

Ueber  
mechanische Anpassungen im Pflanzenreiche.

Vortrag,

gehalten in der Jahres-Versammlung des naturwissenschaftlichen  
Vereines für Steiermark am 30. December 1876

von dem

Vereins-Präsidenten Dr. Hubert Leitgeb.

Geehrte Anwesende!

Die beschreibenden Naturwissenschaften waren um die Mitte unseres Jahrhunderts in einen gewissen Doctrinarismus verfallen, in welchem sie namentlich durch den dominirenden Einfluss der Linné'schen Schule gefangen gehalten wurden.

Bis dahin beherrschte vorwiegend die Form des organischen Körpers die Wissenschaft; — sie in kurze abstrakte Sätze zu fassen und in das systematische Gerippe einzureihen, absorbirte die tüchtigsten Köpfe und ein Fortschritt war es zu nennen, wenn Versuche gemacht wurden, an der ehrwürdigen systematischen Schablone zu rütteln, und sie auf Grund vermeintlicher besserer Einsicht theilweise umzuändern.

Auch dass man anfangs, über die Betrachtung der äusseren Form hinauszugehen und sich in das anatomische Detail zu vertiefen, kann als ein wesentlicher Fortschritt nicht bezeichnet werden; war es denn doch immerhin den meisten Forschern nur um Constatirung der simplen Thatsache zu thun; an dieselben auch Gedanken zu knüpfen, sie zu deuten und in Zusammenhang zu bringen, darauf dachte man nur in den wenigsten Fällen.

Das Bild, welches die organischen Naturwissenschaften darboten, war, um mich eines schon vielfach gebrauchten aber treffenden Vergleiches zu bedienen, etwa das eines Bauplatzes, auf den von allen Seiten Baumaterial — behauene und unbehauene Steine — herbeigeschafft wurden und wo nur einzelne Arbeiter beschäftigt waren, dasselbe zurechtzulegen und unter diesen wieder nur wenige, die da und dort auch zur Aufführung von Mauerwerk sich anschickten. Aber der einheitliche Gedanke fehlte — und Plan und Ziel des Baues war am meisten fremd.

Es herrschte gewissermassen eine Scheu vor weitergehenden Speculationen, welche geeignet gewesen wären, noch unverbundene Thatsachen zu verknüpfen und es ist bezeichnend, dass gerade die tüchtigsten Forscher sich sorgfältig davon ferne hielten und consequent in dieser sich selbst auferlegten Beschränkung verharrten.

Der Naturforscher war zum Philosophen in einen schroffen Gegensatz getreten; beide hatten sich die Grenzen ihres Forschungsgebietes gezogen und mit Aengstlichkeit hütete sich jeder vor dem Hinübergreifen in das feindliche und feindselig betrachtete Gebiet.

Diese traurige Erscheinung war eigentlich die nothwendige Folge der ausgelassenen Speculation, welche die Schule der Naturphilosophen wenig früher als Endziel wahrer Naturforschung gepriesen hatte; es war dies eine Reaction gegen jene Geistesverwirrung, welche die Ergebnisse des rein idealistischen Denkens auf meist unvollkommen beobachtete Thatsachen kritiklos anwandte und somit die höchsten Abstraktionen mit der nachlässigsten Empirie verband.

Es ist, wie ich glaube, vor allem das Verdienst der immer mehr in Aufnahme gekommenen entwicklungsgeschichtlichen Forschung, die organischen Naturwissenschaften endlich aus diesem Banne erlöst zu haben.

Dadurch, dass man die Entwicklung des Individuums von der einzelligen Anlage an verfolgte, dass man in hunderten von Fällen sah, wie aus durchaus gleichartigen Anlagen sich allmählig so Ungleichartiges entwickeln könne und man erkannte, dass in je früheren Entwicklungsstadien die Abänderung eintrete, umso unähnlicher die entwickelten Individuen sich gegenüber ständen

und dass je später eine divergente Entwicklung Platz greife, umso mehr auch die entwickelten Formen mit einander übereinstimmen — durch diese und ähnliche Beobachtungen wurden die Bedingungen geschaffen, die den Gedanken reifen und sich ausbreiten liessen, die organische Natur nicht mehr bloss als eine sinnverwirrende Masse von einander mehr oder weniger ähnlichen Formen, sondern als organische Einheit, und, um es mit einem Worte zu sagen, in ihrer Gänze entwicklungsgeschichtlich aufzufassen.

Wie die Beobachtung der am sich entwickelnden Organismus in die Erscheinung tretenden Umwandlungen einen Massstab bot zur Beurtheilung der am Individuum möglichen Veränderungen, so lehrte die genauere Kenntniss des Generationswechsels Entwicklungsvorgänge kennen, die über das Individuum hinausgreifen. Der Begriff der naturhistorischen Art erschien dadurch wesentlich erweitert. Die gewöhnliche Vorstellung, sie als eine Gesamtheit gleichartiger Individuen aufzufassen, musste dahin modificirt werden, dass auch ungleichartige aber sich nothwendig ergänzende Individuen in den Rahmen derselben Platz finden könnten.

Wenn nun auch die Constanz der Species dadurch zunächst nicht berührt wurde, so waren es doch zweifellos diese Untersuchungen, welche den Gedanken, die Entwicklungsfähigkeit auch auf die Art auszudehnen, in immer weiteren Kreisen Eingang verschafften und somit jene Bedingungen schufen, welche geeignet waren, der nun von Darwin von neuem vorgetragenen Abstammungslehre so rasch und entschieden zum Siege zu verhelfen.

Wohl war diese Lehre keine neue. — Schon im ersten Jahre unseres Jahrhunderts hatte Lamarck dieselbe ausgesprochen und später St. Hilaire gegen Cuvier vertheidigt. Dass diese bedeutenden Männer unterliegen mussten, dass die Unveränderlichkeit der Arten auch weiter noch als fast unbestrittenes Dogma gelehrt wurde, liegt nicht so sehr in der mangelhaften empirischen Begründung ihrer Ansichten, als vielmehr darin, dass ihre gelehrten Zeitgenossen und unmittelbaren Nachfolger zur Aufnahme der neuen Lehre noch nicht vorbereitet waren.

Wir sehen hier die in der Entwicklungsgeschichte unseres Geschlechtes immer wiederkehrende Erscheinung, dass der geistige Fortschritt in einem bestimmten Zeitabschnitte nicht so sehr

an eine bevorzugte Persönlichkeit geknüpft, als vielmehr abhängig ist von der Summe geistiger Arbeit, die in diesem Abschnitte geleistet wird. Der seiner Zeit vorauseilende Denker bleibt unverstanden und ungehört; der Prophet aber, der die neue Lehre verkündet, und zum Siege bringt, ist nur der personifizierte Gedanke seiner Zeit.

Mit Darwin hatten wir die Abstammungslehre gewonnen. Wir gewöhnten uns damit an den Gedanken, die organischen Naturkörper könnten nicht als Folge übernatürlicher Interventionen entstanden, sondern aus wenigen einfachen Formen durch deren allmähliche Umwandlung hervorgegangen sein.

Aber hatten wir damit in Bezug auf die Erfassung der organischen Welt einen wesentlichen Fortschritt gemacht?

Wohl war da und dort der „gemeinsame Bauplan“ aufgedeckt; man sprach vom „gemeinsamen Grundgedanken der Schöpfung“, der überall zum Ausdruck gelange — aber was war denn mit diesen und ähnlichen Schlagworten erreicht? Lauerte nicht hinter jedem dieser Sätze immer wieder das Gespenst der Teleologie; war die Frage nach der Entstehung der organischen Wesen, nach der Ursache, warum jedes derselben seinen Existenzbedingungen so vollkommen angepasst sei, damit aus der Welt geschafft? Woher die Zweckmässigkeit, die überall in die Erscheinung tritt, die ebenso die einfache Zelle, wie den zusammengesetztesten Organismus beherrscht?

Dass wir diesen Fragen nicht mehr rathlos gegenüberstehen, ist ein weiteres nicht genug zu würdigendes Verdienst Darwin's. Indem dieser grosse Denker zugleich mit der festen und sicheren Begründung der Abstammungslehre das Princip der natürlichen Züchtung einführte, lehrte er uns den Factor kennen, der, gepaart mit der Vererbung, uns nicht allein die Entstehung neuer Formen verständlich macht, sondern es auch begreiflich erscheinen lässt, warum dieselben der Aussenwelt im Allgemeinen so vortrefflich angepasst sind.

Es ist nicht meine Absicht, Ihnen hochverehrte Anwesende! heute einen Vortrag zu halten über diese beiden hochwichtigen Lehren — die Descendenz- und die Selectionslehre — umsoweniger, als dieselben ohnedies dem gebildeten Publikum bekannt sind, und ich somit fürchten müsste, Sie mit Wiederholungen zu

ermüden; — aber Sie werden mir gestatten, insoweit, als es zum Verständniß des Nachfolgenden nothwendig ist, Ihnen die wesentlichsten Momente derselben mit wenigen Worten in Erinnerung zu bringen.

Der Gedankengang Darwin's ist folgender:

Nebst den vielen Eigenschaften, die die Nachkommenschaft von ihren Eltern erbt, treten an derselben auch solche auf, welche an den Eltern nicht vorhanden oder nicht bemerkbar waren. Die Eigenschaften jedes Individuums sind also theils ererbt, oder wie man sagt, angeboren, theils von diesem selbst erworben. Der Pflanzen- oder Thierzüchter wählt nun zur Nachzucht solche Individuen aus, welche seinen Zwecken nützliche Abänderungen zeigen, die somit auf die weiteren Generationen vererbt werden. Auf ähnliche Weise verfährt die Natur; sie trifft eine Zuchtwahl, indem nur solche Individuen zur Fortpflanzung gelangen, welche in Folge einer neuen und nützlichen Abänderung sich im Kampfe um's Dasein als die Stärkeren erweisen. Erlauben Sie mir nur ein Beispiel anzuführen: An einem mit Gebüsch besetzten Standorte wächst eine Bohnenart mit niederliegendem Stengel. Ein Theil der aus ihren Samen entwickelten Keimpflänzchen zeigt nun eine neue — nicht von den Vorfahrern ererbte — Eigenschaft, darin bestehend, dass die Stengel sich um Stützen zu winden vermögen. Diese Pflänzchen werden sich also über ihre mit dieser Fähigkeit nicht begabten Mitschwester erheben können, werden ihnen Licht und Luft abgewinnen, sie in den Schatten und in die Traufe bringen. Letztere werden also — wie man zu sagen pflegt — erstickt, während die mit der Fähigkeit zu Schlingen begabten Pflänzchen zur Samenbildung gelangen, und diese neue und nützliche Eigenschaft somit vererben. Es bildet sich also eine schlingende Varietät. Diese Eigenschaft, sich um Stützen winden zu können, ist aber nicht an jedem Standorte von Vortheil, und dies ist wohl auch der Grund, dass in der Flora unserer gebüschfreien Alpenmatten keine Kletterpflanze zu finden ist.

So erklärt uns die Zuchtwahl in gleicher Weise die Farbenpracht der Blüthe, die sich nur dort findet, wo Insekten zur Vermittlung der Bestäubung angelockt werden sollen, und den Formenreichtum derselben, der zur Erleichterung oder Sicherung



dieses Bestäubungsgeschäftes in Beziehung steht, und wir finden es begreiflich, dass unsere im ersten Frühjahre blühenden Bäume, wie der Haselnussstrauch, die Pappel, Erle und Birke, keine grossen Blüten haben, die ihnen bei dem Umstande, als zu dieser Zeit noch das reiche Insektenleben fehlt, nutzlos wären. Ebenso verstehen wir es nun, warum in den früheren Erdperioden die ersten Blütenpflanzen erst in der Kreide auftreten, nachdem in der früheren Jura die Insektenwelt sich entwickelt hatte.

Nach diesen einleitenden Betrachtungen gehe ich nun zum eigentlichen Thema meines heutigen Vortrages über.

Ist, wie wir wissen, jeder Organismus den Bedingungen und Umständen, unter denen er wächst und sich fortpflanzt, so vortrefflich angepasst, haben die Organe jeder Pflanze gerade die Form, Grösse, die Eigenschaften, die ihr nützlich sind — ist dies Princip der Anpassung also allgemein herrschend, so muss dies auch der Fall sein in Bezug auf eine der wichtigsten Lebensbedingungen, die der erforderlichen Festigkeit, der Widerstandsfähigkeit nämlich gegen äussere mechanische Eingriffe; welche Art der Anpassung ich als „mechanische Anpassung“ bezeichnen will. Dass solche Anpassungen nun in der That vorhanden sind, dass der Bau mancher Pflanzen und Pflanzentheile, die Lagerung der Gewebeformen in denselben nur dann verständlich sind, wenn wir das „mechanische Princip“ zur Erklärung herbeiziehen, dies an einigen Beispielen zu zeigen, ist der Zweck meines heutigen Vortrages.

Alle Pflanzen und Pflanzentheile sind, wie bekannt, aus kleinen, in der Regel dem freien Auge nicht mehr wahrnehmbaren Bausteinen, den Zellen, aufgebaut. Es stellen diese Zellen Bläschen dar, bestehend aus einer ziemlich festen und elastischen Haut und einem Inhalte, dessen Zusammensetzung und Eigenschaften uns zunächst nicht weiter interessiren. Da eigene Kanäle, in welchen die Nährstoffe, ähnlich wie das Blut in den Adern, circuliren könnten, in den Pflanzen nicht vorkommen, so muss das ganze Nährmaterial durch die Zellwände hindurch, also auf dem Wege der Diffusion, bewegt werden. Bei dieser Bewegung durch die allerengsten Capillarräume, werden nun die zu über-

windenden Reibungswiderstände offenbar einen bedeutenden Verbrauch an Kraft zur Folge haben, welche der Pflanze dadurch für andere Funktionen verloren geht. Um das Wasser, welches ein Morgen Wald während eines Sommertages durch Verdunstung verliert, in die Wipfel der Bäume zu pumpen, müsste ein Pferd täglich etwas mehr als eine Stunde arbeiten. Dies wäre aber nur unter der Voraussetzung, dass das Wasser sich in einem Gefässe (etwa einer Steigröhre) emporbewegen würde. Bei einem 25 Meter hohem Baume müssen aber die Wassertheilchen etwa 30000 Zellwände durchwandern, und es werden dabei die zu überwindenden Reibungswiderstände einen enormen Kraftaufwand erfordern.

Und warum bildete dann die Pflanze so kleine Zellen, während ihr grössere beim Stofftransporte unzweifelhaft von Nutzen gewesen wären? Gewiss nur aus mechanischen Gründen, indem sie durch die Kleinheit der Zellen bei geringstem Materialaufwand einen möglichst widerstandsfähigen Körper schuf, dem mechanischen Principe entsprechend, dass bei gleicher Wanddicke ein hohler Körper um so fester ist, je kleiner er ist.

Die Druckfestigkeit, welche die Zelle ihrer Haut verdankt, wird selbstverständlich wesentlich erhöht durch den hydrostatischen Druck, den der flüssige und die Zelle erfüllende Inhalt von Innen her auf die Wand ausübt, und es kann derselbe in Verbindung mit einer selbst zarten Membran genügen, die Zelle hinreichend druckfest zu machen. Wenn nun aber, wie es häufig geschieht, mit dem Alter der Zelle deren Inhalt schwindet, die Widerstandsfähigkeit derselben aber der Pflanze noch weiter nothwendig ist, so verstärkt nun die Zelle ihre Membran und zwar theils durch gleichförmige Verdickung derselben, oder dadurch, dass an selber nur stellenweise Versteifungsvorrichtungen angebracht werden: Den Bast wie das Holz höherer Pflanzen durchziehen sehr lange Zellröhren, die als Gefässe bezeichnet werden. Bast- wie Holzgefässe sind anfangs dünnwandig und mit Säften prall erfüllt. Dies ist bei den Bastgefässen während des ganzen Lebens des betreffenden Pflanzenorganes der Fall, und ihre Druckfestigkeit bleibt auch ohne weitere Verdickung der Haut erhalten. Die Holzgefässe aber verlieren den wässerigen Inhalt, und fungiren dann als Circulationskanäle für Luft. Hier muss nun, soll nicht

die Festigkeit der Zelle, und somit die des ganzen Organes Schaden leiden, die Wand verstärkt werden, was bald durch ringförmige von Strecke zu Strecke sich wiederholende Versteifungen oder durch Ausbildung eines Spiralbandes, oder in anderer Weise geschieht.

Als mechanische Anpassung zur Erhöhung der Druckfestigkeit möchte ich ferner die gröbere Sculptur erklären, die an der Oberfläche der Sporen und Pollenkörner in Form netzartig verbundener Leisten, oder mehr weniger gedrängt stehender Warzen und Stacheln in die Erscheinung tritt, und welche wir auch häufig an der Oberfläche von Haargebilden finden, die, für längere Dauer bestimmt, jedenfalls eine gewisse Druckfestigkeit nöthig haben.

Ich beschränke mich auf diese wenigen Beispiele der mechanischen Anpassung der einzelnen Zelle, und wende mich zu einer anderen, die Verstärkung ganzer Zellgewebe dienenden Einrichtung, die auf das Schlagendste ihren mechanischen Zweck erkennen lässt.

Der Blattstiel unserer Seerose ist mit weiten, Luft führenden Kanälen durchzogen, die von einander durch aus nur einer Zellschicht gebildete Wände getrennt sind. In diesen, aus dünnhäutigen Zellen aufgebauten Wänden, sind nun von Strecke zu Strecke einzelne ganz eigenthümliche Ausbildungen eingefügt: An ein in der Wand liegendes Mittelstück setzen sich beiderseits in die Luftgänge hineinragend mehrere Aeste an, die theils quer, theils der Länge nach verlaufend, sich innig der Wand jener anlegen. Im Gegensatze zu den übrigen, wie schon bemerkt, durchaus zarthäutigen Wandzellen, sind diese sehr stark verdickt. Letzterer Umstand, in Verbindung mit der Richtung und Lage der Zelläste, so wie die ganze Einfügung dieser Zellen in der Wand zeigt unzweifelhaft, dass sie aus mechanischen Gründen, und zwar zur Verstärkung der die Luftgänge trennenden Scheidewände vorhanden sind, für welchen Zweck sie ganz in gleicher Weise wirken, wie die Schliessen, welche der Baumeister in schwächere Mauern der Gebäude einführt.

Die Versteifung der Luftgänge kann aber auch in anderer Weise erfolgen. So finden wir öfters in grösseren oder kleineren Abständen Diaphragmen eingefügt, welche aber, um die Luftcirculation nicht zu sperren, aus sternförmigen Zellen bestehen; oder es ist der ganze Luftraum mit einem Gebälke fadenförmiger



und verzweigter Zellen erfüllt, welche offenbar als Zugbänder wirkend, wieder die Straffheit der Scheidewände erhöhen.

Doch dies Alles sind ja nur ganz specielle Fälle, aus denen sich noch nicht ergibt, ob die mechanische Anpassung im Pflanzenreiche denn allgemein als selbstständiges Moment hervortritt, und ob nicht dieser Zweck nicht durch specifice diesbezügliche Einrichtungen, sondern nur nebenbei erreicht wird.

In der Entwicklung der ganzen organischen Welt herrscht bekanntlich das Gesetz der Arbeitstheilung. Verrichtungen, welche bei anderen Organismen von einer Zelle oder einem Organe vollzogen werden, vertheilen sich bei höheren auf verschiedene Zellen und verschiedene Organe. Weiters sehen wir, wie sich das bei niederen Formen aus lauter gleichen Zellen gebildete Organ aus verschiedenen Geweben aufbaut, deren jedes für bestimmte Verrichtungen aufzukommen hat. So ist bei höheren Pflanzen der Schutz gegen Verdunstung und der Abschluss nach aussen einem eigenen Hautgewebe anvertraut; andere Gewebe vermitteln die Wasserströmung, wieder andere die Luftbewegung, während der Transport der Baustoffe wieder bestimmten Zellgruppen übertragen ist. Wie verhält es sich nun mit der Herstellung der erforderlichen Festigkeit im Pflanzenkörper. Sollten die höheren Pflanzen deren nicht auch für diese so wichtige Lebensbedingung eigene Gewebe ausbilden, deren Zellen vor allen der Erfüllung dieser Aufgabe angepasst sind, und deren Lagerung im Organe den diesbezüglichen mechanischen Sätzen entspricht?

Ich folge in nachstehender Darstellung und den daran sich knüpfenden Auseinandersetzungen S. Schwendener's inhaltsreichem Buche: „Das mechanische Princip im Aufbaue der Monocotyledonen.“

Um zur Beantwortung dieser Fragen einen Anhaltspunkt zu gewinnen, untersuchen wir vorerst die Bedingungen, die an ein bei unseren Bauten so häufig vorkommendes Constructionsobject, den **Tragbalken**, bezüglich seiner Festigkeit gestellt werden. Legt man an einen freiliegenden, nur an seinen Enden unterstützten Träger ein Gewicht auf, so wird in jenem sich offenbar ein Krümmungsbestreben geltend machen und in Folge dessen die belastete Seite etwas verkürzt, die abgekehrte etwas verlängert werden, jene daher gedrückt, diese gedehnt werden. Die daraus

sich ergebenden Spannungen werden weiters an den Grenzflächen am grössten (und entgegengesetzt) sein, und beiderseits nach der Mitte des Trägers hin abnehmen, wo sie gleich Null werden. Diese mittlere Schicht, wo keine Spannungen zur Geltung kommen, wird als die „neutrale Faserschicht“ des Trägers bezeichnet. Da die Spannungen, wie erwähnt in den Grenzflächen am grössten sind, so wird es sich empfehlen, namentlich diese möglichst stark zu construiren, und das Material, welches zur Construction verwendet werden soll, nicht gleichmässig durch den ganzen Träger zu vertheilen, sondern dasselbe vorzüglich an dessen Grenzflächen anzuhäufen und zwischen denselben nur so viel zu verwenden, als zur festen Verbindung derselben nothwendig ist. Man gibt daher solchen Trägern die Querschnittsform eines doppelten  $\tau$  und nennt sie „Doppel  $\tau$  träger“ (I). Die beiden, den Grenzflächen des einfachen Trägers entsprechenden Theile (die Querstriche des doppelten  $\tau$ ) bezeichnet man als die „Gurtungen“, das dieselben verbindende Stück nennt man den „Steg“.

Wendet man zur Construction zweierlei Material an, so wird man das festere für die Gurtungen verwenden, und sollen auch die Gurtungen aus verschiedenem Material construirt werden, so wird jene, welche für Druck in Anspruch genommen wird (in unserem Beispiele die belastete Seite), aus dem druckfesteren, die andere Gurtung, welche gedehnt wird, aus dem zugfesteren Materiale verfertigt werden.

Es gilt dies ganz in gleicher Weise für Träger, welche nur an einem Ende fixirt sind, bei denen dann aber die Function der Gurtungen sich umkehrt, indem die belastete Seite für Zug, die untere für Druck in Anspruch genommen wird.

Untersuchen wir nach diesen zur Orientirung vorausgeschickten Erörterungen, in wie weit der Bau eines Blattes (wir nehmen der Einfachheit halber ein bandförmiges) in Bezug auf den Zweck, mit möglichst geringen Materialaufwand eine möglichst grosse Festigkeit zu erzielen, den hier vorgetragenen Bedingungen entspricht. Ein solches Blatt wird bei normaler Stellung am Stengel mit denselben einen mehr weniger spitzen Winkel bilden und daher durch sein eigenes Gewicht belastet sein, welche Last sich noch durch Regen- und Thautropfen und andere Gegenstände vergrössern kann. Es wird sich also in dem Blatte ein

Krümmungsbestreben nach abwärts geltend machen, die obere Seite daher gedehnt, die untere gedrückt werden, jene daher für Zugfestigkeit, diese für Druck construirt sein müssen.

Ein Blick auf den Querschnitt eines Maisblattes z. B. zeigt, dass diesen Bedingungen in ganz vorzüglicher Weise entsprochen ist:

An der Oberseite — der Zugseite — liegen mehr weniger breite Bänder, aus einem Gewebe gebildet, dessen Zellen nach Form, Festigkeit und Zusammenfügung den Bastzellen entsprechen. Ihnen gegenüber an der Druckseite liegen starke Gurtungen, aus Bastgewebe bestehend, an die sich nach innen die Holztheile der Gefässbündel anschliessen. Zwischen diesen grösseren Trägern liegen kleinere ähnlicher Zusammensetzung und es verhindert die Mächtigkeit der Träger und ihre gedrängte Lage ein in Folge des Druckes leicht mögliches seitliches Ausbiegen, was natürlich an den oberen nur dem Zug ausgesetzten Gurtungen nicht in Betracht kommt. Das übrige Gewebe des Blattes besteht aus einem lockeren dünnwandigen Parenchym, das als mechanisches Element wohl nicht in Betracht kommen und wie wir wissen, schon seiner Lage nach auf die Biegefestigkeit des Blattes keinen merklichen Einfluss nehmen kann. Wohl aber ist dies der Fall mit den beiderseits liegenden aus bastfaserartigen Elementen bestehenden Gurtungen, deren Lage und Zusammensetzung offenbar die Biegefestigkeit des Blattes bedingt.

Um von der Widerstandsfähigkeit dieser Gurtungen eine Vorstellung zu gewinnen, sei erwähnt, dass zahlreiche Messungen dargethan haben, dass den Bastbändern im Allgemeinen ein Tragvermögen von 20 Kilo per  $\square$  Mill. zukommt, was so ziemlich dem Tragvermögen unseres Schmiedeisens entspricht. Ich begnüge mich mit der Anführung dieses Beispieles und will nur erwähnen, dass bei allen, ähnlich den Blättern flächenartig entwickelten Organen, wo also vorzüglich nur die Widerstandsfähigkeit gegen Kräfte, die in der Richtung senkrecht auf die Fläche einwirken, in Betracht kommen kann, auch die Anordnung der widerstandsfähigen Elemente im Allgemeinen den hier besprochenen Typus folgt, also wie es das mechanische Princip verlangt, eine oberflächlich zweireihige ist. Ich will ferner nur andeuten, dass bei

allen solchen Organen die Faltungen der Fläche, die an der Unterseite vorspringenden Rippen, die rinnige Form der ganzen Blätter oder wenigstens der Blattstiele, wie leicht einzusehen, wenn vielleicht auch nicht den einzigen Zweck haben, die Biegefestigkeit des Organes zu vermehren, in jedem Falle zur Erhöhung derselben in nicht unwesentlicher Weise beitragen.

Ich wende mich nun zur Betrachtung der Stengelorgane, und zwar vorerst der aufrechten und mehr weniger cylindrischen. Bezüglich ihrer mechanischen Function haben sie vorerst dem Drucke der höheren Pflanzentheile und deren Anhangsorganen zu widerstehen und zweitens auch den seitlich wirkenden Kräften namentlich den Windstößen Widerstand zu leisten. Da nun kaum bei irgend einer Pflanze der vertical wirkende Druck durchaus gleichmässig ist, also auch dieser den Stengel zu biegen strebt, so wird auch dieser nur die Biegefestigkeit des Stammes in Anspruch nehmen und es wird daher vollauf genügen, wenn wir dessen Construction in Bezug auf diese Eigenschaft untersuchen.

Was die aufrechten cylindrischen Organe von den früher besprochenen flächenartig entwickelten vor allem unterscheidet, ist, dass die biegenden Kräfte von allen Seiten her wirken können, und es ist selbstverständlich, dass eine zweiseitige Anordnung der Constructionstheile nicht mehr genügt.

Wenn wir nun vorerst versuchen, unsere Doppel T Träger diesen veränderten Bedingungen entsprechend zu combiniren, so wird sich offenbar die strahlige Anordnung als die vortheilhafteste herausstellen, in welcher dieselben die neutrale Faserschicht miteinander gemein haben. Wir können nun benachbarte Gurtungen derselben miteinander verbinden und dadurch die Stege entbehrlich machen, und wir erhalten eine cylindrische Röhre, in welcher in gleichen Abständen die Gurtungen eingelassen sind. Vermehren wir aber die Zahl der Träger, dass diese sich seitlich berühren, so erhalten wir die ganze cylindrische Röhre aus Gurtungen zusammengesetzt, und es ergibt sich so von selbst, dass die cylindrische Röhre jene Constructionsform sein wird, welche der Bedingung, bei möglichst geringem Materialaufwand möglichst grosse Biegefestigkeit nach allen Seiten, vor allem entspricht.



Diese Constructionsform, welche bei unseren Bauten ja alltäglich angewendet wird, wurde auch von der Pflanze benutzt und wir finden daher auch hier peripherisch kreisförmige Anordnung der widerstandsfähigen Elemente überall dort, wo es sich um allseitige Biegungsfestigkeit handelt. Es ist aber weiter selbstverständlich, dass die Pflanze unter Wahrung des eben ausgesprochenen Principes sich in der Durchführung desselben mancherlei Abänderungen gestattet, sei es, dass dasselbe einer andern wichtigen physiologischen Function untergeordnet werden muss, oder dass die mechanisch günstigste Anordnung der widerstandsfähigen Zellen nicht streng durchgeführt werden kann, also zu Gunsten anderer, mit wichtigen Verrichtungen betrauter Gewebe Concessionen gemacht werden müssen.

Sehr deutlich ist das mechanische Princip in den hohlen Stängeln unserer Gräser zum Ausdrucke gelangt. Die widerstandsfähigen Elemente liegen hier immer sehr nahe der Peripherie und zwar häufig in Form isolirter, durch Parenchym verbundener Träger, die in einem oder in mehreren Kreisen geordnet sind. In anderen Fällen schliessen sie zu einem Hohlcylinder zusammen an dem wieder öfters bei besonders stark gebauten Stängeln sich nach aussen, bei anderen auch nach innen Rippen ansetzen, welche wieder zur Erhöhung der Biegungsfestigkeit beitragen, wie ja auch der gerippte Hohlcylinder in der Architektur und im Maschinenbau häufige Anwendung findet. Aber auch dort, wo hohle Stengel nicht vorkommen, wie zum Beispiel bei den Palmen, und der ganze Querschnitt mit Gefässsträngen übersät ist, stehen diese nur an der Peripherie sehr dicht beisammen und haben mächtige Bastbündel, welche den inneren fast ganz fehlen.

Auch unter den niederen Pflanzern sehen wir beim Aufbau biegungsfester Organe den Hohlcylinder häufig angewendet. Bekanntlich ist der Stiel vieler unserer Blätterschwämme hohl. Denselben Bau zeigen manche unserer aufrecht wachsenden Flechten und auch unter den Moosen mit aufrechten Stengel gelangt diese Constructionsform zum Ausdrucke.

Bevor ich die Besprechung der biegungsfesten Organe schliesse, möchte ich noch auf eine höchst interessante Eigenthümlichkeit aufmerksam machen, welche im hohen Grade ge-



eignet ist, die mechanischen Einrichtungen in das gehörige Licht zu stellen.

Wenn man einen noch nicht ausgewachsenen Grashalm seiner Blätter entkleidet und auch die den Stengel dicht anschliessenden Blattscheiden entfernt und nun zu biegen versucht, so knickt derselbe regelmässig unmittelbar über einen Knoten ein, während dies nur selten der Fall ist, wenn die Blattscheiden noch am Stengel belassen werden. Dass jedes Stengelglied unmittelbar über den Knoten am schwächsten ist, hat seinen Grund darin, dass an dieser Stelle dasselbe noch längere Zeit im Wachs- thume begriffen ist, wenn in den übrigen Theilen des Gliedes das Wachstum schon lange aufgehört hat. Diese noch im Wachs- thume begriffene und somit aus jungen unverdickten Zellen be- stehende Stelle besitzt daher nur geringe mechanische Wider- standsfähigkeit, und die Pflanze schuf sich in der Entwicklung der starken Blattscheiden ein Mittel, diese Einrichtung ohne Be- einträchtigung der Festigkeit des Halmes bestehen zu lassen. Bei der Verwachsung des unteren Theiles des Blattes zur Blatt- scheide geht dasselbe aus der Flächenform in die des Hohl- cylinders über, und es ändert sich dabei auch die Anordnung der widerstandsfähigen Elemente in der Weise, dass die an der Oberseite der Blattfläche verlaufenden Zugbänder an der ent- sprechenden Stelle des Hohlcyllinders (seiner Innenseite) ent- weder viel schwächer werden oder ganz verschwinden, während die an der Peripherie liegenden als die nun mechanisch vor allen wirksamen bedeutend verstärkt werden.

Den bis nun besprochenen aufrecht wachsenden Stengeln, welche vor allem biegungsfest construiert sein müssen, steht nun eine nicht unbedeutende Zahl solcher Stengelorgane gegenüber, welche theils am Boden liegend wenig mechanische Arbeit zu leisten haben, oder die, sei es, dass sie im strömenden Wasser vegetiren oder passiv dem Zuge der Schwere folgen, auf eine ge- wisse Zugfestigkeit eingerichtet sein müssen. Zu letzteren Organen gehören unzweifelhaft auch die Wurzeln, welche ja bei jedem Winde, der den oberirdischen Pflanzentheil zu biegen strebt, auf Zug in Anspruch genommen werden, und bei einem höheren

Baume und einem stärkeren Winde diesbezüglich ja Ausserordentliches leisten müssen.

In Bezug auf Zugfestigkeit lehrt nun die Mechanik, dass dieselbe nur von der Grösse des Querschnittes der widerstandsfähigen Elemente abhängig ist. Es ist also theoretisch vollkommen gleichgiltig, ob ich zum tragen einer Last eine Anzahl von einander isolirter Drähte anwende, oder ob ich diese zu einem Seile vereinige, vorausgesetzt, dass der Zug alle Drähte gleichmässig in Anspruch nimmt. Dies ist aber um so leichter zu erreichen, je näher die einzelnen Drähte aneinander gerückt sind, und man concentrirt daher in der Praxis das zu verwendende Materiale zu einem soliden Körper und construirt die Zugstangen massiv. In gleicher Weise sehen wir in der Pflanze für Zug eingerichtete Organe immer in der Weise ausgebildet, dass die widerstandsfähigen Elemente möglichst an einander gedrängt erscheinen. Dies geschieht natürlich am vollkommensten durch möglichste Concentration derselben in der Axe des Organes, und wir sehen daher auch das Stranggewebe der Wurzeln fast ausnahmslos axil gelegen.

Während also in Organen, die auf Biegungsfestigkeit berechnet sind, die widerstandsfähigen Stränge möglichst nach der Peripherie drängen, streben sie in zugfesten Organen nach deren Axe hin, und erscheinen dort entweder sehr nahe aneinander gerückt, oder geradezu zu einem Bündel verschmolzen.

Ist nun dieser verschiedene anatomische Bau des Stengels und der Wurzel bedingt durch die von ihnen zu leistende mechanische Arbeit, in der Weise also, dass jener vorzüglich als biegungsfestes, diese als zugfestes Organ zu fungiren hat, so steht es a priori zu erwarten, dass dort, wo diese Organe ihre diesbezüglichen Functionen wechseln, der Stengel also einem Zuge ausgesetzt ist, und die Wurzel eine Last zu tragen hat, auch in dem anatomischen Bau diese geänderte Function zum Ausdrucke gelangen wird.

Nun finden wir sehr häufig unterirdische Stengeltheile, welche in Bezug auf ihre mechanische Aufgabe die Rolle von Wurzeln übernehmen. Die zahlreichen Rhizome unserer Gräser und Halbgräser zeigen uns auch in der That in ihrem Baue einen wesentlichen Unterschied von den oberirdischen Stammtheilen, und nähern sich diesbezüglich mehr oder weniger der Wurzel

Ganz etwas ähnliches finden wir bei unseren Schachtelhalmen Während die oberirdischen Stengel hohl sind und ihre mechanischen Elemente ganz nach der Stengelperipherie gerückt haben, sehen wir diese in unterirdischen Stengeltheilen wieder mehr der Axe genähert, während hier zugleich die Höhlung verschwindet.

Anderseits gibt es Wurzeln, welche die Rolle der Stämme übernehmen. So brechen bei den Pandanusarten aus den oberirdischen Stammtheilen Wurzeln hervor, welche vertikal nach abwärts wachsen, in den Boden eindringen und sich bedeutend verdicken. Da später der untere Theil des Stammes abstirbt, ruht die ganze Last der Pflanze auf diesen Stützwurzeln, welche nun aber auch in der That einen stammähnlichen Bau zeigen, während die kleineren im Boden wachsenden Wurzeln den normalen Wurzelbau beibehalten.

Sehen wir so in dem einen Falle den Stengel mehr oder weniger den Bau der Wurzel annehmen, wenn er als zugfestes Organ zu fungiren hat, und umgekehrt, die Letztere dort, wo sie die Function des Stengels übernimmt, und dann für rückwirkende und Biegungs-Festigkeit construirt sein muss, einen stammähnlichen Bau zeigen, und ist der Grund dieses verschiedenen anatomischen Verhaltens nur in der mechanischen Anpassung gelegen, ist also die Ausbildung und Vertheilung der widerstandsfähigen Elemente in der That nur durch das mechanische Princip bedingt, so werden wir erwarten dürfen, dass dort, wo das Organ unter Verhältnissen vegetirt, in denen der Anspruch auf mechanische Leistungsfähigkeit auf ein Minimum reducirt ist, dem entsprechend auch die mechanisch wirksamen Zellelemente und Gewebe zurücktreten, und entweder gar nicht, oder nur in unbedeutendem Masse zur Ausbildung gelangen werden.

In solchen Verhältnissen befinden sich nun die in seichten stagnirenden Gewässern lebenden Pflanzen und es ist eine bekannte Thatsache, dass bei solchen häufig, weder im Stranggewebe noch an anderen Stellen, bastfaserähnliche Elemente ausgebildet werden. So finden wir es bei Hippuris, so bei Najas, Anacharis, Ceratophyllum, Utricularia und vielen anderen Pflanzen.

Die Beziehungen zwischen den mechanischen Lebensbedingungen einer Pflanze und den anatomischen Bau ihrer Organe werden aber weiters besonders deutlich dann hervortreten, wenn sehr

nahe verwandte Pflanzen, wie die Arten einer Gattung oder die Varietäten einer Art, die aber unter verschiedenen äusseren Verhältnissen leben, mit einander verglichen werden.

So gibt es unter den Laichkräutern (Potamogeton) solche, die in stehenden oder trägen Gewässern vegetiren, während andere Arten, wenn auch nicht ausschliesslich, so doch vorzüglich auf fliessende Gewässer angewiesen sind. Während an jene also nur höchst geringe mechanische Anforderungen gestellt sind, werden diese offenbar durch das strömende Wasser auf Zug in Anspruch genommen. Und ganz unserem Principe entsprechend, entbehren jene in gleicher Weise, wie die oben erwähnten Pflanzen der mechanisch wirksamen Zellen, während diese bei den letzteren mehr weniger vollkommen ausgebildet werden.

Wenn nun auch die angeführten Beispiele unwiederleglich dafür sprechen, dass die Pflanze bei Ausbildung und Anordnung der widerstandsfähigen Elemente durch mechanische Gründe beeinflusst wird, so dürfen wir doch nicht erwarten, dass dies überall und ausnahmslos in so vollkommener Weise geschehe, dass jede Pflanze diesbezüglich die sich theoretisch am günstigsten gestaltenden Verhältnisse zeigen würde. Ich habe schon oben erwähnt, dass um die für die mechanischen Gewebe günstigste Lage (bei aufrechten Stengeln die peripherische) ja auch andere für eine zweite und wichtige Function bestimmten Gewebe concurriren können und dass also das mechanische Princip nur insoweit zur Geltung kommen kann, als bei dessen Durchführung nicht andere wichtige Lebensfunctionen der Pflanze eine Schädigung erfahren. So sind die unverdickt bleibenden Stellen an den Wänden stark verdickter Zellen (die Poren), obwohl die Druckfestigkeit derselben schädigend, doch unumgänglich nothwendig zum leichteren Transporte der Stoffe; so sehen wir öfters in biegungsfesten cylindrischen Organen die Träger von der Peripherie zurücktreten und die mechanisch günstigste Lage dem grünen assimilirenden Rindengewebe einräumen, welches zur Durchführung der ihm übertragenen desoxydiren Processen eines ziemlich intensiven Lichtes bedarf.

Es ist aber anderseits auch der Umstand in Erwägung zu ziehen, dass ein Organ bei Erlangung der für eine bestimmte Function geeigneten Anpassung noch nicht bis zu dem theoretisch günstigsten Grade der Ausbildung vorgeschritten sein kann, weil

andere und unter früheren und von den dermaligen verschiedenen Existenzbedingungen erworbene Charaktere in Folge der langen Zeit hindurch wirkenden Vererbung so inhärent geworden sind, dass sie noch nicht vollständig ausgelöscht werden konnten. Wenn z. B. eine Landpflanze mit einem für Biegungsfestigkeit angepassten Stengel sich später dem Leben in stagnirenden Gewässern anpassen soll und somit der Biegungsfestigkeit nicht mehr bedarf, wenn somit die mechanischen Gewebe unnöthig werden, so werden dieselben möglicherweise auch in diesen neuen Verhältnissen durch die Macht der Vererbung noch theilweise erhalten geblieben sein und wir werden uns nicht wundern dürfen, wenn wir also da und dort noch mechanische Zellen finden, wenn sie auch überflüssig geworden sind. Ebenso kann ein ursprünglich biegungsfest construirter Stengel, wenn er später als zugfestes Organ zu wirken hat, sich noch nicht vollständig dieser geänderten Function angepasst haben und wir werden es so erklärlich finden, wenn die Lagerung der zugfesten Elemente noch nicht den günstigsten Grad der Anpassung erreicht hat.

Ich muss es mir versagen, auf diesen Punkt weiter einzugehen, da ich ohnedies fast fürchten muss, durch meine Auseinandersetzungen Ihre Geduld — hochverehrte Anwesende! zu sehr in Anspruch genommen zu haben. Aus diesem Grunde übergehe ich auch andere auf mechanische Anpassung basirte Einrichtungen und schliesse mit dem Wunsche, es möge mir gelungen sein, sowohl in Bezug auf Wahl des Stoffes zu meinem heutigen Vortrage, als auch in Bezug auf die Art seiner Behandlung von dem Anpassungsprincipe nicht zu sehr abgewichen zu sein.





# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 1876

Band/Volume: [13](#)

Autor(en)/Author(s): Leitgeb Hubert

Artikel/Article: [Ueber mechanische Anpassungen im Pflanzenreiche. \(Seiten XVII-XXXIV.\) XVII-XXXIV](#)