

Utric. intermedia Hayne. Europa nördl. der Alpen (auch in Lappland); N.-Asien; N.-America.

Utric. minor L. Europa (excl. Spanien, Griechenland und Türkei); N.-Afrika; Sibirien, W.-Asien bis zum Himalaya; N.-Amerika.

Utric. Bremii Heer. Deutschland, Schweiz.

Hottonia palustris L. Europa (excl. Spanien, Griechenland, Türkei); Westsibirien.

Littorella lacustris L. Europa (auch im arctischen, nicht in der Türkei); Azoren.

Limosella aquatica L. Gemässigte und kalte Regionen.

Vallisneria spiralis L. S.-Europa in Spanien, S.-Frankreich, Italien, Türkei, Wolga.

Stratiotes aloides L. Europa (excl. Türkei und Griechenland); Sibirien.

Elodea canadensis Casp. N.-Amerika, südl. gemässigtes und tropisches Amerika. In Europa eingewandert und daselbst schon überall verbreitet[1]).

Hydrilla verticillata Casp. Asien in Ostindien, auf Java, Lombok, Ceylon, in China; Neuholland; Afrika auf Mauritius; Europa in Lithauen, im Dammschen See bei Stettin, in einigen preussischen Seen.

Alisma Plantago L. Arct. und nördl. gemässigte Regionen; ganz Europa; Taurien, Caucasus, Sibirien (Baikal), Himalaya; Aegypten; Australien; N.-Amerika, Canada bis Florida.

Alisma ranunculoides L. Europa von Schweden bis zum Mittelmeer (excl. Türkei); N.-Afrika.

Sagittaria sagittaefolia L. Ganz Europa; N.-Asien, N.-W.-Indien; N.-Amerika von Canada bis Carolina.

Potamogeton lucens L. Europa; N.-Afrika; Sibirien, Dahurien, N.W.-Indien; N.-Amerika.

Pot. praelongus Wulf. Europa; Himalaya; Amerika.

Pot. perfoliatus L. Europa; Asien; N.-Amerika; Australien.

Pot. crispus L. Europa; Caucasus, Tartarei, Nepal, Sibirien; Aegypten; Australien; N.-Amerika.

Pot. pectinatus L. Europa (auch im arct.); Sibirien, Indien, Palaestina; N.-Amerika; N.-Afrika.

Pot. compressus L. u. acutifolius Link. Europa; N.-Amerika.

Pot. obtusifolius M. et K. Europa; W.-Sibirien; N.-Amerika.

Pot. pusillus L. Europa (auch im arct.); Asien (Sibirien, Casp. Prov., Caucasus); N.-Amerika; Brasilien, Chili; N.-Afrika, Teneriffa, Angola, Cap. d. g. Hoffnung.

Pot. trichoides Cham. et Schlecht. Europa (auch in Italien, Russland); N.-Amerika.

Pot. densus L. Europa von Dänemark an bis nach Spanien, Italien, Griechenland; Taurus, Sibirien; N.-Afrika; N.-Amerika.

Ruppia maritima L. Alle gemässigten und tropischen Küsten.

Zannichellia palustris L. Europa (Sicilien, Grossbritannien); N.-Afrika (Algier, Aegypten); Sibirien, Indien; N.-Amerika; Neuseeland.

Najas major All. Gemässigte und trop. Regionen der alten Welt; Westindien.

Najas minor All. Europa; Aegypten, Pennsylvanien.

Najas flexilis Willd. Europa; Asien; N.-Amerika von Neu-

1) Vergl. E. Ihne. Geschichte der Einwanderung von Puccinia Malvacearum und Elodea canadensis. 18. Ber. oberhess. Ges. f. Natur- und Heilk. Giessen 1879.

foundland bis Carolina, Californien, Mexico, Insel Guadeloupe und St. Domingo.

Zostera marina L. Amerikanische Küste von Westflorida nordwärts der Ufer der Vereinigten Staaten; Nordküste des Mittelmeeres, Istrien, Dalmatien, Griechenland, Kleinasien, Schwarzes Meer; Atlantischer Ocean von der spanischen Küste, Frankreich, Britische Inseln, Nord- und Ostsee, Norwegen bis zum Warweger Fjord, Island (nach Ascherson).

Zostera nana Roth. Drei getrennte Verbreitungsbez.: 1. Nördl. atlant. Ocean bis etwa zum Wendekreis, Nord- und Ostsee, Canarische Inseln, Mittelmeer, Schwarzes Meer, Caspissee, Spanien, Frankreich, Britische Inseln. 2. Im nördl. stillen Ocean bei Kanagawa an der Japanischen Küste. 3. Südafrikanische Küste, Cap, Natal (nach Ascherson).

Lemna trisulca L. Europa, Asien, N.-Amerika, S.-Amerika, Australien, Afrika in Algier und auf Mauritius, Madeira, Azoren, Canaren.

Pilularia globulifera. Gemässigtes Europa.

Isoëtes lacustris L. Europa; W.-Sibirien; N.-Amerika.

Riccia fluitans L. Fast über die ganze Erde verbreitet. N.-Amerika, Brasilien, Ostindien, am Cap, Europa.

2. Schwimmpflanzen.

Ranunculus hederaceus L. Gemässigtes und subarctisches Europa im westl. Theile, Schweden, Dänemark, westl. Deutschland, Frankreich, Spanien, Dalmatien; Sibirien; St. Georgs Insel nördl. von Unalaschka; Grönland; Südafrika.

Ran. Lenormandi Schulze. Westl. Europa, Britische Inseln, Frankreich, Asturien, Sicilien.

Nuphar luteum L. Europa beiderseits der Pyrenäen und Alpen (Grossbrit., Sardinien, Sicilien); N.W.-Asien (Baikal); N.-Amerika, Sitcha, Canada, nördl. vereinigt. Staaten.

Nymphaea alba L. Europa beiderseits der Pyr. und Alpen (Grossbrit., Sardinien, Sicilien); N.- und W.-Asien bis zum Himalaya; N.-W.-Amerika; N.-Afrika.

Trapa natans L. Europa auf beiden Seiten der Alpen, Schweden, Dänemark, Holland, fehlt aber in Grossbrit., auf Sardinien, Sicilien und Corsica; in Asien (Sibirien, Caucasus).

Limnanthemum Nymphaeoides Link. Europa von Dänemark an südlich jenseits der Pyrenäen und Alpen; Kleinasien, N.-Asien, W.-Asien bis N.W.-Indien, Baikal.

Polygonum amphibium L. N. gemässigte und arctische Regionen.

Hydrocharis morsus ranae L. Europa ausser Türkei; Sibirien.

Alisma natans L. Europa nördl. der Alpen, Spanien.

Potamogeton natans L. Fast überall.

Pot. rufescens Schrad. Europa; Sibirien, N.W.-Indien; N.-Amerika, Unalaschka.

Lemna polyrrhiza L. Mitteleuropa; Aegypten, Madeira; Asien; Neuholland; N.-Amerika; Cuba; Venezuela.

Lemna minor L. Die verbreitetste Lemnacee. Alle Welttheile, wenn auch nicht aus allen geogr. Breiten derselben bekannt. Unter anderen auch auf den Canaren, Madeira, Azoren, Neuholland, Van Diemensland, Neu Granada etc.

Lemna gibba L. Europa; Sibirien; N.-Afrika, Canaren; Amerika; Philippinen etc. Scheint der vorigen Art nur wenig nachzustehen.

Lemna arrhiza L. Europa in Deuschland, Holland, Belgien, Frankreich, Spanien, Corsica, Italien; Afrika in Angola, Algier, Guinea; Asien in Vorderindien, Assam, Hinterindien, auf Java, den Philippinen.

Glyceria fluitans L. Europa; N.-Afrika; Caucasus; Himalaya, W.-Sibirien; Neuholland; N.-Amerika; Chili.

Salvinia natans L. Europa; W.- und N.-Asien; N.-Amerika.

Azolla caroliniana. N.-Amerika; New-York, Arkansas, Illinois, Ohio, New-Orleans, Texas; Californien, Mexico; Antillen; Central-Amerika; Venezuela; Guiana; Brasilien. In Südeuropa naturalisirt.

Marsilea quadrifolia L. Europa; mittleres Asien; N.-Amerika.

Riccia natans. Europa, N.-Amerika.

Aus dieser Uebersicht, welche keineswegs den Anspruch auf Vollständigkeit macht, geht zur Genüge hervor, dass unsere submersen und schwimmenden Gewächse der überwiegenden Mehrzahl nach ausserordentlich weite Verbreitungsbezirke bewohnen. Einige vermögen sowohl in kälterem als in wärmerem Wasser gleich gut zu gedeihen und dehnen ihr Wohngebiet von der arctischen Zone bis in die tropische aus. Die Mehrzahl unserer Wassergewächse ist allerdings an die Wassertemperaturen der gemässigten Zone angepasst, erstreckt sich aber innerhalb

dieser Zone in der Regel um den ganzen Erdball[1]). Weder weite Entfernungen, weder Meere, weder Wüsten oder grosse Strecken wasserarmen Landes gebieten der Verbreitung Einhalt. Auf entfernten Inseln treffen wir gleiche Arten wie in unseren Gewässern, in Gegenden mit total von der unseren verschiedener Landflora erinnert uns sofort die Wasserflora an die Bewohner unserer Teiche und Flüsse. Zwar zeichnen sich auch gewisse Landpflanzen durch weite Ausdehnung ihres Wohngebiets aus, ihre Zahl ist aber im Verhältniss eine geringe zu der Zahl der Arten von beschränktem Vorkommen. Die Landpflanzen finden eben nicht überall jene Geichartigkeit der äusseren Lebensbedingungen wie die Wasserpflanzen, und diese ist es, welche die Grundbedingung für die weite Verbreitung der letzteren abgibt.

Wenn nun auch das Medium der Wassergewächse an und für sich eine weite Verbreitung derselben zulässt, so ist damit noch nicht das Auftreten einer Species in weit auseinander liegenden Gegenden, auf oceanischen Inseln erklärt. Die Einwanderung einer Art aus einem Flussgebiet in das andere mag vielleicht hie und da besonders in Flachländern durch zeitweilige grössere Ueberschwemmungen herbeigeführt sein, es mögen auch manche Flussgebiete in früheren geologischen Perioden zusammengehangen haben und ihre Bewohner ausgetauscht haben, aber diese Erklärung reicht nicht aus. Die eigentliche Ursache für die eingangs hervorgehobene Erscheinung müssen wir

---

1) Nach Besser's Liste (Flora 1834 I) finden sich z. B. im Baikalsee folgende unserer gewöhnlichen Wassergewächse:

Ranunculus aquatilis.
Myriophyllum spicatum.
„ verticillatum.
Callitriche verna.
Hippuris vulgaris.
Ceratophyllum demersum.
Utricularia vulgaris.
Potamogeton perfoliatus.
Nymphaea alba.
Nuphar luteum.
Villarsia nymphaeoides.
Potamogeton natans.
„ heterophyllus.
Lemna minor.
Alisma Plantago.
Butomus umbellatus.
Sparganium simplex.

vielmehr in der Verbreitung der Samen und Früchte der Wassergewächse durch Wasservögel suchen, worauf schon oben hingewisen wurde. Nur auf diese Weise begreift sich z. B. das Auftreten von europäischen Wasserpflanzen auf oceanischen Inseln. Weder der Wind, noch Meeresströmungen können diese Pflanzen übertragen und auch der Mensch dürfte wohl wenig zur Ausbreitung mithelfen, denn er kultivirt sie nicht und ihre Samen finden sich auch nicht unter den Samen der Unkräuter. De Candolle spricht in seiner Géographie botanique seine Verwunderung über die weite Verbreitung der Wassergewächse aus, erörtert die möglichen Ursachen, zieht aber nicht die Uebertragung der Früchte und Samen durch Wasservögel in Betracht und findet schliesslich (pg. 1006) „l'hypothèse des origines multiples pour chaque espèce“ vielleicht am wenigsten complicirt, welche Hypothese indessen völlig unhaltbar ist.

Wenn zwar die horizontale Verbreitung der Wassergewächse eine sehr ausgedehnte ist, so verschwinden in den Hochgebirgen beim Aufstieg in die alpinen Regionen die meisten Vertreter sehr bald. Ich gebe im Folgenden eine Liste der oberen Grenzen unserer hauptsächlichsten Wassergewächse in den südbayrischen Alpen, welche aus den Angaben Sendtner's (Vegetationsverhältnisse Südbayerns, pg. 379 ff.) zusammengestellt ist:

1. Untere Ebenenregion bis 1199'.

Potamogeton obtusifolius 1177'.

2. Obere Ebenenregion 1200—1699'.

Limnanthemum Nymphaeoides 1200'.
Potamogeton spathulatus 1260'.
Trapa natans 1300'.
Sagittaria sagittaefolia 1300'.
Marsilea quadrifolia 1400'.
Ranunculus paucistamineus 1450'.
Callitriche stagnalis 1450'.
Hydrocharis morsus ranae 1450'.
Oenanthe Phellandrium 1460'.
Hottonia palustris 1460'.
Potamogeton acutifolius 1480'.
Nymphaea semiaperta 1500'.
Montia minor 1500'.
Callitriche platycarpa 1520'.
Lemna polyrrhiza 1600'.
Lemna gibba 1600'.
Stratiotes aloides 1650'.

3. Untere Bergregion 1700—2499'.

Utricularia intermedia 1800'.
Potamogeton gramineus 1800'.
Potamogeton lucens 1856'.

Glyceria aquatica 1860′.
Ranunculus aquatilis 1870′.
Peplis Portula 1950′.
Utricularia vulgaris 2000′.
Potamogeton pusillus 2000′.
Potamogeton densus 2000′.
Potamogeton perfoliatus 2250′.
Callitriche hamulata 2400′.
Ranunculus divaricatus 2443′.
Ranunculus fluitans 2450′.
Myriophyllum verticillatum 2450′.
Myriophyllum spicatum 2450′.
Ceratophyllum demersum 2450′.
Limosella aquatica 2450′.
Utricularia minor 2450′.
Zannichellia palustris 2450′.
Lemna trisulca 2450′.
Sparganium natans 2450′.

4. Obere Bergregion 2500—4299′.

Alisma Plantago 2500′.
Lemna minor 2500′.
Nuphar luteum 2865′.
Polygonum amphibium 2865′.
Nuphar Spennerianum 3000′.
Hippuris vulgaris 3200′.
Nymphaea alba 3261′.
Potamogeton natans 3373′.
Glyceria fluitans 3656′.

5. Voralpenregion 4200—5299′.

Ranunculus Rionii 4975′.
Potamogeton rufescens 5000′.
Potamogeton pectinatus 5000′.

6. Untere Alpenregion 5300—6099′.

Callitriche vernalis 5787′.

7. Obere Alpenregion 6100—7099′.

8. Schneeregion 7100—8500′.

Wenn wir diese Tabelle betrachten und gleichzeitig auch die Floren von Caflisch und Dalla Torre, welche beide die verticale Verbreitung genau angeben, durchsuchen, so erkennen wir, dass die überwiegende Mehrzahl der submersen und schwimmenden Gewächse die Gewässer der Ebenen und der Mittelgebirge bewohnt. Schon in der oberen Ebenenregion und in der unteren Bergregion erreichen die meisten Vertreter ihre oberen Grenzen. Bis in die obere Bergregion dringen nur wenige vor und in der Voralpenregion kommen nach Sendtner in Südbayern nur Ranunculus Rionii, Potamogeton rufescens und pectinatus vor, an welche sich nach Dalla Torre noch Montia rivularis und minor (Alpenkette bis 1500 m zerstreut) sowie Potamogeton praelongus (Schweiz, bei 1500 m selten) anschliessen würden. In der unteren Alpenregion erreicht Callitriche vernalis bei 5787′ seine oberste Grenze und darüber hinaus verschwinden die wasserbewohnenden Ge-

fässpflanzen gänzlich. Und wie in unseren Alpen, so werden auch in den übrigen Gebirgen mit alpinen Regionen die Wassergewächse nicht sehr hoch hinaufsteigen. Die überwiegende Mehrzahl hat ihr Verbreitungsgebiet im Flachland, von welchem sie in die Gebirge vordringen. Nur äusserst wenige lassen ihre unteren Grenzen in der oberen Ebenenregion oder gar erst im Gebirge beginnen, nach Sendtner in Südbayern nur folgende:

Potamogeton crispus bei 1330'.
Ranunculus Rionii bei 1340'.
Potamogeton rufescens bei 1600'.

Auf welche Ursachen ist das baldige Verschwinden der Wassergewächse beim Aufstieg in die Gebirgsregionen zurückzuführen? Es scheinen mir verschiedene Momente zusammenzuwirken, welche diese Erscheinung bedingen. In der subalpinen und alpinen Region werden die Lebensbedingungen für die Wasserpflanzen ungünstiger. Infolge der abnehmenden Temperatur verkürzt sich die Vegetationszeit für die meisten derselben und noch dazu bleiben im Sommer die Gebirgsflüsse und Seen, welche von den schmelzenden Firnfeldern oder Gletschern gespeist werden, kalt. Ausserdem muss berücksichtigt werden, dass die Bäche und Flüsse des Hochgebirges meist sehr reissend sind und eine Menge Gesteinsdetritus in Form von Sand und Gerölle mit sich zu Thal führen, welche natürlich eine ruhige Entwicklung der im Wasser vegetirenden Gewächse nicht zulassen. Die Wassergewächse vermögen ferner nicht im Hochgebirge zu überwintern, da die Bäche und Tümpel im Winter völlig und wohl in der Regel bis auf den Boden zufrieren. Für einjährigen Lebenscyclus aber scheint der Sommer zu kurz zu sein. Alle diese ungünstigen Momente bewirken, dass die oberen Grenzen der Wassergewächse im Hochgebirge tief nach unten rücken.

Ihre Hauptentfaltung erreichen die Formationen der submersen und schwimmenden Gewächse in den langsam fliessenden Gewässern und den Teichen und Seen des flachen Tieflandes.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel VI.

Fig. 1. Potamogeton pectinatus. Im November gebildete Winterknollengeneration. I Achse des letztgebildeten Laubtriebes; II und II^a dessen Tochtersprosse aus seinem 2. und 3. Niederblatt; der Spross II^a, der sich grade so wie II, nur schwächer weiter verzweigt, abgeschnitten; III, IV, V die Knollen erzeugenden Sprosse, deren dritte und vierte Internodien zu Knollen anschwellen. a, b, c, d die aufeinanderfolgenden Niederblätter der einzelnen Axen, w Adventivwurzeln. $^1/_1$. Nach Irmisch.

Fig. 2. Sagittaria sagittaefolia, Winterknolle; a Insertionshöhe des Scheidenblattes s_2, b desgleichen von Scheidenblatt s_3, welches die Endknospe einschliesst. Das erste Scheidenblatt der Knolle ist schon verwest. $^1/_1$.

Fig. 3. Sagittaria sagittaefolia. Eine junge, aus ihrer Knolle erwachsene Pflanze. a Knolle; b drittes Scheidenblatt der Knolle; c ihr Ausläufer; e grasartige submerse Erstlingsblätter, allmählig in die schwimmenden f übergehend, welch' letztere zu den pfeilförmigen Luftblättern überführen; g Wurzeln. $^1/_3$. Nach Nolte reducirt.

Fig. 4. Utricularia minor. Bildung eines Hibernakels am Ende eines Zweiges im October. $^1/_1$.

Fig. 5. Hydrilla verticillata. Theil eines Stammes mit 2 Blattquirlen, in der Achsel eines Blattes eine Winterknospe a. Nach Caspary.

Fig. 6. Hydrocharis Morsus ranae. Winterknospe in Keimung begriffen (Mai); die zwei ersten noch rudimentären Laubblätter l_1 und l_2 haben sich zurückgespreizt; s_1 und s_2 ihre entsprechenden Stipeln; s_1 an der Spitze schon zum Theil verwest. $3^1/_2/_1$.

Fig. 7. Hydrocharis Morsus ranae. Desgl., etwas späterer Zustand; l_1, l_2, l_3, l_4 die aufeinanderfolgenden Laubblätter mit ihren Stipelpaaren s_1, s_2, s_3; s_4 noch vollständig in Knospenlage. $^2/_1$.

Fig. 8. Hydrocharis Morsus ranae. Junges Pflänzchen, aus einer Winterknospe hervorgegangen. l_1, l_2 etc., s_1, s_2 etc.

die aufeinanderfolgenden Laubblätter und Stipeln. w erste, grüne Adventivwurzel.

Fig. 9. Potamogeton crispus. Hibernaculum mit austreibender Rhizom- und Laubtriebbildender Knospe. Nach Treviranus.

Fig. 10. Potamogeton pusillus. Winterknospe (August). $^1/_1$.

Fig. 11. Potamogeton obtusifolius. Trieb Anfangs November; die abgebogenen Blätter zum Theil zerstört oder im Absterben begriffen. Winterknospenbildung. $^1/_1$. Nach Irmisch.

Fig. 12. Wolffia arrhiza. Ueberwinterungsspross im vertikalmedianen Längsschnitt; c Narbe von Ablösung des Sprossstiels, f Tochterspross, 2f Enkelspross, f_1 erster Beispross. $^{39}/_1$. Nach Hegelmaier.

Fig. 13. Myriophyllum spicatum. Landform von einer feuchten schattigen Stelle an der Siegmündung. Ein Theil der Triebe abgeschnitten. $^1/_1$.

Fig. 14. Myriophyllum alterniflorum. Landform von einer sonnigen Stelle auf Flusskies am Ufer der unteren Sieg. $^1/_1$.

Tafel VII.

Fig. 1. Ceratophyllum demersum. Keimpflänzchen, nach Schleiden (Beitr.). cot Keimblatt, r Radicula, b_1 b_1 1. Blattpaar.

Fig. 2. Stratiotes aloides. Keimpflanze, Ende Juli, nach Irmisch (Flora 1865). cot Keimblatt, hw Hauptwürzelchen unentwickelt bleibend, n erste Adventivwurzel. Nat. Gr.

Fig. 3. Utricularia vulgaris. Längsschnitt durch den Samen mit dem Embryo, nach Warming (Bidr.). t Testa; der abgerundete Pol des Embryo ist das Radicularende, an welchem keine Hauptwurzel angelegt wird, der eingesenkte Pol stellt den Vegetationspunkt dar. $^{50}/_1$.

Fig. 4. Utr. vulgaris. Keimender Samen, nach Kamienski (Bot. Ztg. 1877). s Samenschale, l die sog. feuilles primaires. $^{35}/_1$.

Fig. 5. Utr. vulgaris. Grösseres Keimpflänzchen mit neun primären Blättern, dem primären Utriculus und der verlängerten beblätterten Hauptaxe; die Samenschale noch anhaftend. Nach Warming (Bot. Ztg. 1877). Nat. Gr.

Fig. 6. Lemna minor. Keimpflanze, nach Hofmeister (Neue Beitr. II) s Schale des Samens, cot Keimblatt, n Nebenwurzel, spr_1 und spr_2 erster und zweiter aus der Plumula hervorgegangener Spross. $^{20}/_1$.

Fig. 7. Azolla Caroliniana. Keimpflänzchen, vom Prothallium schon abgelöst und frei schwimmend, nach Berggren (Revue sc. nat. 3. sér. I). p Fuss, hw Hauptwurzel, sc Scutellum (Keimblatt), c Terminalknospe, die ersten beiden Laubblattanlagen zeigend. $^{35}/_{1}$.

Fig. 8. Salvinia natans. Schwimmendes Keimpflänzchen mit Macrospore m und Prothallium pr nach Pringsheim (Jahrb. f. w. Bot. III), p Fuss, zu einem Stielchen verlängert, sc auf dem Wasser schwimmendes Scutellum (Keimblatt), c Terminalknospe.

Fig. 9 a—e. Ruppia rostellata, a b e nach Irmisch (Flora 1851), c d nach Wille (On Kimens udvikl.)

9 a und b Embryonen von allen Hüllen befreit, cot Keimblatt, pl Plumula, r Radicularende, nw Nebenwurzelanlage. Etwas vergr.

9 c Keimling mit Fruchtschale s, b_1 erstes Blatt. Vergr.

9 d Keimling aus derselben herauspräparirt, hw Hauptwurzelanlage. Vergr.

9 e Keimpflänzchen in der Fruchtschale noch sitzend. s Schale, nw Nebenwurzel, cot Keimblatt, d Achse, b_1 b_2 erstes und zweites Blatt.

Fig. 10 a—b. Zannichellia palustris. Nach Wille (On Kimens udv.)

10 a Keim aus der reifen Frucht. Vergr.

10 b Keimpflänzchen. Vergr. cot Keimblatt, bl_1 erstes Batt, hw Hauptwurzel, rudimentär bleibend, wh Wurzelhaare, hypc. hypocotyles Glied.

Fig. 11. Potamogeton lucens. Keimpflänzchen nach Warming (Den alm. Bot.). cot Keimblatt, lb_1 erstes Blatt, hw Hauptwurzel, wh Wurzelhaare.

Fig. 12 a—c. Potamogeton natans. Nach Tittmann.

12 a Keimende Frucht.

12 b Keimling mit herausgetretenem Keimblatt.

12 c Keimpflänzchen. cot Keimblatt, f Fruchtschale, hw Hauptwürzelchen, lb_1 lb_2 erstes und zweites Laubblatt.

Fig. 13. Najas major. Keimpflänzchen nach Irmisch (Flora 1865). hw Hauptwurzel mit Wurzelhaaren, cot Keimblatt mit aufsitzender Fruchtschale, pl Plumula.

Fig. 14 a—b. Ranunculus aquatilis. Keimpflänzchen nach Askenasy (Bot. Ztg. 1870). 14a unter Wasser, 14b auf dem Lande entwickelt.

Fig. 15 a—b. Nuphar luteum. Nach Tittmann.

15 a Aus dem Samen hervortretender Keimling, die beiden

Cotyledonen im Samen als Saugorgan. r Radicula, epc epicotyles Glied, lb_1 erstes Laubblatt. Vergr.

15 b Keimpflänzchen. Mit einigen primären zarthäutigen Blättern lb_1 lb_2 lb_3. hw Hauptwurzel, nw Nebenwurzeln. Nat. Gr.

Fig. 16 a—d. Nymphaea alba. Nach Tittmann.

16 a Aus dem Samen hervortretender Keimling, die beiden Cotyledonen im Samen als Saugorgane. Vergr.

16 b Derselbe herauspräparirt. Vergr. Die Hauptwurzel an beiden noch nicht entwickelt.

16 c u. d Keimpflänzchen. s Samen, r Radicula, hw Hauptwurzel, nw Nebenwurzel, lb_1 lb_2 lb_3 die ersten Laubblättar, epc epicotyles Glied.

Fig. 17 a—c. Trapa natans. Nach Tittmann.

17 a Keimling mit herauspräparirtem Samen. Die Hauptwurzel und Keimblätter sind in Streckung begriffen.

17 b Keimpflänzchen mit anhängendem Fruchtgehäuse.

17 c Weiter entwickeltes Keimpflänzchen mit herabgebogener Hauptwurzel. Die Stengel meist abgeschnitten. fr Fruchtschale, s Same, cot langer linealer Cotyledon, cot_2 schuppenförmiger Cotyledon, hw Hauptwurzel, st st_1 Stengel.

Inhaltsverzeichniss.

Seite

Cap. 1. Lebensweise, Gestaltung und Variation der Wassergewächse 217

Einleitung 217

I. Die Formation der submersen Wassergewächse 220

Aufzählung der Vertreter nach dem Grade der Anpassung 220

Gestaltung der Vegetationsorgane und Lebensweise im Allgemeinen 222

1) Laub 222; 2) Stengel 225; 3) Wurzel 226; 4) Vegetationsweise 227; 5) Variation 227.

Specielle Schilderung der Lebensweise, der Gestaltung und der Variation 228

1) Hottonia 229; Utricularia 230; Aldrovandia 232; Ceratophyllum 233; Riccia fluitans 234; Lemna trisulca 235.

2) Myriophyllum 237; Batrachium 239; — Hippuris 246; Elatine Alsinastrum 246; — Callitriche 247; Montia rivularis 251; Elatine hydropiper, triandra, paludosa 252; Bulliardia aquatica 252; Peplis Portula 252; — Elodea, Hydrilla 253; Najas 253; — Potamogeton 254; Zannichellia 257; Ruppia 258; Zostera, Cymodocea 258; Scirpus fluitans 258.

3) Isoëtes lac. 259; Lobelia Dortm. 259; Subularia aquat. 259; Pilularia globulifera 260; Heleocharis acicularis, Juncus supinus etc. 260; Littorella lac. 260; Limosella aquat. 260; — Vallisneria spiralis 261; Sagittaria sag. 261; Alisma 262; Posidonia Caulini 263.

4) Stratiotes aloides 263.

5) Oenanthe phellandrium, Helosciadium inundatum 263.

6) Submerse Laubmoose 264.

7) Podostemaceen 265.

II. Die Formation der Schwimmpflanzen 266

Allgemeine Eigenschaften derselben bezüglich Lebensweise und Gestaltung 266

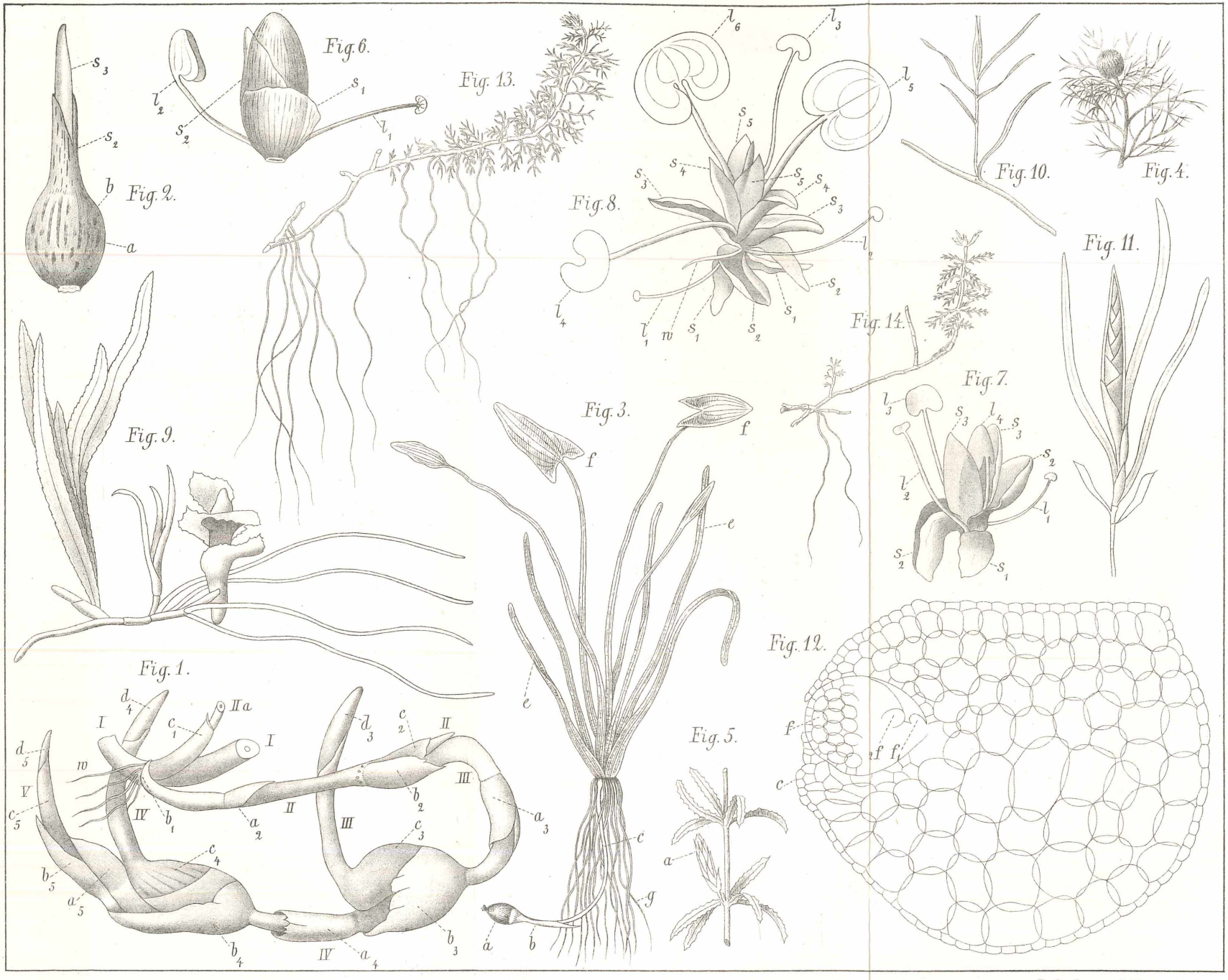
Specielle Schilderungen 270

1) Riccia natans 270; Azolla caroliniana 271; Lemnaceen 272.

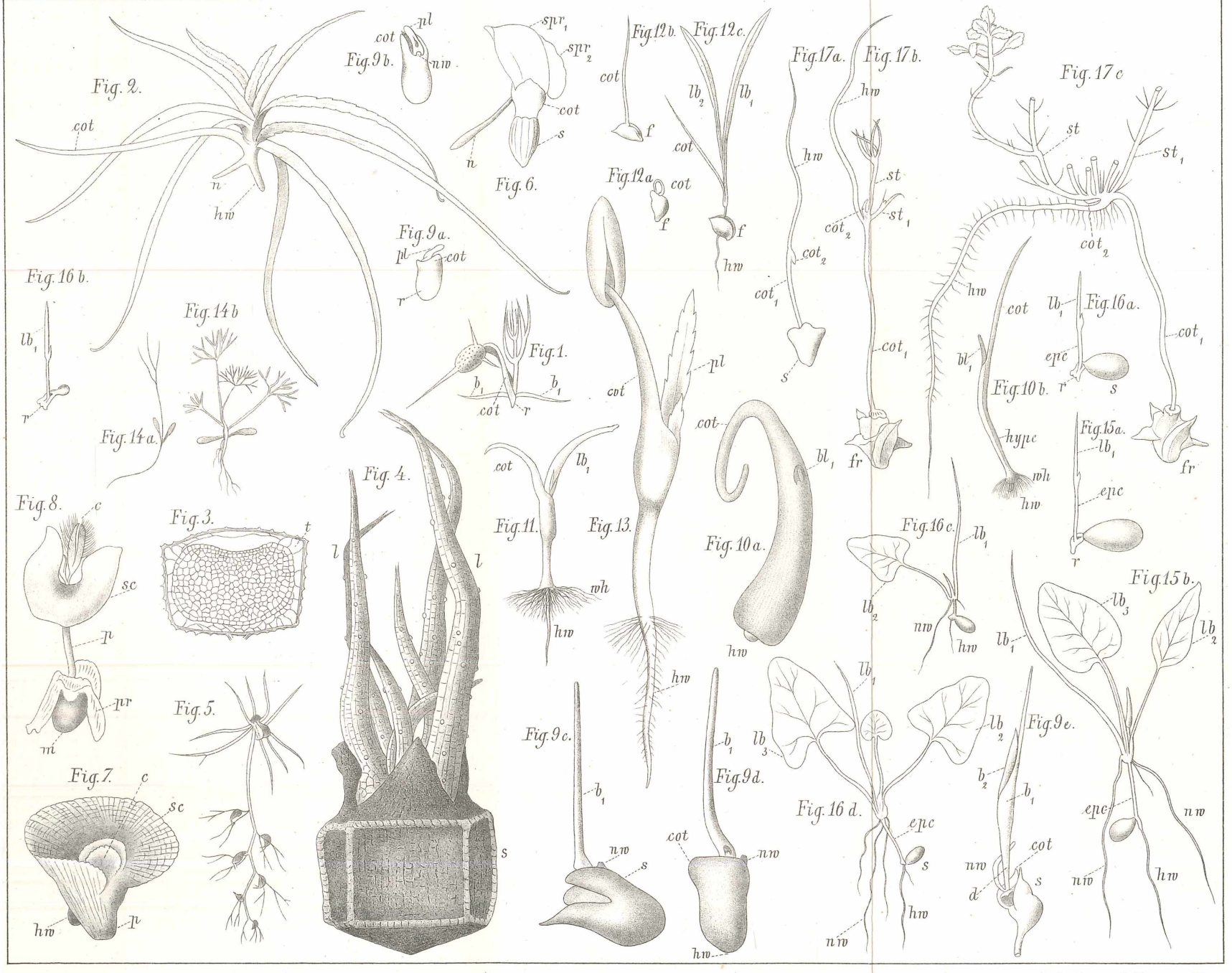
2) Salvinia natans 274; Hydrocharis 275.

3) Ranunculus hederaceus, caenosus 279; Polygonum amphibium 280; Potamogeton natans etc. 283; Alisma natans 285; Limnanthemum 287; Trapa 288; Marsilea 290; Nymphaeaceen 292.

Seite
4) Sumpf- und submerse Pflanzen mit Schwimmblättern 293
Litteratur zu Cap. 1 294
Cap. 2. Die Ueberwinterung der Wassergewächse 297
Allgemeines 297
Unverändert perennirende Vertreter 300
Ueberwinterung mittelst Rhizome 301
Ueberwinterung mittelst Knollen 301
Potamogeton pectinatus 301; Sagittaria sagittaefolia 303.
Ueberwinterung mittelst Hibernakel 304
Utricularia 304; Hottonia 306; Aldrovandia 307; Ceratophyllum 308; Myriophyllum 308; Hydrilla 309; Hydrocharis 310; — Stratiotes aloides 311; — Potamogeton crispus 313; P. pusillus 314; P. trichoides 314; P. obtusifolius 314.
Ueberwinterung der Lemnaceen 315
Rückblick 318
Litteratur 319
Cap. 3. Verhältniss der vegetativen Vermehrung zur Fructification 320
Litteratur 327
Cap. 4. Blüthengestaltung und Befruchtungsvorgänge bei den Wasserpflanzen 328
Allgemeines 328
1) Luftblüthen mit Schauapparat bei Nymphaea, Nuphar etc. 329
2) Luftblüthen ohne Schauapparat bei Myriophyllum, Potamogeton, Lemnaceen, Callitriche (Uebergang zur hydrophilen Befruchtungsweise) 331
3) Befruchtung mittelst schwimmenden Pollens bei Vallisneria, Hydrilla, Elodea, Enhalus, Ruppia 336
4) Blüthen mit submerser Befruchtung bei Ceratophyllum, Najas, Zostera, Cymodocea, Posidonia 340
Litteratur 346
Cap. 5. Fruchtbildung und Samenverbreitung bei den Wassergewächsen 347
Litteratur 352
Cap. 6. Die Keimung der Wassergewächse 353
Litteratur 364
Cap. 7. Die geographische Verbreitung der Hydrophyten und Schwimmpflanzen 366
Uebersicht über die horizontale Verbreitung 366
1. submerse Gewächse 366; 2. Schwimmpflanzen 369.
Allgemeines über die horizontale Verbreitung 370
Die verticale Verbreitung 372
Erklärung der Abbildungen 375



Lith. Inst. v. A. Henry in Bonn.



Lith. Inst. v. A. Henry in Bonn.