Physiologische Notizen

von

Julius Sachs.

VI.

Ueber einige Beziehungen der specifischen Grösse der Pflanzen zu ihrer Organisation. [1])

(Ein Beitrag zur physiologischen Morphologie.)

§ 1. Bekanntlich erreicht jede Pflanzenart (ähnlich wie es auch bei den Thieren der Fall ist) eine bestimmte specifische mittlere Grösse, wenn sie Gelegenheit findet, sich vollständig und normal zu entwickeln.

Diese specifische Grösse ist zwar innerhalb gewisser Grenzen mehr oder weniger veränderlich; aber doch so, dass die Amplitude der Schwankungen ein, meist geringes, Maass nicht überschreitet. Die mittlere Grösse gehört daher zu den constanten specifischen Merkmalen der Organismen, ebenso wie bestimmte Eigenschaften ihrer Form oder Organisation.

Bei den wildwachsenden Pflanzen, wie bei den wildlebenden Thieren, tritt diese Thatsache mit besonderer Schärfe hervor. Unter dem Einfluss der Cultur kann die specifische Grösse allerdings beträchtlichen Veränderungen unterliegen, namentlich in der Richtung einer die specifische mittlere Grösse der wilden Formen überschreitenden Zunahme der linearen Dimensionen; aber auch in der entgegengesetzten Richtung. Wäre nur Ersteres der Fall, so könnte man als Ursache wohl die bessere Ernährung durch die Cultur an-

---

1) Im Anschluss an meine früheren Abhandlungen über: „Stoff und Form" (Gesam. Abh. II. p. 1159 bis 1230) hätte ich lieber gesagt: „Grösse und Form"; doch schien mir in diesem Falle das Wort „Organisation" den Leser rascher über den Sinn des Themas zu orientiren. Im Grunde schliesst sich die vorliegende Abhandlung eng an die genannten älteren an, dort kam es mir darauf an, der formalen, scholastischen Morphologie die auf naturwissenschaftlichem Boden stehende Betrachtung organischer Formen entgegenzustellen; hier darf ich diesen Standpunkt als bereits gesichert voraussetzen.

Bayerische Botanische Gesellschaft

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00053-0

nehmen; aber der entgegengesetzte Fall, die Verkleinerung, zeigt zur Genüge, dass andere oder doch auch andere Ursachen der Grösse vorhanden sind.[1])

Beispiele für das eben Gesagte haben wir an dem Mais: der sogen. Pferdezahnmais erreicht 3—4 m Höhe mit entsprechenden Blattbreiten; der sogen. Hühnermais kaum 50—60 cm Höhe, womit zugleich die Vegetationsdauer proportional zusammenhängt. — Noch auffallendere Beispiele findet man bei den cultivirten Kürbisvarietäten.

Ich führe diese Thatsache nur an, weil dadurch im Voraus ein Irrthum beseitigt wird, der dem Leser des Folgenden möglicherweise das Verständniss erschweren könnte. Gewiss ist ja, dass die Erreichung der mittleren specifischen Grösse einer Pflanzen- (oder Thier-) Art von der normalen Ernährung, der nöthigen Zufuhr von Nahrungs-, d. h. Wachsthumsstoffen mit abhängt; aber die fundamentale Causalität ist damit keineswegs bezeichnet. Die Fälle, wo bei einem Uebermaass von disponiblen Bildungsstoffen doch nur kleine Organe entstehen und umgekehrt, sind leicht zu finden. Man denke nur an die Keimpflanzen von Vicia Faba, Quercus, Castanea u. s. w., an die Keimsprosse der Kartoffelknollen und derer von Thladiantha, Dioscorea Batatas u. s. w., deren erste Blätter sehr klein sind zu einer Zeit, wo der gesammte Vorrath an Bildungsstoffen noch disponibel ist, während später grosse Blätter bei verringertem Nahrungsvorrath entstehen; wogegen kleinere Samenkörner, wie die von Cucurbita und Phaseolus vulgaris, oder Knollen von ähnlicher Grösse wie die der Kartoffel, etwa von Amorphophallus, sofort überaus grosse Blätter erzeugen.

Diese und unzählige andere Thatsachen zeigen deutlich, dass die specifische Grösse der Organe nicht allein, nicht einmal vorwiegend von der Masse des Nahrungsvorrathes abhängt, dass also andere Ursachen darüber vorwiegend entscheiden. Diese sind nun freilich nicht bekannt, schon desshalb nicht, weil die Frage bisher niemals aufgeworfen wurde; aber für meine folgenden Betrachtungen genügt auch die blosse Kenntniss dieser Thatsache ohne ihre causale Begründung.

Es ist aber selbstverständlich, dass aus einem sehr kleinen Quantum von Bildungsstoff auch nur sehr kleine Organe entstehen können, dass z. B. die aus winzig kleinen Tabaksamen entstandenen

1) Die Grösse ist selbstverständlich Folge und Ausdruck des Wachsthums. Wie ich das Wort im vorliegenden Aufsatze anwende, bedeutet es die letzte Grenze, welche das vergrössernde Wachsthum der Organe erfährt. Die Frage nach der Grösse ist also zugleich die Frage nach der Ausgiebigkeit des Wachsthums.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00054-6

Keimpflanzen nothwendig sehr klein sein müssen, bis durch fortschreitende Assimilation und Nahrungszufuhr (Erstarkung) das Material zur Erzeugung grosser Organe angesammelt wird. Dies entkräftet aber nicht die oben angezogene Thatsache, dass bei einem Uebermaass von Bildungsstoffen doch entweder kleine oder grosse Organe sich bilden. Gerade dieser (ähnlich wie ein gut ausgedachtes Experiment wirkende) Fall beweist, dass in der Organisation der Pflanzen (wie Thiere) Einrichtungen vorhanden sind, welche über die Grösse, d. h. über die Ausgiebigkeit und Energie des Wachsthums entscheiden, ganz unabhängig von einem Ueberfluss an Bildungsstoff.

Es wäre daher auch unrichtig, die specifische mittlere Grösse einer Pflanzenart ihrer Ernährungs-, etwa ihrer Assimilationsenergie zuschreiben zu wollen; dass eine Drosera trotz ihrer Chlorophyllfunction und trotz ihres Insectenfanges klein bleibt, während eine Dionaea bei ähnlicher Lebensweise grösser wird, hängt also nicht von ihrer Stoffbildung ab, ausser insofern, dass zu geringe Stoffbildung (Ernährung) die normale Grösse nicht zu Stande kommen lässt.[1]) Wenn ich daher im Folgenden von Grösse und Wachsthum (auf dem ja die Grösse beruht) rede, so wird immer vorausgesetzt, dass ein hinreichender Vorrath von Bildungsstoffen vorhanden ist oder rechtzeitig für das Wachsthum erzeugt wird.

§ 2. Die Beziehungen zwischen Grösse und Organisation, die ich im Folgenden betrachte, sind unabhängig von der Ernährungsfrage; es wird vorausgesetzt, dass jede Pflanze sich in den günstigsten Ernährungsverhältnissen befindet.

Aber auch bei Erfüllung dieser Bedingung muss ich noch eine Einschränkung des Themas eintreten lassen.

---

1) In Bezug auf diese Frage wären erneute Untersuchungen darüber erwünscht, ob die Assimilationskraft des Chlorophylls verschiedener Pflanzenarten die gleiche oder verschieden ist. Wäre nun Ersteres der Fall, so entsteht die Frage, warum Pflanzen, wie Draba praecox, Linum Catharticum u. dgl. so klein bleiben, in derselben Vegetationszeit wo ein Helianthus annuus die vieltausendfache Grösse erreicht. Anderseits ist aber gewiss nicht anzunehmen, dass die Assimilationskraft jener kleinen Pflanzen um das Vieltausendfache kleiner sei. Viel wahrscheinlicher ist, dass das Ergebnise der Assimilation wesentlich von dem Verbrauch der Assimilationsprodukte, also vom Wachsthum abhängt. Jedenfalls darf ich aus meinen früheren Untersuchungen über die Assimilation schliessen, dass eine rasche Fortschaffung der Assimilationsprodukte aus den Blättern die Thätigkeit des Chlorophylls begünstigt, d. h. mit anderen Worten, die Assimilationsthätigkeit hängt von der Energie des Wachsthums ab; durch letztere aber wird die specifische Grösse erzeugt. Diese ist also das primär Bestimmende.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00055-2

Ein vorläufiger Ueberblick über die allbekannten Thatsachen zeigt sofort, dass bei dem gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse einige Klarheit betreffs der soeben genannten Frage nur dann zu gewinnen ist, wenn man Pflanzenarten oder einzelne Organe von extremer Grösse oder Kleinheit bezüglich ihrer Organisation vergleicht; schon eine vorläufige Orientirung auf diesem Gebiet lehrt, dass bei geringeren, aber noch immer recht beträchtlichen Grössenunterschieden der Species die Organisationsverhältnisse eine sehr wesentliche Verschiedenheit nicht zu zeigen brauchen; mit anderen Worten: Arten von gleichem Genus-, Familien- oder Klassentypus können sehr verschiedene Grössen haben, ohne ihren typischen Charakter zu verleugnen; man denke nur an die kleinsten und grössten Orchideen, die kleinsten und grössten Aroideen, Compositen, Euphorbiaceen u. s. w.

Zwar würden genauere Untersuchungen ohne Zweifel ergeben, dass innerhalb eines gegebenen Typus mit den Unterschieden der specifischen Grössen auch solche der Organisation einhergehen; es fehlt jedoch bis heut an Untersuchungen, welche diese Frage bestimmt in's Auge fassen; auch würden Beispiele, die sich in angegebener Richtung zahlreich genug finden liessen, doch nicht der hier von mir verfolgten Absicht entsprechen; denn es kommt mir nicht darauf an, in nur descriptiver Weise Dies und Jenes über die Beziehungen zwischen Grösse und Organisation zusammenzustellen, bei welcher Methode ohnehin niemals viel herauskommt; sondern meine Absicht ist, womöglich causale Beziehungen aufzufinden, zu zeigen, warum gewisse Beziehungen zwischen specifischer Grösse und Organisation (unabhängig von dem unter § 1 Gesagten) bestehen; weil ich hoffe, auf diesem Wege eines oder einige der Principien vegetabilischer Gestaltung und zwar unabhängig von Darwinistischem Phrasenthum aufzufinden.

§ 3. Es soll sich also im Folgenden um Vergleichung der Organisation bei sehr verschiedener specifischer Grösse handeln, um extreme Grössenunterschiede und um die Frage, inwieweit diese letzteren als Ursache oder Wirkung verschiedener specifischer Grössen oder inwieweit Grösse und Form als Coëffecte anderer Ursachen aufzufassen sind. Mittlere unbedeutende Grössenunterschiede sollen, wie gesagt, nicht herbeigezogen werden, weil ohne bestimmt darauf gerichtete Untersuchungen kein bestimmtes Resultat zu erwarten ist, sofern es sich um die Causalität und nicht bloss um descriptive Zusammenstellung handelt.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00056-8

Man könnte nun vielleicht verlangen, dass ich Begriffsbestimmungen der Ausdrücke „gross“ und „klein“, die ich nun öfter benützen werde, gebe. Ich halte das jedoch für überflüssig, da es sich ja immer nur um sehr grosse Differenzen, und zwar zunächst der linearen Dimensionen, handelt. Wo wir es mit nicht mikroskopischen Objecten zu thun haben, sind Organe oder ganze Pflanzen von 1 bis 10 mm, selbst mehr, „klein“; solche von 1 bis 5 m „gross“. Es bedarf keiner philosophischen Distinctionen, dass wir Lebermoose im Allgemeinen kleine, Musaceen und Coniferen im Allgemeinen grosse Pflanzen nennen; und mehr brauchen wir zur Verständigung nicht.

Aehnlich ist es auf mikroskopischem Gebiet, wenn wir dieses für sich allein betrachten. Die Differenzen der Grösse (resp. Grössen-Quotienten) sind hier ebenso bedeutend, wie in der makroskopischen Welt: ein Volvox globator ist eben sehr gross im Vergleich zu einem Scenodesmus, eine Schwärmspore von Vaucheria riesenhaft im Vergleich zu einem Spermatozoid derselben Pflanze.

Doch ist zu beachten, dass, nach den hier zu entwickelnden Ansichten, eigentlich mikroskopische Objekte nicht immer ohne Weiteres mit makroskopischen verglichen werden dürfen, wenn es sich um die Beziehungen zwischen Grösse und Organisation handelt. Ich werde weiter unten zeigen, wie dies zu verstehen und warum es so ist. Einstweilen will ich nur darauf hinweisen, dass ja die Bedeutung des mikroskopischen Sehens keineswegs darin liegt, dass man kleine Dinge gross sieht, sondern darin, dass uns das Mikroskop eine von der makroskopischen ganz verschiedene Formenwelt enthüllt, von deren Dasein man früher keine Ahnung hatte. Nicht die Kleinheit, sondern die Eigenartigkeit der Organisation ist es, was uns das Mikroskop so werthvoll macht.

§ 4. Ebenso möchte ich mich durch einige Worte über die Begriffe: Organisation, Differenzirung, Gliederung aussprechen, weil die damit bezeichneten Eigenschaften der Species mit ihrer Grösse oder Kleinheit in Beziehung gesetzt werden sollen.

Ich verstehe hier unter Organisation sowohl die äussere Gliederung, wie die innere Differenzirung der Gewebe; hervorzuheben ist aber, dass ich diese Ausdrücke nicht gerade in dem herkömmlichen Sinne der Lehrbücher nehme. In diesen wird, besonders wenn es sich um Systematik und Charakteristik systematischer Abtheilungen handelt, die Sache gewöhnlich so behandelt, als ob ganze grössere Abtheilungen (Klassen, Ordnungen) nur hochentwickelte, vollkommen organisirte

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00057-4

Formen enthielten, andere Abtheilungen aber nur einfach organisirte, unvollkommene. So werden die Muscineen und sogar Gefäss-Kryptogamen gern als einfachere, die Phanerogamen als vollkommenere Organisationen bezeichnet, wobei man vergisst, dass z. B. eine Marchantia viel höher organisirt, äusserlich mannigfaltiger gegliedert und mit weiter gehender Gewebedifferenzirung versehen ist als z. B. eine Lemna oder selbst eine Scilla bifolia unter den Phanerogamen. In ganz verschiedenen Typen können sich gleiche Höhen der Organisation finden und umgekehrt im selben Typus sehr verschiedene Abstufungen in der äusseren Gliederung wie in der inneren Differenzirung. Das Alles ist ja hinlänglich bekannt,[1]) muss hier aber doch betont werden, nm Missverständnisse zu vermeiden, die etwa aus der ungenauen Ausdrucksweise entstehen könnten, die sich aus früherer Zeit in unserer Litteratur noch erhalten hat.

Es wird also, wie ich hoffe, keinen Anstoss erregen, wenn ich z. B. einen Baumfarn als eine sehr hoch organisirte, ein Potamogeton als eine einfach organisirte Pflanze bezeichne. Jede natürliche Gruppe des Pflanzenreichs beginnt ja mit einfachsten Formen und erhebt sich zu hoch organisirten. Wo daher ein solch einfacher Anfang fehlt, da hat man es eben nicht mit einer natürlich begrenzten Gruppe zu thun; bei den Gymnospermen ist dies der Fall; die hergebrachte Classification behandelt sie als eine natürliche Gruppe; dieser fehlen aber die morphologisch einfachen Anfänge; solche liegen in den heterosporen Filicineen und Lycopodiaceen, überhaupt in den Gefässkryptogamen: die Gymnospermen sind eben nur die oberen Glieder der heterosporen Gefässkryptogamen, die ihrerseits aus den einfachsten Archegoniaten entsprungen sind. Doch dies nur nebenbei, um gelegentlich darauf hinzuweisen, dass ein hochdifferenzirtes Laub- oder Lebermoos (Marchantia, ein Polytrichum) eine vollkommener gegliederte und höher differenzirte Pflanze ist, als z. B. ein sehr einfaches Farnkraut, wie wir es unter den kleinsten Trichomanesarten finden u. s. w.

Das Gesagte wird hinreichen, jeden Zweifel auszuschliessen, wenn ich die Worte hoch differenzirt und gegliedert, — einfach organisirt u. s. w. brauche; nur darauf kam es hier an, weil es sich um Beziehungen dieser Begriffe zu der Grösse oder Kleinheit der Species handelt.

---

1) Ich hoffe, dass die vorliegende Abhandlung auch von Nichtbotanikern gelesen wird, zu deren Orientirung das oben Gesagte wohl nicht ganz überflüssig sein dürfte.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00058-0

Bei einer ausführlichen Behandlung unseres Themas wäre es gut, diese Beziehungen zunächst nur innerhalb eines Typus (einer Klasse, Ordnung, Familie) aufzusuchen; bei der hier gebotenen Kürze der Darstellung ist es jedoch kaum nöthig, denn es zeigt sich, dass die Grössen- und Organisationsbeziehungen, wie ich sie im Auge habe, ganz allgemein, auch unter verschiedenen Typen gelten. Es ist also nicht gerade nöthig, Grösse und Organisation z. B. einer Monstera mit der einer kleinen Aroidee wie Arum maculatum, oder die einer grossen baumförmigen Euphorbiacee mit der einer kleinen Euph. peplis u. s. w. zu vergleichen; wir können vielmehr jede beliebige sehr grosse mit jeder beliebigen sehr kleinen Art von verschiedenen Typen vergleichen; nur ist einstweilen der Vergleich zwischen eigentlich mikroskopischen und den makroskopischen Formen ausgeschlossen, aus Gründen, die später beigebracht werden sollen.

§ 5. Eine wissenschaftliche Frage ist um so leichter zu beantworten, je schärfer, je bestimmter man sie fasst. In unserem Falle habe ich dies folgendermaassen zu erreichen gesucht. Ich stelle mir die äussere Gliederung und innere Differenzirung einer mir genauer bekannten, vielfach untersuchten Pflanzenart möglichst lebhaft vor und denke mir nun, dass unter Beibehaltung dieser Organisationsverhältnisse nur die Grösse, d. h. die linearen Dimensionen der Organe und Zellen, sich ändern und zwar beträchtlich ändern. Es muss sich bei consequentem Denken nun zeigen, was dabei herauskommt: ob die betreffende äussere Gliederung und innere Organisation überhaupt noch möglich und denkbar ist, wenn alle Dimensionen der Organe und Zellen 50mal oder 100mal so gross, als in Wirklichkeit angenommen werden und ebenso, wenn man sie auf $^1/_{50}$ oder $^1/_{100}$ der wirklichen Grösse reduzirt denkt. Es muss sich zeigen, ob die Organisation so etwas verträgt, ob dann die Pflanze noch lebensfähig ist und ob ihre Organisation dann noch den Gesetzen der vegetabilischen Struktur entspricht.

Wir müssen aber bei diesem Verfahren zweierlei Gesichtspunkte anwenden: es wird darauf ankommen, ob die vergrössert oder verkleinert gedachte Pflanzenart den äusseren Lebensverhältnissen gegenüber noch existenzfähig erscheint, d. h. genügend adaptirt, angepasst, ist oder nicht (biologische Betrachtung); und ferner, ob eine so vergrössert oder verkleinert gedachte Pflanze noch den Organisationsgesetzen, dem Wachsthum und dem Zellenbau entspricht, wie sie im Pflanzenreich überhaupt gelten (physiologische Betrachtung).

Die Beantwortung beider Fragen ist allerdings nur annähernd

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00059-8

möglich, weil eben weder die Biologie noch die Physiologie (incl. der Morphologie) hinreichend genaue Grundlagen liefern.

Indessen einen Versuch können wir ja machen und sehen, was herauskommt.

§ 6. Wenden wir nun z. B. die im § 5 dargelegte Betrachtungsweise auf Marchantia polymorpha an; ihre Organisation ist hinlänglich bekannt und ebenso ihre Grösse, die zwar je nach dem Standort veränderlich ist, aber doch nur in ziemlich engen Grenzen.

Stellen wir uns dieses vollkommenste aller Lebermoose 50 mal vergrössert vor, etwa so, wie ein grosses Demonstrationsbild sie zeigen würde; also alle linearen Dimensionen 50 mal vergrössert, dabei aber die äussere Gliederung und die Gewebedifferenzirung festgehalten. Als Lehrer der Botanik ist man an solche Bilder ja ganz gewöhnt; nur vergisst man dabei, dass sie etwas ganz Unmögliches darstellen.

Die Flachsprosse („Thallus-Lappen") würden bei 50 maliger Vergrösserung etwa den Umfang eines Rheumblattes haben; der männliche und der weibliche Schirm hätte die Grösse eines Sonnenschirms mit ungefähr 2 m hohem, also über manneshohem Stock, der ungefähr daumendick wäre. Die Wurzelhaare, die im Innern der Schirmstrahlen durch die Rinnen des Stiel hinab in die Erde eindringen, würden etwa wie dünne Barometerröhren aussehen und die auf der Unterseite der Flachsprosse entspringenden von gleichem Aussehen würden bis über 2 m tief in den Boden eindringen; die Spaltöffnungen, ohnehin schon in Wirklichkeit die grössten des Pflanzenreichs, hätten einen Durchmesser von 4—5 mm; es wären also grosse Löcher, durch die man Schrotkörner in die Lufträume hinein werfen könnte. Die Brutknospen aber würden wie grosse Kartoffelknollen in Körben von ansehnlicher Grösse liegen.

Die Gewebezellen dieser vergrösserten Pflanze würde man bequem mit unbewaffnetem Auge sehen, da sie ungefähr 1 mm im Durchmesser hätten.

Gewiss wäre eine solche 50 mal vergrösserte Marchantia eine sehr schöne Bereicherung unserer Flora, man würde sie als Zierde der Gärten cultiviren. Nur schade, dass sie unmöglich ist, nicht existiren kann und niemals existirt hat.

Sehen wir nach, warum dem so ist.

Stellen wir uns dabei zuerst auf den biologischen Standpunkt und nehmen wir an, eine solche Marchantia wäre wirklich durch ein Wunder entstanden; die Frage ist, warum sie trotzdem sich nicht erhalten kann; das ist eben die biologische Frage.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00060-9

Zunächst, wo sollte eine solche Pflanze wachsen? Grüne Platten von der Grösse von Rheumblättern dicht auf die Erde gelagert, bei fortgesetztem Wachsthum durch dichotomische Verzweigung einen Raum von vielen Quadratmetern einnehmend, müssten an Orten wachsen, die permanent feucht und halbdunkel sind. Die Erde müsste dort sehr nahrhaft, einige Meter tief und sehr feucht sein. Wo finden sich aber solche Orte? — Die riesigen Flachsprosse würden noch dazu den Regen abhalten und die Durchfeuchtung des Bodens verhindern. — Doch wäre vielleicht noch hier und da ein Platz zu finden; aber die Pflanze müsste doch sehr selten werden und seltene Organismen sind dem Untergang verfallen. Speciell würde unserer grossen Marchantia die Fortpflanzung durch Brutknospen fast unmöglich sein; denn bei der wirklichen Pflanze werden diese durch aufschlagenden Regen versprengt, vielleicht auch durch Thiere (etwa Schnecken) vertragen; beides ist aber bei ihrer fingirten Grösse unmöglich; sie würden in den Körben liegen bleiben, was sie auch bei der wirklichen Pflanze thun, wenn sie in geschlossenen Räumen wächst. Auch die Sporen wären zu gross und zu schwer, um durch den Wind verstäubt zu werden. — Höchst unzweckmässig wären aber die grossen, weiten Spaltöffnungen: es würde hineinregnen und die Lufträume mit den chlorophyllhaltigen Zellen würden mit Wasser gefüllt, statt mit Luft; Thiere mannigfaltiger Art, ebenso Cyanophyceen u. dgl. würden sich dort ansiedeln, selbst Gräser ihren Aufenthalt dort aufschlagen u. s. w.

Kurz, die biologische Betrachtung zeigt, dass unsere 50 mal vergrösserte Marchantia ihrer Grösse wegen nicht existenzfähig ist.

Zu demselben Resultate gelangt die physiologische Betrachtung, namentlich betreffs der Gewebedifferenzirung. — Zunächst die enorme Grösse der Gewebezellen; sie widerspricht dem allgemeinen Gesetz, welches ich weiter unten ausführlicher darlegen werde. — Die grossen Röhren, als welche sich die Wurzelschläuche darstellen, sind aus physikalischen Gründen gerade für den Zweck, dem sie dienen sollen, ganz untauglich. — Die Schirmstiele sind bei Manneshöhe und Daumendicke doch nur aus saftigem, sehr grosszelligem Parenchym gebaut; es fehlt ihnen die nöthige Biegungsfähigkeit; ein ähnlicher Bau wäre höchstens bei einer submersen Wasserpflanze denkbar; bei einer Landpflanze, wie alle Erfahrung lehrt, müssten im Parenchym Bündel, Stränge von Sclerenchym verlaufen und diese sich in die Strahlen des Schirmes fortsetzen. Die grosse Marchantia würde einen Gewebebau haben müssen, wie andere ähnlichgrosse Landpflanzen, besonders ein Transpirations-System, wie diese.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00061-4

Ich denke, das Alles ist verständlich, auch ohne den Kampf um's Dasein; und zu demselben Resultat gelangt man, wenn man es versucht, die Marchantia auf eine Grösse von $^1/_{50}$ ihrer wirklichen linearen Dimensionen reduzirt zu denken, wobei aber die äussere Gliederung und die innere Gewebedifferenzirung beibehalten werden soll, ähnlich, wie es bei verkleinerten Bildern geschieht oder wie wenn man unsere Pflanze mit einem Verkleinerungsglase betrachtet.

Da hätten wir ein Pflänzchen von nahezu mikroskopischer Kleinheit; aber seine gesammte Organisation entspricht weder biologisch noch physiologisch der angenommenen Kleinheit.

Die Flachsprosse unserer kleinen Marchantia wären ungefähr 0,2 bis 0,4 mm breit und lang, der Fruchtstiel kaum 1 mm hoch und 0,02 mm dick, der Schirm 0,2 mm breit, die Wurzelschläuche nur 0,002 mm dick uud kaum 1 mm lang; die Spaltöffnungen wären etwa 0,002 mm weit; die Brutknospen 0,04 mm breit.

Solche Grössenverhältnisse könnte nur eine Pflanze haben, die neben einfachen Algen, etwa Protococcaceen, und neben Flechtenbrut an Baumrinde oder auf feuchter Erde wächst, wo sie gleich diesen bald der vollen Austrocknung, bald der Ueberfluthung ausgesetzt ist, worauf sie nicht eingerichtet ist, wie jene. Und was sollen einer solchen Pflanze die Spaltöffnungen? da ja die Transpiration und Athmung bei solcher Kleinheit auch ohne diese Organe bei unzähligen kleinen Pflanzen vor sich geht.

Das Hauptargument ist aber in der postulirten Kleinheit der Gewebezellen und ihrer Differenzirung zu suchen. Unter den niedersten Algen und Pilzen gibt es allerdings sehr kleine frei lebende oder als Familien gruppirte Zellen; aber eigentliche Gewebe, zumal mit differenzirten Gewebeformen, wie die Muscineen und selbst aus echten Geweben gebildeten grösseren Algen sie besitzen, bestehen niemals im fertigen, ausgewachsenen Zustand aus Zellen von 0,0004 mm also, aus Elementen kleiner als die Bacterien! Wir können es als ein fundamentales Bildungsgesetz betrachten, dass die Gewebezellen echter Gewebepflanzen eine gewisse mittlere Grösse einhalten, die etwa zwischen 0,02 und 0,09 mm schwankt, aber niemals auf weniger als 0,005 hinabsinkt.

Der Zellenbau unserer kleinen, auf $^1/_{50}$ reduzirten Marchantia widerspricht also den allgemeinsten Organisationsgesetzen der Gewebepflanzen.

Wie nun eine 50 mal vergrösserte und ebenso eine auf $^1/_{50}$ reduzirte Marchantia unmögliche Gebilde sind, so würden es sicher-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00062-0

lich auch Marchantien sein, die bei gleicher Organisation nur 10 mal vergrössert oder auf $^1/_{10}$ reduzirt gedacht sind. — Die der Marchantia polymorpha ähnliche Fegatella conica erreicht beträchtlich grössere Dimensionen; ist aber auch eben keine Marchantia und beinahe Wasserpflanze. Ebenso schliessen sich unserer Marchantia kleinere Familiengenossen an, aber auch sie sind eben anders organisirt und steigen wir hinab bis zu den Riccieen, so finden wir zwar viel kleinere Species, aber auch viel einfachere Organisationen, obgleich es sich in all diesen Fällen nur um unbedeutende Grössenunterschiede handelt.

Man wird also kaum zu weit gehen, wenn man sagt, dass eine Marchantia polymorpha vermöge ihrer Organisation ebenso gross sein muss, wie sie in Wirklichkeit ist, Vergrösserung und Verkleinerung würde auch sogleich eine Veränderung der äusseren Gliederung und inneren Differenzirung verlangen.

Dieses Resultat konnte durch einfache biologische und physiologische Ueberlegung gewonnen werden; aber erst genaueste specielle Untersuchungen, auf dem hier angedeuteten Wege, werden künftig zu bestimmteren Vorstellungen führen. Wenn es sich dabei ausschliesslich nur um die biologischen Bedingungen der specifischen Grösse handelte, so könnte man wohl versucht sein, diese als ein Resultat der natural selection anzusehen; da aber die Grösse auf das Innigste mit Organisationsverhältnissen zusammenhängt, so kommen noch ganz andere Factoren in Betracht: Bildungsgesetze, die im Wesen des wachsenden Organismus liegen und von der natural selection ganz unabhängig sind, bewirken, dass mit jeder äusseren Gliederung und jeder inneren Differenzirung eine bestimmte Grenze des Wachsthums, der specifischen Grösse verbunden sein muss. Wenn auch vor 30 Jahren der Gedanke der natürlichen Zuchtwahl ein Fortschritt war, so darf man es doch in unserer Zeit für blosse Gedankenlosigkeit halten, wenn man mit diesem Ausdruck fertig zu sein glaubt, wo es sich um die Erklärung der Gestaltungsprozesse handelt. Aus der natural selection lassen sich wohl specifische Anpassungen ableiten, aber die wichtigere Aufgabe der Wissenschaft liegt in der Erkenntniss der allgemeinen Bildungs- oder Gestaltungsprincipien, von denen die Selectionslehre nichts weiss, denn es liegt in ihrem Wesen, dass sie nur Einzelnheiten erklären, aber keine allgemeinen Gesetze aufstellen kann; diese zu suchen ist Sache der physiologischen Morphologie.

§ 7. Weitere Betrachtungen über die Beziehungen zwischen Grösse und Organisation möchte ich an die Blätter von Victoria regia

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00063-6

anknüpfen. Bekanntlich gehören diese zu den grössten Blättern im Pflanzenreich; nachdem die Keimpflanze Anfangs kleine, später immer grössere Blätter erzeugt hat, erreichen die der völlig erstarkten älteren Exemplare (wenigstens in ihrer Heimath) bei kreisrunder Form der Lamina einen Durchmesser von 2 m, also über 3 qm Fläche; vollständig ausgewachsen schwimmen sie flach auf dem Wasser.

Soweit ich Gelegenheit hatte, diese kolossalen Blätter kennen zu lernen, sind es besonders drei Organisationseigenschaften, die offenbar unmittelbar mit ihrer grossen Flächenentwickelung und ihrem Schwimmen auf dem Wasser zusammenhängen;[1]) die enorm vorspringenden Rippen, der aufgekrempte Blattrand und die zahlreichen Löcher, welche das Mesophyll durchbohren.

Die unter dichotomischer Gabelung vom Nabel der Lamina nach dem Rand hin ausstrahlenden Rippen, die auf der Oberseite kaum zu bemerken sind, springen auf der Unterseite wie dünne, aber hohe, auf der Kante stehende Leisten vor; in der Nähe des Centrums sind letztere schon bei einem Blatte geringerer Grösse 2—3 cm hoch, für ganz grosse Blätter wird eine Höhe dieser Rippen bis über 6 cm angegeben. Gegen den Rand hin nimmt diese Höhe (dem mechanischen Verhalten entsprechend) nach und nach ab, bis sie am Rande kaum 1 mm hoch, gegabelt auslaufen. — Sie sind mit langen Stacheln besetzt. — Die ausstrahlenden Hauptrippen werden durch, in Richtung der Peripherie verlaufende Querleisten verbunden, so dass auf der Unterseite der Lamina ein Sparrenwerk entsteht, dessen Maschen von hohen Wänden umgeben sind, so dass zumal in der Mitte des Blattes Kammern entstehen, die man allenfalls mit sehr grossen (meist viereckigen) Bienenwaben vergleichen könnte. Die obere Decke jeder Kammer oder Zelle wird von der sehr dünnen Mesophyllplatte gebildet.

Offenbar sind die Victoriablätter nach dem in meinen „Vorlesungen“ dargestellten Princip gebildet: nur grosse Blätter auch von

---

1) Von der Litteratur waren mir zunächst nur Caspari's ungenügende Beschreibungen in den „Natürl. Pfl.-Familien“ und in der „Flora brasiliensis“ fascic. 77 p. 148 zugänglich. An letzterem Ort heisst es von den grössern Blättern der erwachsenen Pflanze: „postea expansi lamina bullis maximis inter nervos prominentibus ornata, demum plana et foraminibus per multis putretine ortis pertusa.“.

Während des Druckes erhielt ich durch gütige Vermittelung der kgl. Hof- und Staatsbibliothek in München auch Fitch u. Hooker's Prachtwerk von 1851, wonach Blätter bis zu 12 Fuss Durchmesser vorkommen sollen (l. c. p. 9).

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00064-2

Landpflanzen haben vorspringende Rippen, zwischen denen die Mesophyllplatte, wie die Seide zwischen den Speichen eines Regenschirms ausgespannt ist. Kleine Blätter haben das nicht nöthig; bei Victoria aber erreicht diese mechanische Einrichtung geradezu ein Maximum, an die Construction eines eisernen Schiffskörpers erinnernd.

Aber durch diese prachtvolle Einrichtung ist der Festigkeit der grössten Blätter noch nicht genügt; für mittelgrose, wie ich eines aus München erhielt (etwa 80 cm Durchm.), genügt die beschriebene Nervatur allerdings; aber nach den Abbildungen bei Fitch-Hooker und dem, was ich in Victoriahäusern gesehen, haben die ganz grossen Blätter noch einen Schutz gegen das Einreissen des Randes und zugleich eine Einrichtung, die so wirkt, wie die modernen ringförmigen Stickrahmen oder auch, wie die Holzfassung einer Trommel auf das darübergespannte Fell: die Lamina ist nämlich mit ihrem Rande ringsum aufgekrempt; der nach Caspary bis 13 cm hoch aufwärts gekrümmte Blattrand bildet einen Reifen, in welchem die Lamina straff aufgespannt ist, auf der Unterseite gehalten von den Rippen. Also Alles, wie es die mechanische Technik verlangt, wenn eine sehr grosse dünne Lamelle flach aussgespannt auf einer Wasserfläche liegen und dem Wellenschlag Trotz bieten soll. Für meine gegenwärtigen Betrachtungen aber ist das Wichtigste, dass diese Organisation nur dann einen Sinn hat, wenn das Blatt dünn ist und eine sehr grosse Fläche besitzt, wobei als Baumaterial nicht Holzmassen, sondern wesentlich nur saftiges Gewebe verwendet ist.

Betreffs der sehr zahlreichen, kleinen, aber mit freiem Auge deutlich sichtbaren Löcher in der Mesophyllplatte der Lamina habe ich mir folgende Meinung gebildet, die freilich noch einer Prüfung durch Untersuchung am lebenden Object bedürfte. — Die Anfangs eingerollte Lamina entrollt sich, an der Wasseroberfläche angelangt und legt sich dabei mit der Unterseite auf diese, wobei zunächst (nach Fitch's Bildern) die zwischen den Wabenwänden (Rippen) ausgespannten Mesophyllflächen wie Blasen aufgetrieben sind, offenbar, weil die Rippen sich noch nicht hinreichend verlängert haben. Erst wenn dies geschieht, werden die Mesophyllareolen flach und straff ausgespannt, bis die ganze Lamina eine glatte Fläche darstellt. Offenbar ist nun vor diesem letzten Zeitraum zwischen den Rippen der Unterseite, also in den grossen Wabenräumen, die nach oben blasig vorspringen, Luft enthalten, da diese bei der Entwicklung der Fläche nicht wohl entweichen kann. Um dies zu ermöglichen, mögen, das ist allerdings nur eine Vermuthung, die Löcher entstehen, durch

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00065-8

die nun die in den blassigen Waben eingeschlossene Luft freien Austritt nach oben gewinnt, so dass die dünne Mesophyllfläche sich ganz auf die Wasserfläche ausbreiten kann, wenn die Rippen sich ausdehnen und die Mesophyllplatte ausspannen. Wenn die Löcher auch nur 0,1—0,2 mm weit sind, so sind ihrer doch 50—100 in einer Areole, die einer Wabenkammer entspricht, und die Luft wird hinreichend schnell entweichen können. — Diese Einrichtung, wenn ich sie richtig deute, steht nun allerdings nicht unmittelbar mit der Grösse des Blattes in Relation, aber doch mittelbar, insofern durch die enorme Grösse der Lamina die hohen Rippensparren nöthig werden, welche das seitliche Entweichen der Luft verhindern.

Durch diese Ueberlegung wurde ich veranlasst, nachzusehen, ob nicht etwa auch andere Nymphaeaceenblätter derartige Löcher besitzen. Leider konnte ich jetzt im Winter nur getrocknete Blätter vergleichen; doch fand ich zu meiner Ueberraschung, dass bei der mit Victoria so nahe verwandten Euryale ferox in der That etwas Entsprechendes vorhanden ist. An den Seiten der auch hier kräftig, aber doch weit weniger als bei Victoria, vorspringenden Rippen findet man an diesen Blättern vereinzelt ebenfalls kleine Löcher; aber nur wenige und unregelmässig geformt.

Offenbar haben diese Löcher bei Euryale nur geringe biologische Bedeutung, aber ihr Vorhandensein weist darauf hin, dass in den Blättern dieser Pflanze, die wir als die asiatische Victoria betrachten können, ein Bildungstrieb[1]) sich bethätigt, der erst bei der amerikanischen, grossblätterigen Victoria eine biologische Verwerthung findet. — Bei Euryale liegen die Sachen eben anders, weil ihre zwar immer noch ansehnlichen Blätter doch nur etwa 30—60 cm Durchmesser erreichen. Dem entsprechend sind auch die Rippen allerdings recht ansehnlich entwickelt, auch mit Stacheln besetzt wie bei Victoria; aber von der colossalen Ausbildung wie bei Victoria ist keine Rede. Doch ist nicht zu verkennen, dass in dem Euryaleblatt schon die Anfänge derjenigen Organisation stecken, welche dem Victoriablatt erlaubt, seine enorme Grösse zu erlangen.

Den Gattungen Nymphaea und Nuphar, obgleich sonst mit der vorigen nahe verwandt, fehlt offenbar diese innere Anlage, welche

1) Mit dem Ausdruck Bildungs- oder Gestaltungstrieb bezeichne ich kurz die Gesammtheit der Ursachen, welche das Wachsthum und die Gestaltung der Organismen bestimmen, als Gegensatz zu den Reactionen auf unmittelbare äussere Eingriffe. Bei Betrachtungen, wie die vorliegenden, ist eine solche Unterscheidung kaum zu vermeiden.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00066-4

jene befähigt, die enorme Grösse zu erreichen, was ohne die entsprechende Organisation nicht möglich wäre. Denn auch in der Gattung Nymphaea gibt es eine brasilianische Art, die Blätter von recht beträchtlicher Grösse, ähnlich wie Euryale, erzeugt, auch die Rippenverzweigung ist ähnlich, aber von der selbst bei Euryale schon angedeuteten Sparren- und Wabenbildung ist da nichts zu sehen; die Nervatur reicht gerade hin bei Nymphaea ampla die Blätter von der Grösse eines Petasitesblattes mechanisch verständlich erscheinen zu lassen; eine weitere Ausbildung derselben mit sehr beträchtlicher Grössenzunahme liegt offenbar nicht in der inneren Einrichtung dieser Gattung.

Dagegen zeigen die Nymphaeen Amerikas, wie mit der Grössenabnahme ihrer Blätter auch die Nervatur undeutlicher wird, selbst zu schwinden beginnt, wie man an N. blanda bemerkt, deren Blätter nur 4—6 cm Radius (vom Nabel bis zum Rande) besitzen und kaum vorspringende Leisten darstellen. Ueberhaupt geben die Blätter der verschiedenen Nymphaea-Species eine sehr instructive Illustration für den Satz, dass mit zunehmender Grösse auch die Vollkommenheit der Organisation zunimmt.

Denkt man sich die Blätter der Victoria regia so klein, wie die der Nymphaea blanda, jedoch genau ebenso organisirt, so kommt man dabei zu ähnlichen Absurditäten, wie bei der auf $^1/_{50}$ reducirten Marchantia; welchen Sinn sollte ein Blattgerippe wie von Victoria, (proportionirt klein gedacht) für ein so kleines Blatt wie von Nymphaea blanda haben; schon bei so grossen Blättern, wie denen unserer Nymphaea alba und Nuphar luteum wären die Organisationen von Victoria, auch entsprechend verkleinert gedacht, ohne jeden Sinn und Zweck.

§ 8. Meine an Marchantia und an Victoria geknüpften Betrachtungen führen zu dem Schlusse, dass die Organisation einer Species oder eines Organs nur durch seine Grösse verständlich, sozusagen gerechtfertigt wird; ein Satz, den man auch umkehren kann, indem man sagt, die Grösse wird nur durch die Organisation verständlich. Ich zweifle nicht, dass jede ähnliche Betrachtung an irgend einer organischen Species, Gattung, Familie u. s. w. zu gleichem Schluss führen würde.

In dieser Form ausgesprochen ist aber der gewonnene Satz nur der Ausdruck der unmittelbaren, sinnlichen Wahrnehmung; das Causalverhältniss ist damit nicht klar gelegt; es bedarf weiterer Ueberlegung, darüber in's Reine zu kommen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00067-0

Es ist die gesteigerte Grösse der Pflanze oder eines Organs die Ursache seiner vollkommeneren Organisation, oder es ist umgekehrt diese letztere die Ursache der gesteigerten Grösse oder, was dasselbe bedeutet, der Ausgiebigkeit des Wachsthums; denn die definitive Grösse eines Organs ist eben nur der Ausdruck für die Ausgiebigkeit seines Wachsthums, während die Organisation der Ausdruck der durch Wachsthum entstandenen Gliederung und Differenzirung ist.

Dass die natural selection dabei vielleicht eine Rolle insofern spielt, als durch sie entschieden werden kann, welche Formen in ihrer physischen und socialen Umgebung[1]) bestandsfähig sind, soll nicht geleugnet werden, obgleich diese Auffassungsweise in unserer Frage überhaupt nichts entscheidet und durchaus nicht dazu beiträgt, das genannte Causalitätsverhältniss zu beleuchten. Die natural selection, soweit sie überhaupt existirt, ist in der organischen Welt, was die Kritik in der Litteratur; d. h. sie wirkt wesentlich vernichtend auf das Unpassende, oft auch auf das Beste, erklärt aber durchaus nicht, wie bedeutende und dauernde Leistungen entstehen. Zu sagen, die Beziehungen zwischen Grösse und Organisation sind ein Resultat der natural selection, heisst weiter nichts, als sagen, das Causalverhältniss zwischen Grösse und Organisation wolle man nicht weiter untersuchen.

Ich denke aber, gerade erst mit dieser Untersuchung fängt die eigentliche wissenschaftliche Arbeit an; wenn durch die Wirkung der die organischen Körper beherrschenden Bildungsgesetze Einrichtungen entstehen, welche der Species nützlich sind, so ist es Sache der Biologie, dies zu beschreiben; Aufgabe der Physiologie ist es aber, das Walten der Bildungsgesetze zu untersuchen, gleichgiltig, ob diese nützliche oder schädliche Einrichtungen entstehen lassen. Bei der hier gebotenen Kürze der Darstellung muss es jedoch genügen, nur anzudeuten, wie ich mir die Sache denke.

Es ist wohl kaum nöthig, zu sagen, dass es sich hier um phylogenetische Vorgänge handeln muss und dass vom Standpunkt der morphologischen Descendenztheorie aus anzunehmen ist, dass die Urformen der Typen im Allgemeinen kleine und kleinste Organismen

---

1) Ich unterscheide zwischen physischer und socialer Anpassung; jene bedeutet die durch physikalische Ursachen, durch Temperatur, Licht, Wasser u. s. w. bewirkten Existenzbedingungen, die bei jedem Organismus unvermeidlich sind; als sociale Anpassung betrachte ich die Beziehungen verschiedener Organismen unter einander, z. B. die Form und Grösse der Blüthen zur Form und Grösse der sie bestäubenden Insecten; ebenso die Organisation der Insectivoren betreffs des Insectenfanges u. s. w. Neu ist diese Unterscheidung wohl nicht.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00068-6

waren.[1]) Es ist ja möglich, dass innerhalb eines Typus auch Rückbildungen stattgefunden haben, wobei aus grossen Species kleinere und sehr kleine entstehen konnten. Doch können wir hier einstweilen von diesem Falle absehen.

Können wir nun etwa die Frage so auffassen, dass die Blätter in der Formenreihe, zu der Euryale und Victoria gehören, zuerst klein waren, dann grösser und grösser wurden, ohne ihre anfängliche Organisation wesentlich zu ändern? dass erst dann aber, als sie bereits eine sehr bedeutende Grösse erreicht hatten, die Organisation sich derart veränderte, dass sie sich der erreichten Grösse nach mechanischen Gesichtspunkten anpasste? — Eine solche Auffassung ist offenbar zu verwerfen, denn wenn die Blätter auf phylogenetischem Wege eine so bedeutende Grösse wie bei Euryale oder gar bei Victoria erreichen konnten, wenn dabei die Species auch nur einige Generationen hindurch lebensfähig blieben, so war damit festgestellt, dass auch für die künftigen Generationen eine Veränderung der Organisation unnöthig war: die riesigen Victoriablätter also hätten durch einige Generationen ihre Grösse erreicht und beibehalten, auch ohne die oben beschriebenen mechanischen Einrichtungen; wenn sie das aber konnten, warum sollten dann nachträglich die Rippen hervorwachsen, der Rand sich aufkrempen, die Löcher entstehen? es war ja, der Annahme entsprechend, während einiger Generationen auch ohne dies Alles möglich grosse Blätter zu erzeugen und mit ihnen sich im „Kampf ums Dasein“ zu erhalten. Es wäre ein Nonsens, anzunehmen, dass ein Victoriablatt zuerst seine ungeheure Grösse erreicht, durch Generationen beibehalten und erst später sich besonnen hätte, auch die nöthigen mechanischen Organisationen einzuführen.

So geht es also nicht.

Nun könnte Einer annehmen, das Victoriablatt sei Anfangs durch viele Generationen hindurch klein geblieben, ebenso, wie das einer Nymphaea blanda. Aber aus unbekannten Ursachen, die wir auch hier als Gestaltungstrieb bezeichnen wollen, habe dieses kleine, kaum handtellergrosse Blatt Rippen erzeugt, genau von der Form, wie das wirkliche grosse Victoriablatt sie besitzt, aber selbstverständlich sehr klein; ebenso sei die reifenförmige Krempe und die Durchlöcherung des kleinen Blattes entstanden. — Bei unserer Unkenntniss der Ursachen der organisatorischen Gestaltenbildung wäre so etwas ja nicht

1) Was von den Urformen kleinerer Abtheilungen, Gattungen, Familien, selbst Ordnungen nicht zu gelten braucht; worüber ich mich in einem besonderen Aufsatz auszusprechen vorhabe.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00069-4

ohne Weiteres von der Hand zu weisen. Nun aber ist doch zu bedenken: wenn das kleine Victoriablatt, wie wir angenommen, diese Organisation gewonnen hatte und dabei durch eine oder einige Generationen doch klein blieb, so ist nicht einzusehen, warum es in späteren Generationen nun plötzlich oder langsam sich vergrössern sollte; biologisch war es ja nicht nöthig, da man (allerdings fälschlich) angenommen, dass das Blatt auch im kleinen Format (etwa wie eine verkleinerte Abbildung) schon phylogenetisch existirt habe.

Also auch so geht es nicht!

Man sieht, die Sache wird schwierig.

Da das Victoriablatt nicht zuerst gross werden und dann nachträglich seine entsprechende Organisation gewinnen kann, da es ebensowenig erst seine Organisation in kleinem Maassstabe gewinnen und nachträglich gross werden konnte, so bleibt als Drittes nur übrig, dass Grössenzunahme und entsprechende Organisation phylogenetisch gleichzeitig oder in gleichem Schrittmaass entstehen mussten.

Und wie dies geschehen ist, dafür gibt uns Grösse und Organisation des Euryaleblattes einen Anhaltspunkt zur Beurtheilung; ich wies schon darauf hin, dass dieses Blatt eine ganz ähnliche Organisation, wie das der Victoria besitzt; aber viel unvollkommener; das Talent war da, aber es wurde nicht ausgebildet und so blieb das Blatt auch viel kleiner als das Victoriablatt; offenbar fehlte dem Euryaleblatt noch ein Factor des Gestaltungstriebes, den das Victoriablatt besitzt, und so blieb die Organisation unvollkommen und die Grösse entsprechend mässig.

Gibt man diese Schlussfolgerungen zu, so bleibt doch noch immer die Frage: was ist hier das Treibende, primär Wirkende? ist es der Gestaltungstrieb oder der Vergrösserungstrieb? Da man nicht wohl annehmen kann, dass beide durch „praestabilirte Harmonie“ (nach Leibnitzen's Ausdruck) zusammentreffen, so muss wohl eines von beiden das primär Wirkende sein und ich glaube, dass der Gestaltungstrieb es ist, der dem wachsenden Zellgewebe den Impuls gibt, kräftiger und ausgiebiger als in anderen Fällen zu wachsen. Die zwischen Victoria und Euryale bestehenden Beziehungen veranlassen mich zu dieser Annahme und ebenso die Thatsache, dass die anderen Nymphaeaceen, bei denen offenbar keine Anlage zu einer hohen Ausbildung der Nervatur vorhanden ist, weder sehr grosse Blätter erzeugen, noch Organisationsverhältnisse besitzen, die, gleich denen von Euryale, einer solchen Ausbildung fähig sind, die ihrerseits zur Entstehung riesengrosser Blätter führen könnte. Stellt man sich also

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00070-4

vor, dass die Victoria den Gipfel eines Stammbaumes darstellt, der mit kleinblätterigen Nymphaeaceen begonnen hat, dass unter diesen aber eine Zweigreihe auftrat, welche mit besonderen Organisationseigenschaften der Lamina versehen war und dass diese fortschreitend sich vervollkommneten, wie wir es in einem mittleren Stadium an Euryale sehen, so kann man weiter annehmen, dass in dem Maasse, wie diese Organisation sich vervollkommnete, auch die Ausgiebigkeit des Flächenwachsthums sich steigerte, wobei Schritt für Schritt jede der beiden Veränderungen sich steigerte. Ob diese Schritte unmerklich klein von Generation zu Generation stattfanden oder die Veränderung sprungsweise eintrat, ist dabei nicht maassgebend.

Man kann nicht wohl sagen, dass dies alles Hypothese sei, da die theoretischen Verknüpfungen sich eng an die Thatsachen anschliessen; und ohne Hypothesen ist auch kein Fortschritt der Wissenschaft möglich. Vielleicht fühlt sich aber ein Anderer durch meinen Gedankengang angeregt und findet Beispiele, wo die Thatsachen vollständiger beobachtet und dem entsprechend die theoretischen Verknüpfungen einfacher und einleuchtender sind, um nachzuweisen, dass mit steigender Energie des Gestaltungstriebes auch die Energie des Wachsthums, der Vergrösserung der Organe sich steigert, wenigstens innerhalb eines gegebenen Typus; statt des „Fingerzeiges“ haben wir ja jetzt eine bestimmte Fragestellung.

Wenn nun die Sachen sich so oder ähnlich verhalten, wie ich sie angedeutet habe, so kann man auch von einer Correlation zwischen Grösse und Organisation reden und es leuchtet ein, dass diese Correlation nicht nur eine innere Harmonie der Gestaltungsvorgänge einschliesst, sondern auch nach aussen hin, d. h. in biologischer Beziehung, ergibt sich von selbst eine Zweckmässigkeit, die man bisher nur als Folge der natural selection auffassen zu können meinte. Die Selection aber setzt als Grundgedanken voraus, dass bei der fortschreitenden Gestaltung der Organismen zahlreiche Missgriffe und Fehler von der Natur selbst gemacht werden, die aber durch Beseitigung des Fehlerhaften auf phylogenetischem Wege verschwinden. Dies aber ist ein Complex von Hypothesen, für welche man wohl innerhalb der Culturorganismen Beispiele finden mag, die aber bei wildlebenden Arten gar spärlich sein dürften. Die Cultur aber ist häufig mit Eingriffen in die Gestaltungsvorgänge verbunden, durch welche die innere Harmonie gestört wird. — Wenn dagegen durch die innere Correlation der Wachsthums- und Gestaltungsvorgänge von selbst eine innere Harmonie der Functionen entsteht, so fallen auch die durch die

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00071-0

Cultur begangenen Fehler ganz oder zumeist hinweg und die Auslese ist dann ganz oder doch zum grössten Theil überflüssig.

Indessen sollte hier nur nebenbei auf einen Gesichtspunkt hingewiesen werden; eine ausführlichere Kritik der Selectionstheorie würde noch ganz andere Principien der organischen Gestaltung zu beachten haben. Hier wollte ich, sowie in meiner Notiz V nur nebenbei darauf hinweisen, dass, wo man sich von den Gestaltungsursachen genauere Rechenschaft zu geben sucht, mit der Selectionstheorie nicht viel anzufangen ist. Soweit die Selectionstheorie eine Berechtigung hat, bezeichnet sie eben Thatsachen, deren wissenschaftliche causale Begründung erst aufgesucht werden muss.

§ 9. Eine Thatsache von hervorragender Bedeutung für das in dieser Notiz behandelte Thema scheint mir darin zu liegen, dass einerseits die Individuen[1]) des Pflanzenreiches (wie der Thiere) in einer ausserordentlich langen Grössenskala sich bewegen, während ihre wesentlichen Formelemente, die Zellen, sich innerhalb viel geringerer Grössenabstufungen halten; die ganzen lebensfähigen Individuen beginnen in den einfachst organisirten Formen der Pilze und Algen mit Dimensionen, welche den stärksten Vergrösserungen der besten Mikroskope noch ungefähr zugänglich sind, kaum die Länge einer mittleren Lichtwelle erreichen, während das andere Extrem von Wellingtonien und riesengrossen Eucalypten dargestellt wird. Die linearen Dimensionen wechseln von kaum 0,001 mm bis zu 100 m und mehr, also um das 100,000,000fache.

Fassen wir dagegen die Grösse der Bausteine ins Auge, aus denen die vegetabilischen Gebäude sich aufbauen, so finden wir Dimensionen von circa 0,001 bis zu 0,05 mm oder meist nur bis 0,02, also ein Verhältniss von 1 zu 20 bis 50, im mittleren Durchmesser.

Wenn man nicht die alltägliche Erfahrung vom Gegentheil hätte, läge da nicht die Vermuthung nahe, dass grosse, zumal rasch wachsende Pflanzen, aus grossen, dagegen kleine Species und Organe aus kleinen Zellen bestehen und dass sogar vielleicht eine gewisse Proportionalität zwischen der Grösse der Organe und ihren Bausteinen, den Zellen vorhanden sei? Das Gegentheil ist aber der Fall, wie die Erfahrung

1) Ich verstehe hier unter „Individuum“ weiter nichts, als das, was man im alltäglichen Leben eine „Pflanze“ (oder ein Thier) oder einen „Stock“, ein „Exemplar“ nennt, also einen vegetabilischen Organismus, der selbständig lebt, sich ernährt und allenfalls auch Fortpflanzungsorgane erzeugt. Eine philosophische Discussion über den Begriff „Individuum“ nach Braun'schem Muster ist unnöthig.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00072-6

lehrt und offenbar liegt da ein Problem, dessen wissenschaftliche Lösung wünschenswerth erscheint und wenn dies bisher noch nicht versucht worden ist, so kommt das wohl nur daher, dass eben jeder, der anfängt und fortfährt, sich mit Phytotomie zu beschäftigen, die genannte Erfahrung täglich immer und immer wieder macht und solch alltägliche Erfahrungen pflegen eben als selbstverständlich kaum der Beachtung werth gehalten zu werden. Was mich selbst betrifft, so habe ich zwar seit mehr als 40 Jahren mikroskopirt, war aber jedesmal, wenn ich einige Monate lang anderes gearbeitet und nun das Mikroskop wieder zur Hand nahm, immer wieder überrascht, die Zellen so klein zu finden und bei grossen wie kleinen Pflanzen doch von ähnlicher Kleinheit.

Indessen ist es auch wieder gar nicht leicht, eine derartige Erfahrung so zu präcisiren, dass sie als wissenschaftliche Frage bearbeitet werden kann. Um dies hier thun zu können, will ich zunächst alle Pilze von meinen Betrachtungen ausschliessen, da diese ohnehin durch ihren Aufbau aus meist sehr dünnen Hyphen von allen übrigen Pflanzen so sehr abweichen und mir die Darstellung dessen, was ich zu sagen habe, sehr erschweren würden. Ebenso aber schliesse ich auch die eigentlich einzelligen (unter diesen viele fadenförmige selbst flächenartig ausgebreitete) Algen aus, und was die so überaus eigenthümlich organisirten Coeloblasten (Siphoneen und Phycomyceten) betrifft, so mögen auch sie einstweilen auf sich beruhen; der Leser dieser Notiz wird wahrscheinlich wissen, dass ich die Coeloblasten weder für einzellig noch für vielzellige Gewebepflanzen halte; sie haben zwar nur eine Zellhaut als Körpergrenze, selbst bei beträchtlicher Grösse der Individuen, und wurden deshalb für „einzellig“ gehalten; aber sie enthalten in ihrem Körperraum, wenn auch keine wirklichen Zellen, so doch sehr zahlreiche Energiden[1]) ohne Zellwandgerüst. Obwohl sie dieser Eigenschaft wegen recht wohl in meine folgenden Betrachtungen eingeschlossen werden können, will ich ihrer der Einfachheit wegen doch nur nebenbei erwähnt haben.

Es bleiben also alle diejenigen Pflanzenformen übrig, die wir als eigentliche Gewebepflanzen bezeichnen können, Pflanzen, deren Gewebesysteme aus Vegetationspunkten (mit oder ohne Scheitelzelle) hervorgehen und sich aus dem Urgewebe (Embryonalgewebe) der letzteren herausdifferenziren.[2])

1) Vergl. Flora 1892 S. 61.

2) Die Zoologen bezeichnen die einzelligen nicht mit abgegliederten Organen versehenen niederen Thiere als Protozoën, die anderen, d. h. die aus Gewebe be-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00073-2

Die folgenden Betrachtungen beziehen sich also zunächst nur auf derartige Gewebepflanzen, obgleich einiges auch, mutatis mutandis, auf die anderen sich ausdehnen liesse.

Der Klarheit wegen muss ich aber noch eine Eintheilung vornehmen; nämlich die in fertige und embryonale Zustände der Organe und Gewebe. Wenn dies vielleicht auch nicht gerade in dem objectiven Thatbestande selbst begründet sein sollte, so passt es mir doch für die deutliche Darstellung dessen, was ich zu sagen habe.

Zunächst also soll es sich um den Zellenbau der fertigen ausgewachsenen Organe handeln.

Zur besseren und leichteren Verständigung wird es auch beitragen, wenn ich die ausgewachsenen Zellen der fertigen Organe der Gewebepflanzen als Bausteine betrachte, aus denen eben die Organe aufgebaut sind. Ist dies auch der Entwickelungsgeschichte gegenüber nur eine Fiction, so ist sie hier doch erlaubt und ein Missverständniss wird kaum noch möglich sein.

Zum Theil schon nach den alltäglichen Wahrnehmungen der Phytotomie, noch besser aber nach den neuen sorgfältigen Messungen meines Assistenten Herrn Erich Amelung lässt sich der Satz[1]) aufstellen:

> Homologe Organe derselben oder verschiedener Pflanzen bestehen aus nahezu gleichgrossen Zellen, auch wenn die Organe sehr verschiedene Grössen haben.

Die betreffenden Messungen beziehen sich allerdings einstweilen nur auf das eigentliche Zellgewebe, auf parenchymatisches Grundgewebe und Epidermis, weil die Messung der Sklerenchymfasern, Gefässe und ähnlicher gestreckter Elemente mit zu grossen Schwierig-

---

stehenden Thiere als Metezoën. Diese Unterscheidung würde sich bei den Pflanzen allerdings nicht streng durchführen lassen; wenn man jedoch als Gewebepflanzen nur diejenigen bezeichnete, deren gesammte Gewebemaasse aus Vegetationspunkten entsteht, so hätte man eine ähnliche, vielleicht nützliche Eintheilung in Protophyten und Metaphyten. Unsere Nomenklatur lässt ja gegenwärtig viel zu wünschen und so wäre mein Vorschlag vielleicht der Beachtung werth.

1) Als die Reihe an mich kam, einem Usus unserer Universität entsprechend, eine Preisfrage aus der Botanik für das Jahr 1892 der mathematisch-physikalischen Section unserer phil. Facult. zu empfehlen, stellte ich die Frage: „Es ist durch möglichst zahlreiche Messungen festzustellen, ob und welche Beziehungen zwischen dem Volumen der Zellen und dem der Organe der Pfl. bestehen.“ Diese Frage hat Herr Amelung mit 1200 mikrosk. Messungen gelöst. Seine Abhandlung wird in einem nächsten Heft der „Flora“ erscheinen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00074-8

keiten verbunden war; aber sie genügen auch so, da ja nicht alle Gewebepflanzen Faserstränge enthalten.

Die sehr zahlreichen (1200) Messungen Amelung's zeigen ferner, dass die lebenden, saftigen Parenchym- und Epidermiszellen im Querschnitt der Organe gesehen im Allgemeinen einen Durchmesser von 0,015 bis 0,066 mm darbieten; nur bei Knollen (mit Reservestoffen) saftigen Früchten und im Mark des Hollunders (Sambucus nigra), sowie in Mark und Rinde der mächtigen Stämme von Impatiens glandulifera erreicht der Querdurchmesser der Parenchymzellen 0,13 bis selbst 1 mm. (Wollte man auch die Gefässe und Sclerenchymfasern herbeiziehen, so müsste man auf die Volumina der Elemente eingehen, was hier zu weit führen würde und eigentlich auch unnöthig ist.)

Im Allgemeinen kann man annehmen, dass sich der Querdurchmesser der ausgewachsenen Parenchymzellen nach Hunderteln eines Millimeters (also etwa von 0,01 bis 0,09 mm) bemisst. Bekanntlich sind derartige Zellen meist länger als breit, aber doch so, dass die Gesammtform auch bei sehr verschiedenen Pflanzentheilen noch die kurzer Säulen bleibt. Die Sclerenchymfasern der Stränge und des Holzes sind bekanntlich viel länger, aber auch viel enger als die Parenchymzellen. Jedenfalls schwanken die linearen Dimensionen und dementsprechend die Volumina der Gewebezellen in ziemlich engen Grenzen; meist unter 0,1 mm und selten unter 0,01 mm. Mit unbewaffnetem Auge sichtbare, ausgewachsene Gewebezellen, also über 0,1 bis 0,2 mm, sind Seltenheiten und ebenso solche unter 0,01 mm.

Da sich eine Mittelzahl nicht gut aufstellen lässt, kann man wenigstens die obere und untere Grenze ins Auge fassen und sagen, die Dimensionen der Gewebezellen bewegen sich gewöhnlich in der zweiten Decimale des Millimeters, die sie nach oben und unten nicht selten, aber nur wenig überschreiten.

Das ist aber ein hoher Grad von Constanz der Grösse gegenüber der kolossalen Schwankung vom 100,000,000 fachen der Lineardimensionen ganzer Pflanzen; während sich die Lineardimensionen der Zellen nur von 1 zu 10, oder auch von 1 zu 20, sagen wir selbst von 1 zu 50 bewegen.

Aber im Grunde geben die Messungen kein so klares Bild von der Uebereinstimmung der Grösse der Gewebezellen, wie man es durch das subjective Urtheil bei langer Beschäftigung mit mikroskopischen Objecten erhält.

Den besten Ausdruck für das, was wir hier betreffs der Zellengrösse brauchen, finden wir vielleicht in den Worten, dass die Ge-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00075-4

webezellen nur in seltenen Fällen mit freiem Auge sichtbar sind (wie im unteren Stamme von Impatiens glandulifera), auf jeden Fall aber bei geringer mikroskopischer Vergrösserung (etwa bei 100facher) deutlich gesehen und ihre wesentlichen Bestandtheile (Wand, Protoplasma, Kern, Chloroplasten) erkannt werden. — Jeder Botaniker weiss, dass man an glatten dünnen Schnitten bei 100maliger Linearvergrösserung durchaus klare Bilder der Gewebe bekommt, wie auch die zahlreichen phytotomischen Abbildungen zeigen.

Wir sind an diese mittlere Grössen der Gewebezellen so gewöhnt, dass wir sie bei der Besichtigung guter Schnitte beliebiger, vorher niemals untersuchter Pflanzentheile als etwas Selbstverständliches erwarten und erstaunt sein würden, wenn wir bedeutende Abweichungen fänden, selbst wenn es sich nicht mehr um Phanerogamen, sondern auch um Archegoniaten und um grössere, aus Gewebemaassen bestehende Algen handelt.

Ich verkenne nicht, dass es immerhin misslich ist, die mittlere Grösse der Gewebezellen nicht genauer bezeichnen zu können, was sich vielleicht erst dann ergeben würde, wenn man zahlreiche Messungen der Volumina derselben hätte. Aber einstweilen und für meinen Zweck genügt es auch so. Vielleicht aber auch, dass hierin ein Anstoss für weitere Forschungen auf diesem ganz vernachlässigten Gebiete liegt.

Nun aber nach diesen Vorbereitungen zurück zu unserem Thema, zu den Beziehungen zwischen Grösse und Organisation. Es handelt sich jedoch nicht um Grösse und Organisation der einzelnen Zellen, sondern der Pflanzen und ihrer Organe. Die Grösse der Zellen soll nur als Mittel zum Zweck, als ein Erklärungsmittel der Organisation der Pflanzen dienen.

Die Frage ist also, inwiefern lässt sich aus der Grösse der Gewebezellen ein Urtheil über das Verhältniss der Pflanzengrösse zur Pflanzenorganisation ziehen.

Jedenfalls darf man die mittlere Grösse der Gewebezellen als eine im gewissen Sinne maassgebende, principiell feststehende Thatsache betrachen, wenn wir auch die Ursache davon nicht kennen. Aehnlich sind ja auch die Atomgewichte nur Erfahrungsthatsachen, deren Ursache unbekannt ist. So gut, wie die Chemie diese Erfahrungsthatsache verwerthet, dürfen auch wir die mittlere Grösse der Gewebezellen zur Basis weiterer Folgerungen machen, indem wir uns die Gewebezellen zugleich als die Bausteine der Organe denken.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00076-0

Hält man diesen Gedanken fest, so findet man die Erklärung für eine ebenso allgemeine wie merkwürdige Thatsache, nämlich: dass bei gleichbleibender Organisation (äusseren Gliederung und inneren Differenzirung der Gewebepflanzen) nur eine gewisse Kleinheit der Organe möglich ist, wogegen der Vergrösserung der Pflanzen keine Grenze gesetzt ist, wofern nicht andere Ursachen dies bewirken und dass zwischen der Grösse der Organe und der ihrer Zellen keinerlei Proportionalität besteht; die Grösse der Organe, zumal homologer Organe, steht vielmehr mit der Zahl der Zellen im Verhältniss.

Dass eine Marchantia bei gleichbleibender Organisation nicht auf $^1/_{50}$ ihrer linearen Durchmesser reducirt werden kann, wurde schon in § 6 vorwiegend aus biologischen Ursachen erklärt. Auf Grund des soeben entwickelten Gedankens erkennt man nun auch, dass eine solche Verkleinerung dem Gesetze der Zellengrösse bei Gewebepflanzen widersprechen müsste. Die Gewebezellen der Marchantia haben die mittlere Grösse aller Gewebezellen. Sollte nun die Pflanze auf $^1/_{50}$ oder auch nur auf $^1/_{10}$ ihrer Grösse reduzirt werden und dabei ihre Organisation behalten, so müsste auch die Form und Zahl der Zellen und ihre Gruppirung dieselbe bleiben; das wäre aber nur möglich, wenn die Grösse aller Gewebezellen selbst auf $^1/_{50}$ oder $^1/_{10}$ hinabsänke, was eben nach dem Gesetz der mittleren Grösse der Gewebezellen unmöglich ist; es gibt keine solch kleinen Gewebezellen, offenbar, weil dies der Natur, dem Wesen der Gewebepflanzen widerspricht.

Betrachten wir die ganze Pflanze als ein Gebäude, die Zellen als Bausteine desselben, so leuchtet das, was ich sagen will, sofort ein. Man versuche es, einen aus gewöhnlichen Ziegeln oder Hausteinen gebauten Palast mit allen Verzierungen seiner Wände und Gesimse in $^1/_{50}$ seiner wirklichen Grösse aus denselben Bausteinen aufzuführen, so ist das eben unmöglich; aber ein ebenso kleines Modell des Palastes könnte man aus den Steinen eines Baukastens für Kinder aufführen. Wenn es sich aber in diesem Sinne um eine Pflanze handelt, so fehlen die entsprechend kleinen Bausteine. Man könnte daher aus der mittleren Grösse der Gewebezellen überhaupt berechnen, wie klein eine Pflanze von gegebener Organisation werden kann.[1])

1) Man denke sich die Archegonien der Moose, Farne u. s. w. auf $^1/_5$—$^1/_{10}$ ihrer wirklichen Grösse reducirt, so wird ihr Zellenbau unmöglich, sie bleiben

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00077-6

Aus diesen Erwägungen leuchtet nun ein, warum die mikroskopisch kleinen Pflanzen keine Gewebepflanzen sein können, warum sehr kleine (nicht mikroskopische) Pflanzen eine einfachere Gewebedifferenzirung haben müssen und warum auch die äussere Gliederung bei sehr kleinen Pflanzen relativ einfach sein muss, da ja eine mannigfaltige äussere Gliederung auch eine mannigfaltige innere Differenzirung, eine grosse Zahl von Bausteinen, d. h. Gewebezellen erfordert; Beispiele liefern die sehr kleinen und einfach organisirten Trichomanesarten gegenüber den grossen und complicirt gebauten Formen derselben Gattung; ebenso die kleinen Phascaceen unter den Laubmoosen, die kleinen Riccieen unter den Lebermoosen, die kleinen Lemnaceen und Podostemoneen unter den Phanerogamen.

Man versteht nun aber auch, dass diese Vereinfachung der Organisation erst dann einzutreten braucht, wenn die Verkleinerung eine so beträchtliche wird, dass die Grösse der Bausteine, d. h. der Gewebezellen, überhaupt eine Rolle spielt;[1]) denn ebenso, wie man aus gleich grossen gewöhnlichen Bausteinen einen Palast von 50 m Höhe und Länge aufführen kann, gelingt dies auch bei 20 m Höhe und Länge des Gebäudes; aber nicht, wenn letzteres nur 1 m hoch und lang verlangt wird; dann sind die Bausteine eben zu gross, um alle feineren Einzelheiten der Construction wiederzugeben. Und ebenso bei einer Pflanze von complicirterer Gewebestructur, die nur bei sehr zahlreichen Zellen von mittlerer Grösse möglich ist; ist letztere 0,05 mm und sind zur Gewerbestruktur in der Richtung des Querschnitts 20 Zellen nöthig, so muss der ganze Querschnitt $20 \times 0{,}05$ also 1 mm Dicke haben; ist aber bei complicirtem Gewebebau für den Durchmesser eines Querschnittes die Zahl von 50 Zellen erfordlich, um alle Differenzirungen des Gewebes darzustellen, so muss der Querschnitt mindestens $50 \times 0{,}05$ mm also 2,5 mm Durchmesser haben. — Würde man aber verlangen, dass der Querdurchmesser im letzten Fall nur 0,1 mm betrage, dann müsste die mittlere Grösse der Gewebezellen auf $\frac{0{,}05}{25} = 0{,}002$ mm hinabsinken, was gegen die Voraussetzung ist und nicht vorkommt.

---

dann einzellige Organe, wie die Oogonien der Algen und Pilze. Die kleinsten Antheridien der Farne sind zuweilen einzellig.

1) So ist es z. B. betreffs des Sporogoniums der Laubmoose; zwischen dem der grossen Polytrichen und dem kleinen der Barbulae ist kein grosser Unterschied der Organisation, der aber bei den kleinsten Phascaceen, und Archidium, sofort hervortritt, weil die mittlere Zellengrösse festgehalten wird.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00078-1

Man sieht also, dass eine Pflanze, deren Gesammtgrösse, oder ein Organ, dessen Gesammtgrösse sich nach Zehntelmillimetern oder selbst nach einigen ganzen Millimetern bemisst, keine weitgehende Gewebedifferenzirung haben kann; was aber allein von der mittleren Grösse der Gewebezellen abhängt.[1])

Ich glaube, diese Betrachtungen gewinnen noch dadurch an Bedeutung, dass sie sich mutatis mutandis auf die Thiere anwenden lassen. Auch die thierischen Gewebezellen haben eine mittlere Grösse; sehr kleine Thiere sind daher sehr einfach organisirt; indessen wird durch die oft so reichlichen Intercellularsubstanzen ein den Pflanzen fremdes Moment eingeführt.

Ganz ähnlich liegen die Sachen, wenn es sich um die Vergrösserung der Organe und ganzer Pflanzen handelt. Verlangt man, dass mit zunehmender Grösse auch die innere Differenzirung genau dieselbe bleibe, wie wir es bei Marchantia § 6 thaten, dann müssten auch die Gewebezellen ihre normale mittlere Grösse weit überschreiten, was eben nicht geschieht. Lässt man diese Forderung jedoch fallen und verlangt man nur eine entsprechend ähnliche innere Differenzirung und äussere Gliederung, so lässt sich der Fall denken, dass unter Beibehaltung der Gesammtorganisation nur die Zahl der Zellen von mittlerer Grösse vermehrt wird und dann ist eine beliebige Grösse bei gleichem Typus möglich, ähnlich wie man aus denselben Bausteinen einen Thurm von 30 oder von 100 m aufbauen kann. Daher findet man, dass die Blätter der Victoria regia trotz ihrer ungeheuren Grösse doch aus Zellen von ähnlicher Kleinheit, wie die kleinen Blätter von Hydrocharis aufgebaut sind, während die Blattflächen selbst sich ungefähr wie 1 zu 6000 verhalten.

Wenn aber trotzdem unter der genannten Bedingung doch auch der Vergrösserung der Organe eine Grenze gesetzt ist, so hängt dies offenbar von anderen Ursachen ab und hier spielen dann rein biologische Momente ihre Rolle, um zu bewirken, dass „die Bäume nicht in den Himmel“ wachsen. Doch unterlasse ich es, auf derartige Betrachtungen weiter einzutreten.[2])

1) Es wäre daher auch unmöglich, sich vorzustellen, dass das Sporangium einer Polypodiacee oder Osmundacee, oder das ganze Staubgefäss einer phanerogamen Pflanze sich aus 10—12 Zellen aufbauen könne, ohne seine morphologische typische Struktur, äussere Gliederung und innere Differenzirung wesentlich zu verändern, auch dann, wenn nur 4 Sporen oder Pollenkörner entständen. Zur Erreichung des typischen Baues sind durchaus mehr Zellen nöthig.

2) Doch lohnt es wohl, auf einen Punkt hinzuweisen. Kennt man von einer artenreichen Gattung oder Familie eine typische Form von mittlerer Grösse, so

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00079-9

Man sieht nun auch hier wieder, dass zur Erklärung der fraglichen Thatsachen die natural selection ganz überflüssig ist. Fragte man einen echten Darwinianer, warum die mikroskopisch kleinen Organismen keine Gewebedifferenzirung und keine äussere Gliederung (Organbildung) haben, dann würde man sicherlich damit getröstet, dass sie dessen im Kampf um's Dasein nicht bedürfen und dass, wenn so kleine Organismen etwa unvorsichtigerweise auch innere Gewebedifferenzirung versucht hätten, diese Voreiligkeit durch Untergang bestraft worden wäre.

Ich meine dagegen, dass wir hier eine hochwichtige und beiden organischen Reichen gemeinsame Frage beantwortet haben, auch ohne natural selection und ohne Kampf um's Dasein, dass die Lösung der Frage vielmehr auf Grund von Naturgesetzen möglich ist: sehr kleine Organismen müssen einfach organisirt sein, weil es im Wesen der Zellen und Energiden liegt, eine gewisse mittlere Grösse weder nach der einen, noch nach der anderen Seite hin viel zu überschreiten. Könnten die Gewebezellen die Kleinheit von Mikrokocken haben oder jede beliebige Grösse erreichen, dann lägen die Sachen ganz anders, dann könnte man weder zwischen Protozoën und Metazoën, noch zwischen einzelligen und Gewebepflanzen (vergl. S. 69) unterscheiden, dann könnte sogar gelegentlich ein mikroskopischer Organismus höher organisirt, feiner differenzirt sein, als ein 100 mal grösserer. — Und selbst wenn ich mich in meinen Schlussfolgerungen etwa hier und da geirrt haben sollte, wird man doch zugeben, dass mit dem Wort natural selection wohl gewisse Thatsachen innerhalb enger Verwandtschaftskreise bezeichnet werden können, dass aber die Forschung verlangen muss, die Thatsachen der organischen Gestaltung auf Naturgesetze zurückzuführen und sie, auf Grund derselben, im Lichte des Causalitätsprincips zu verstehen.

§ 10. Zu den merkwürdigen Dingen, auf welche ich durch meine Untersuchungen über die Grössenverhältnisse der Organismen aufmerksam geworden bin, gehört das Verhalten der embryonalen Zellen und des embryonalen Gewebes, oder allgemein der embryonalen Sub-

---

kann man sich in der Phantasie bis zu einem gewissen Grade von Wahrscheinlichkeit ein Bild davon machen, wie ungefähr die kleinste Species organisirt sein könnte; kaum möglich ist es aber, sich eine Vorstellung von der äusseren Gliederung und inneren Differenzirung einer sehr grossen Species zu bilden. Im ersten Fall bedarf es nur einer Reduction der unwesentlicheren Eigenschaften, im zweiten aber kann man nicht ahnen, zu welchen Resultaten die Vermehrung der Formelemente möglicherweise führen kann.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00080-0

stanz, auf deren continuirlicher Erhaltung, wie ich 1882 gezeigt habe,[1] die Continuität des organischen Daseins beruht.

Um aber etwaigen Missverständnissen zuvorzukommen, muss ich sofort bemerken, dass es sich im Folgenden durchaus nicht um morphologische Fragen handelt, sondern ausschliesslich um Vorgänge der Zellbildung und um Entstehung von Energiden, ganz gleichgiltig, was ihre morphologische Abstammung oder die morphologischen Homologien ihrer Erzeugnisse betrifft; und wie überall, wo es sich um die Fortpflanzung, zumal der sexuellen, handelt, stimmen die fraglichen Vorgänge im Thier- und Pflanzenreich so genau überein, dass eine Trennung derselben geradezu ein Fehler wäre. Nur eins könnte vielleicht unbequem sein; nämlich die Thatsache, dass bei den pflanzlichen Zelltheilungen gewöhnlich sofort die Bildung von Cellulosehäuten erfolgt, sobald die Energiden entstehen, während die Energiden des thierischen Fortpflanzungsmaterials damit nichts zu thun haben. Damit hängt aber zusammen, dass bei den pflanzlichen Objecten die Zellen sofort als kantige und eckige Gebilde (wie echte Bausteine) auftreten, während sie bei den Thieren als gerundete Körper erscheinen, deren Beziehung zur Gesammtform der Organe eine ganz andere als bei den Pflanzen ist.

Als nächstliegende Beispiele erwähne ich zunächst die Bildung und Furchung der thierischen Eier und die ersten Zelltheilungen in den Sporen und Eizellen der Pflanzen.

Die Thatsache aber, die mir auf diesem Gebiet merkwürdig erscheint, liegt darin, dass in all diesen Fällen von dem mütterlichen und väterlichen Organismus zunächst grössere Quantitäten von embryonaler Substanz in meist gerundeten Behältern (Eier, Sporen, Makro- und Mikrosporen) erzeugt und als einheitliche Massen abgegrenzt werden, dass aber jedesmal vor der Bildung des neuen Organismus, vor der Anlegung der Organe und vor der Differenzirung der Zellen eine Zerklüftung, eine fortgesetzte Zertheilung in kleinere Portionen oder Energiden eintritt. — Warum diese Verkleinerung?

Dies ist der Gegenstand der Betrachtung, den ich zunächst an einigen besonders klaren Beispielen erläutern will.[2]

1) Vergl. Sachs: „Vorlesungen über Pfl.-Physiol.“ 1882, Vorl. 43 und „Gesammelte Abhandlungen“ II, pag. 1231. — Weismann's Abhandlung „Die Continuität des Keimplasmas“ ist von 1885.

2) Abbildungen der hier zu bezeichnenden Objecte findet man betreffs der Makro- und Mikrosporen der Pflanzen in allen Auflagen meines Lehrbuches, sowie meiner „Vorlesungen“ — betreffs der thierischen Eier in R. Hertwig's Lehrbuch der Zoologie 1892, pag. 120.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00081-6

Die kleinen holoblastischen Eier der Säugethiere zerfallen bekanntlich nach der Befruchtung durch successive Zweitheilungen, durch „totale Furchung“ in eine sehr grosse Zahl kleiner Kugeln, die ich als Energiden bezeichne, da sie aus einem Zellkern mit zugehörigem Protoplasma bestehen. Erst wenn dieser Zerfällungsprozess vollendet ist, beginnt die Vorbereitung zur Differenzirung in verschiedene Gewebeformen der Organe. — Einen ganz ähnlichen Vorgang findet man an den grossen Eiern der Fucaceen unmittelbar nach der Befruchtung; nur dass hier die durch Zweitheilung entstehenden Energiden sich sofort mit dünnen Zellstofflamellen umgeben und sich nicht abrunden. Auch die Fucuseier sind holoblastisch im zoologischen Sinn; auch bei ihnen beginnt Wachsthum und Differenzirung der Gewebeformen erst, nachdem aus der relativ sehr grossen Eizelle eine grosse Zahl sehr kleiner Zellen entstanden sind.

Mit der äqualen holoblastischen Furchung der Säugethiereier lassen sich auch die Vorgänge in den Makrosporen der Isoëten sehr gut vergleichen, wo der aus lebensfähiger Substanz bestehende Inhalt zwar von einer dicken festen Haut umgeben ist, aber in seiner ganzen Masse ebenfalls in zahlreiche, sehr kleine Energiden getheilt wird (vor der Befruchtung), bevor das Ganze (nämlich das Prothallium) sich differenzirt, wächst, und ein Archegonium erzeugt.

Die Vorgänge im Inneren der ebenfalls sehr dickwandigen Makrospore der Selaginellen zum Zweck der Prothalliumbildung lassen sich vielleicht am Besten mit der holoblastischen, aber inäqualen Furchung der Froscheier, Schneckeneier u. a. vergleichen, wo die eine Hälfte des Eies, reich an Nahrungsstoff, nur wenige grosse Energiden liefert, die andere Hälfte, reich an gestaltungsfähigem Plasma, aber in sehr zahlreiche, sehr kleine Energiden zerfällt, auf denen die weitere Differenzirung und Organbildung beruht.

Noch viel auffallender aber ist die Aehnlichkeit der Vorgänge in der Makrospore der Marsilia, mit denen in den Eiern der Cephalopoden und anderen meroblastischen Eiern, mit discoidaler Furchung. Aehnlich wie bei derartigen Eiern, ist auch in der dickwandigen Makrospore von Marsilia ein grosses Quantum Nahrungsstoff enthalten (dem Dotter entsprechend), und nur an dem einen Pol der Makrospore ist, ähnlich wie bei dem Cephalopodenei, die gestaltungsfähige Substanz angehäuft, die nun in beiden Fällen zunächst in eine grössere Anzahl von kleinen Energiden zerfällt, bevor die weitere Entwickelung sich einstellt.

Wenn man die morphologischen Beziehungen bei Seite lässt und nur die Zerlegung der im Ei oder in der Makrospore vorhan-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00082-2

denen gestaltungsfähigen Substanz ins Auge fasst, so ist die Aehnlichkeit geradezu überraschend.

Die Hauptsache, auf die es hier allein ankommt, finden wir aber auch bei den Mikrosporen der Marsiliaceen, Selaginellen und Isoëten. Die Mikrosporen sind zwar an sich schon klein, um so mehr muss es aber auffallen, dass ihr gestaltungsfähiges Plasma zunächst in zahlreiche, sehr kleine Energiden zerfällt, deren Kerne sich später zu den Spermatozoën umformen. — Kaum wesentlich verschieden davon ist die Zertheilung des plastischen Inhaltes in der Centralzelle der Antheridien der Farne und Equiseten vor der Bildung der Spermatozoën; auch hier die Zerlegung einer relativ grossen Zelle in zahlreiche sehr kleine, bevor die specifischen Gestaltungsprozesse beginnen.

Wer mit den Fortpflanzungsprozessen der Gymnospermen hinreichend bekannt ist, wird auch hier die entsprechenden Vorgänge im Embryosack und in den Pollenkörnern nicht vermissen. Es würde zu viel Raum beanspruchen, alle im Thier- und Pflanzenreich vorkommenden Fälle näher zu bezeichnen; ich will nur noch auf die hier so nahe liegenden Zelltheilungen im Innern der Sporen des Lebermooses Pellia hinweisen und darauf, dass die Segmentirung der grossen Scheitelzellen von Dictyota dichotoma, der Equiseten und Charen ebenfalls dahin aufgefasst werden kann, dass der gestaltungsfähige Inhalt einer grossen Zelle (resp. Energide) in zahlreiche kleine Portionen sich theilt, bevor das Wachsthum und die Differenzirung beginnt.

Versucht man es nun, diese Vorgänge zu erklären, ihre inneren causalen Beziehungen aufzufinden, so ist zunächst zu beachten, dass in demselben Maasse, wie die Energiden resp. Zellen sich durch Theilung verkleinern, auch ihre Zahl sich nothwendig proportional vermehrt. — Bezüglich dieses Punktes leuchtet aber sofort ein, dass eine Gewebebildung überhaupt nur durch beträchtliche Vervielfältigung der Elemente möglich wird und dass speciell eine nur einigermaassen erhebliche Differenzirung, verbunden mit Arbeitstheilung in verschiedenen Gewebeformen, sogar sehr zahlreiche Zellen gleich anfangs erfordert, wie ja auch mit fortschreitender Entwickelung entsprechende Vermehrung der Gewebselemente einhergeht.

Und ebenso ist auch die äussere Gliederung, die Anlegung und speciellere Ausbildung der Organe kaum anders als durch Vervielfältigung der Energiden resp. Zellen denkbar; denn auch dies ist physiologische Arbeit und die entsprechende Energie wird eben durch Vermehrung der Energiden gewonnen. Letzteres tritt besonders deutlich bei den Siphoneen und Phycomyceten (den Coelo-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00083-8

blasten) hervor, deren äussere Gliederung in Stamm, Wurzel, Blätter, embryonale Vegetationspunkte und somatische Substanz auf ziemlich primitiven Stufen stehen bleibt, offenbar entsprechend dem Umstande, dass bei ihnen zwar sehr zahlreiche Energiden in der gemeinsamen Cellulosehülle thätig sind, aber ohne dass sie sich durch feste Zellwände abgrenzen, dass also ein inneres Wandgerüste fehlt. Dieses ist bei den echten Gewebepflanzen vorhanden und bewirkt seinerseits die Möglichkeit einer schärfer ausgeprägten, mehr filigranen Gliederung, durch welche sich die Pflanzen vor den meisten, zumal weicheren Thieren auszeichnen. Dass überhaupt die äussere Gliederung von der Gewebe-Differenzirung abhängt, zeigt ja auch die im Thierreich so scharf hervortretende Thatsache, dass die Protozoën weder das Eine noch das Andere besitzen, während auch bei den einfachsten und kleinsten Metozoën das Auftreten äusserer Gliederung von der Gewebebildung begleitet ist; im Pflanzenreich findet allerdings eine so scharfe Scheidung im Bereich der Algen und Pilze nicht statt; indess ohne dem Gesagten Eintrag zu thun.

Die Schwierigkeit, aber auch das Interessante des in § 10 angeregten Problems liegt auf einer anderen Seite. Wenn thierische Eier oder solche der Fucoideen und die grossen Sporen von Algen, Pilzen, die Makro- und Mikrosporen der Selaginellen, Isoëten und Marsiliaceen u. a. sich zur neuen Entwickelung vorbereiten und ihren Inhalt in zahlreiche, kleine Energiden theilen, so ist es dieselbe Quantität von Stoff, die vorher als eine Masse erscheint, später aber in Form von vielen kleinen. — So lange die grosse einheitliche Masse nur eine Energide darstellt, ruht sie, sie ist physiologisch unthätig, abgesehen von langsam fortschreitenden chemischen Veränderungen (vergl. Sachs, Vorlesungen, II. Aufl., S. 345). Die Gestaltungsprocesse beginnen mit der Furchung, überhaupt mit der Zerlegung in zahlreiche Energiden und sie werden um so energischer und vielseitiger, je weiter die Theilungen fortschreiten.

Diese Erscheinung macht den Eindruck, als ob dieselbe Stoffmasse an Energie, an Arbeitskraft gewänne, wenn sie in zahlreiche Portionen oder Energiden zerfällt.

So hingestellt wäre die Thatsache kaum zu begreifen; wie sollte durch blosse Theilung eine Vermehrung der Energie möglich sein. Eine solche ist unter den gegebenen Umständen nur durch Vermehrung der lebensthätigen Substanz selbst denkbar. Und thatsächlich findet eine solche offenbar statt; denn das, was sich activ an den Theilungsvorgängen bethätigt, ist das Nuclein und das lebende Protoplasma

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00084-4

allein. Neben diesen beiden aber befindet sich in den Eiern, Sporen u. s. w. auch noch nahrhafte Substanz, Reservestoff, der an sich zwar keine physiologische Energie besitzt, aber als Nahrungs- und Wachsthumsstoff des Nucleins und Protoplasmas verwendet wird und so zur Steigerung der Energie beiträgt. — Bei den mit abgegrenztem Dotter versehenen Eiern der Thiere und bei den Makrosporen der Marsiliaceen und Selaginellen, wo neben dem gestaltungsfähigen Keimstoff grosse Massen von Stärke, Fett und Eiweissstoffen abgelagert sind, und wo diese Vorräthe während der Keimung aufgebraucht werden, leuchtet ohne Weiteres ein, woher die Vermehrung der Energie, der physiologischen Kräfte kommt: die an sich trägen, nicht energischen Reservestoffe dienen zur Ernährung, Vermehrung des mit Energie begabten Nucleins und Protoplasmas, und indem diese Ernährung fortschreitet, theilen sich die Energiden und es ist nun leicht zu begreifen, dass die zahlreichen kleinen Energiden mehr physiologische Arbeitskraft besitzen, als die ursprüngliche, grosse: das Ei resp. die Spore.

Bei den gewöhnlichen ungeschlechtlichen Sporen der Algen, Pilze, Moose, Farne, Equiseten und in den Pollenkörnern sind die Reservestoffe zwar nicht so räumlich abgesondert, wie in den Makrosporen der Marsiliaceen, und den meroblastischen Eiern der Thiere, aber doch meist in Form von Stärke, Fettkörnern u. s. w. deutlich im Innern der Energide zerstreut zu sehen; und wo diess etwa nicht der Fall sein sollte, wie bei den kleinen holoblastischen Eiern, bei den Mikrosporen der Kryptogamen, da ist kein Zweifel, dass Reservestoffe in den Maschen des echten Protoplasmas vertheilt sind und bei der Furchung und Keimung zur Vermehrung des (nach Bütschli) wabigen schaumigen Protoplasmas dienen.

Mit diesen naheliegenden Erwägungen ist aber die Frage noch nicht beantwortet, warum zu der nothwendigen Vermehrung der physiologischen Energie die unmittelbar gestaltungsfähige Masse des Protoplasmas und Nucleins sich gerade in so kleine Portionen theilen muss. Es muss doch eine im Thier- wie Pflanzenreich geltende Ursache haben, dass lebensfähige, namentlich gestaltungsfähige Stoffmassen in so kleine Portionen (Energiden) zerfallen, deren jede aus einem centralen Kern und dem von ihm beherrschten Protoplasma besteht. (Schliesslich verweise ich auf meine „Gesammelten Abhandlungen“ II p. 1228.)

Würzburg, 12. März 1893.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00085-0

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: 77

Autor(en)/Author(s): Sachs Julius

Artikel/Article: Physiologische Notizen. Ueber einige Beziehungen der specifischen Grösse der Pflanzen zu ihrer Organisation.[1]) 49-81