

Zeitschrift: Schweizerische pädagogische Zeitschrift
Band: 10 (1900)
Heft: 5

Artikel: Botanische Kapitelvorträge : 3. Teil
Autor: Schinz, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-789010>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Botanische Kapitelvorträge,

gehalten auf Anordnung des zürcherischen Erziehungsrates
von Hans Schinz.

II.

Schutzmittel der Pflanzen gegen mechanische Eingriffe.

Wohl kaum ein Gebiet der allgemeinen Botanik ist so sehr geeignet, auch dem Laien das Verständnis für die aus der nimmer feiernden Werkstätte der Natur hervorgehende, so überaus feine, man wäre fast versucht zu sagen, so sorgfältig überdachte Arbeit zu wecken, wie das Studium der Festigkeitseinrichtungen im Pflanzenreich, nicht nur deshalb, weil uns die Gegenstände tagtäglich auf Schritt und Tritt begegnen, sondern namentlich auch, weil uns deren Konstruktionsplan erinnert an die gewaltigsten baulichen Kunstwerke des Menschen, die in ihrer Ausführung wiederum Zeugnis ablegen von menschlichem Scharfsinn und menschlicher Arbeitskraft. Wir sind stolz, in einem Jahrhundert zu leben, das so gewaltige Bauwerke gezeitigt hat; stolz weist der Ingenieur auf die in schwindlicher Höhe Ufer mit Ufer verbindende Brücke, der Bauherr auf die mächtige Kuppel, die sein Gebäude überwölbt, oder auf das himmelanstrebende Kamin, das siegreich der Stärke des Sturmes Trotz bietet, und doch geziemt ihnen allen so gut wie uns Bescheidenheit, denn was wir auf Grund scharfsinniger Rechnung und mit Hülfe mannigfaltiger Materialien und einem gewaltigen Aufwand an Mitteln aller Art konstruieren, das hat die Natur im Pflanzen- und Tierreich längst verwirklicht.

Falsch wäre es allerdings, zu glauben, alle diese wundersamen Gebilde seien gleichsam in einem ersten Guss aus der Hand der schöpferischen Natur hervorgegangen, falsch, auch zu glauben, sie haben dem Menschen für seine Schöpfungen zum Vorbilde gedient, zu glauben, er, der Mensch habe seine Baukonstruktionen gewissermassen der Natur abgelauscht.

Das schlanke Bambusrohr, mit dessen zierlichen Zweigen der Wind sein Spiel treibt, ist in seiner biegungsfesten Konstruktion, die ihm erlaubt, nachdem es der Sturm unsanft geschüttelt hat, immer und immer wieder in die Gleichgewichtslage zurückzukehren, das Resultat der Auslese im Entwicklungskampf. Zahllos sind sicherlich die Konstruktionsmodifikationen gewesen, die, weil unpraktisch, im erbarmungslosen Kampf um die Existenz ausgemerzt worden sind, bis schliesslich die Natur auf dem Wege der Auslese das Bauprinzip der biegungsfesten Säule, man möchte zu sagen, entdeckt hatte.

Die mechanische Beanspruchung der Pflanzen ist eine überaus mannigfaltige.

Die im Sturme sich hin und her wiegende Palme wird auf Biegungsfestigkeit in Anspruch genommen, gleichzeitig muss der Stamm aber auch die schwere Krone tragen, und muss daher strebefest sein. Die Inanspruchnahme erstreckt sich aber auch auf die in der Erde verborgenen Organe, auf die Wurzeln, die auf Zugfestigkeit erprobt werden, in ähnlicher Weise etwa, wie die Ankertaue eines vor Anker liegenden Dampfers, den der schwere Orkan peitscht.

Meine Aufgabe ist es nun, dem Leser im Rahmen dieses Vortrages und, so weit als möglich, an Hand unserer einheimischen Pflanzenwelt entnommenen Beispielen zu zeigen, wie die Pflanzen diesen verschiedenartigen Anforderungen gerecht werden, und zwar in einer Vollkommenheit gerecht werden, die selbst den mit allen Mitteln der Neuzeit arbeitenden Techniker überrascht.

Die Kenntnis dieser Konstruktionen ist übrigens, das mag gleich hier hervorgehoben werden, keine alte, und es ist tatsächlich erst der neuern Zeit vorbehalten gewesen, das Bauprinzip, welches z. B. dem Zurückkehren des gebogenen Zweiges in eine bestimmte Ruhelage zu grunde liegt, und die Einrichtungen, die bewirken, dass Baumstämme selbst bei bedeutender Belastung sich zwar biegen, aber nicht brechen, zu erklären. Das Verdienst, Licht in diese interessanten Verhältnisse gebracht zu haben, gebührt unserm geistvollen, in Berlin lebenden Landsmanne Simon Schwendener. Mit dem Erscheinen seines Werkes: Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monokotylen mit vergleichenden Ausblicken auf die übrigen Pflanzenklassen im Jahre 1874, in dem er seine Entdeckung bekannt macht, beginnt die Epoche der physiologischen Anatomie, die sich an die Stelle der beschreibenden Anatomie gesetzt hat und deren Jüngerschaft von Jahr zu Jahr zunimmt.

Wenn wir Simon Schwendener nennen, so dürfen wir auch seines Schülers G. Haberlandt nicht vergessen, der die grossartigen Arbeiten seines Meisters erweitert und zusammengefasst hat in seinem Lehrbuche der physiologischen Pflanzenanatomie, das eine Fundgrube von Anregungen ist, und dessen Studium ich jedem Lehrer, dessen Studienrichtung die naturwissenschaftliche ist, angelegentlich ans Herz legen möchte.

Schon die Zellteilung pflanzlicher Wesen, die Trennung der Protoplasten durch feste Wandungen hat wohl in vielen Fällen — nämlich bei den niedrigen Gewächsen, den Algen etc. — die alleinige Aufgabe, die Pflanzen gegen äussere mechanische Einflüsse widerstandsfähiger zu machen.

Der lange Algenfaden wird durch die Ausbildung von Querwänden ausgesteift und am Einknicken verhindert.

Hiezu kommt noch der Turgor der Zellen, d. h. der Druck, der von dem hydrostatischen Druck des Zellsaftes auf die Zellwandung ausgeübt wird und diese straff spannt. Wir haben hier dieselbe Erscheinung, die uns ein schlaffer dünnwandiger Kautschukschlauch zeigt, wenn Luft oder Wasser in denselben hineingepresst wird: der Schlauch wird straff und viel weniger biegsam.

Jede krautige Pflanze, die im welken Zustande ihre Blätter und Äste schlaff hängen lässt, lehrt uns, dass im turgeszenten, frischen Zustande die Festigkeit der dünnwandigen, durch den Turgor gespannten Zellen ausreicht, um das Gewicht der im welken Zustande hängenden Organe zu überwinden und dieselben in jenen Lagen zu erhalten, die sie ihrer Funktion wegen einnehmen müssen.

Nun hängt aber die Turgeszenz einer Zelle und überhaupt eines jeden Organes viel zu sehr von der Luft- und Bodenfeuchtigkeit, überhaupt äussern Einflüssen ab, als dass sie genügen würde, grössern, nicht im Wasser untergetaucht lebenden Pflanzen dauernde Festigkeit zu gewähren. Es ist daran zu erinnern, dass gerade dann, wenn eine Pflanze, sagen wir, auf Biegefestigkeit in Anspruch genommen werden soll, d. h. also, dem Winde preisgegeben wird, auch der Turgor der Gewebe infolge der durch den Wind geförderten Transpiration sinkt.

Die Pflanze muss sich daher notgedrungen nach zuverlässlichern Einrichtungen umsehen, um die ihr nötige Festigkeit gewinnen und auch unbekümmert um die äussern Verhältnisse behaupten zu können.

Das Gerüst nun, welches dem Bau die notwendige Festigkeit gibt, wird aus besondern Zellen, den sogenannten Stereiden, gebildet, die ihrerseits zu bestimmten Konstruktionsteilen, Geweben zusammentreten, die man Stereome nennt.

Meine erste Aufgabe wird darin bestehen, den Leser mit diesen spezifisch mechanischen Zellen und mit dem Bau und der Anordnung der Stereome vertraut zu machen.

Zu den spezifisch mechanischen Zellen gehören: die Bastzellen, die Holzfasern oder Libriformzellen, die Kollenchymzellen und die Steinzellen (Sklereiden).

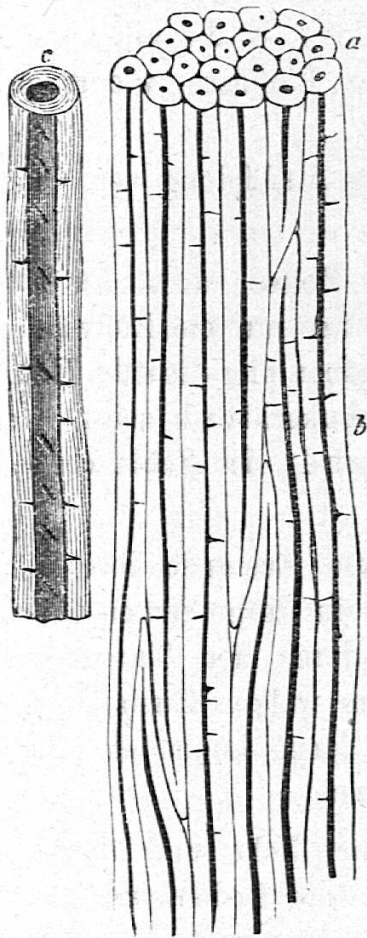


Fig. 1.*) Schematisches Bild einer Bastzellgruppe; *a* im Querschnitt, *b* im Längsschnitt, *c* Stück einer isolierten Bastzelle.

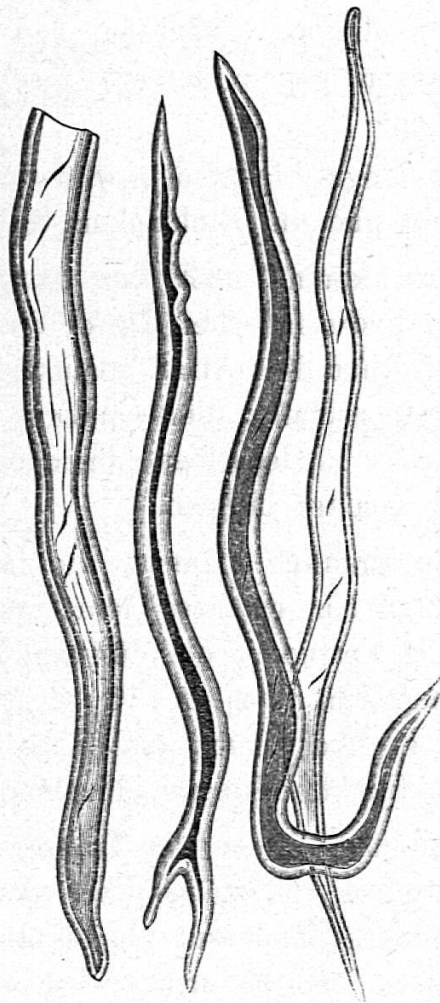


Fig. 2. Holz- (Libriform-) Fasern.

1) Die Figuren 1, 2, 4, 17 sind mir von den Herren Urban und Schwarzenberg aus Tschirchs Angewandter Pflanzenanatomie überlassen worden, dem Entgegenkommen der Verlagsbuchhandlung Wilhelm Engelmann verdanke ich die Figuren 3, 7, 10, 11, 12, 13 (aus Haberlandts Physiologischer Pflanzenanatomie), 8, 9, 14, 15, 16 aus Prantl-Pax Lehrbuch der Botanik. Die Figuren 5 und 6 stellte mir das Bibliographische Institut in Leipzig aus Kerners Pflanzenleben zur Verfügung.

Die Bastzellen und Holzfasern sind ganz allgemein von sehr langgestreckter, spindelförmiger Gestalt mit pfriemförmig zugespitzten Enden, mittels deren sie sich zwischen die gleichen Enden anderer Skelettzellen einkeilen, wodurch die Festigkeit des Ganzen natürlich sehr erhöht wird. Ihre grösste Länge beträgt bis zu 220 *mm* (Chinagrass, *Boehmeria nivea*), etwas kürzer sind die Bastfasern unserer einheimischen Pflanzen:

Lindenbast	Länge 0,875 bis 1,25 <i>mm</i> ,
Leinbast	Länge 20 bis 40 <i>mm</i> ,
Hanfbast	10 <i>mm</i> und darüber,
Nesselbast (<i>Urtica dioica</i>)	Länge bis 77 <i>mm</i> .

Zieht man dabei in Betracht, dass die grösste Breite einer Zelle höchstens einige Zehntel eines Millimeters beträgt, so kann man sich unschwer ein Bild einer solchen mechanischen Zelle machen. Die Wandungen der Fasern, mag es sich nun um Bast- oder um Libriformzellen handeln, sind stets mehr oder weniger stark verdickt, so dass die Lumina mitunter völlig verschwinden; sie pflegen des Weiteren in der Regel aus unveränderter Zellulose zu bestehen, also unverholzt zu sein.

Untersuchen wir die faserförmigen Stereomzellen bei starker Vergrösserung, so fallen uns sofort die zahlreichen spaltenförmigen Tüpfel auf, die die Wandungen in meist schiefer Stellung durchsetzen, und zwar entspricht die Stellung derselben meist einer linksläufigen Schraubenlinie.

Diese Stellungsrichtung ist deshalb von Bedeutung, weil aus derselben die Richtung der Molekularreihen erschlossen werden kann. Wir haben uns nämlich in derartigen faserförmigen oder prosenchymatischen Zellen, wie sie der Botaniker nennt, die kleinsten Membranteilchen reihenweise verwachsen zu denken, so dass sie überaus zarte, mit unsern optischen Hilfsmitteln nicht mehr wahrnehmbare Fibrillen darstellen. Die Wandung einer Prosenchymzelle mit schiefgestellten Tüpfeln bestände demnach aus einem mehrfach gedrehten, von einem Kanal, dem Zelllumen durchzogenem Bündel zahlreicher solcher feinsten Fasern. Wir gehen daher kaum fehl, wenn wir die Bastzelle mit einem Tau vergleichen, dessen einzelne Fasern ja gleichfalls in Schraubenlinien verlaufen. Wenn aber beim Tau die Tordirung des Faserbündels die Festigkeit des Taues erhöht, so dürfen wir gewiss diese Erfahrung auf die ähnlich konstruierte Bast- und Holzfaser übertragen. Die Bast- und Holzfasern stellen, sowie sie ihre Ausbildung erlangt haben, ihr Wachstum ein, eine Zufuhr der zum Wachstum benötigten Nährstoffe wäre

natürlich bei der Dicke der Wandungen auch sehr erschwert, und die Bast- und Holzfasern sind daher mit wenig Ausnahmen tote Elemente und finden sich nur in fertig entwickelten Organen vor.

Bastzellen und Libriform — oder Holzfasern — unterscheiden sich, beiläufig bemerkt, streng genommen, nur durch ihre topographische Lage im Organ: die ausserhalb des Verdickungsringes gelegenen mechanischen Prosenchymzellen werden als Bastzellen, die innerhalb des Ringes gelegenen Fasern als Libriformzellen aufgefasst.

In Pflanzenteilen, die sich noch im Wachstum befinden, findet sich an Stelle der toten prosenchymatischen mechanischen Elemente das Kollenchymgewebe, das, wenn das Wachstum später eingestellt wird, in Bastgewebe übergeht; in Organen aber, die ein dauerndes Wachstum besitzen, besteht das Festigungsgewebe zeitlebens aus dem genannten Kollenchym.

Die Kollenchymzellen können spitze Enden besitzen, also prosenchymatischer Natur sein, oder abgestutzte Enden zeigen, also an Parenchymzellen erinnern; stets unterscheiden sie sich aber von Bast- und Holzfasern dadurch, dass sie nur in den Ecken verdickt sind. Diese ungleichmässige Verdickung der Wandung gestattet einen Säfteaustausch zwischen den einzelnen Zellen, mit andern Worten, jenes Längenwachstum, das wir den Bastzellen z. B. absprechen mussten.

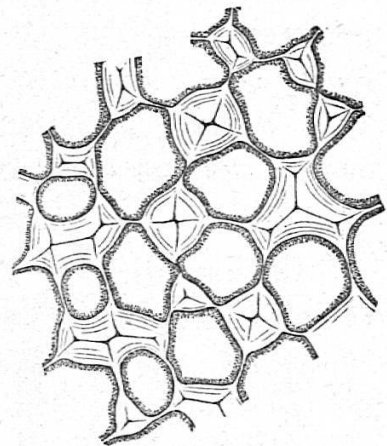


Fig. 3. Kollenchymgewebe im Querschnitt.

Es erübrigt uns noch eines Wortes der Steinzellen oder Sklereiden zu gedenken, d. h. aller nicht faserartigen mechanischen Zellen, wie deren in der Borke, dem Fruchtfleisch der Birne, in den Schalen so mancher Steinfrüchte etc. in grosser Menge enthalten sind. Schwendener vergleicht sie in ihrer Wirkung als mechanische Zellen zutreffend mit den Sandkörnern, die der Maurer dem weichen Lehm beimischt, um dessen Zusammenhalt zu erhöhen, oder dem Glaspulver, welches der Guttapercha eingestreut wird, um sie inkompressibler zu machen. Gewöhnlich ist die Wandung derartiger Steinzellen stark verholzt, bedeutend verdickt und von zahlreichen, zumeist verzweigten Tüpfelkanälen durchzogen; der Plasmaleib pflegt abgestorben zu sein, und an seiner Stelle entdeckt der Beobachter eine wässerige, farblose oder gefärbte Flüssigkeit.

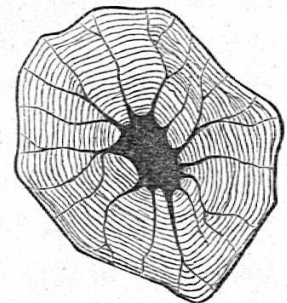


Fig. 4. Steinzelle mit verzweigten Porenkanälen.

Wie steht es nun mit der Eignung dieser Zellformen, bezw. der aus ihnen gebildeten Gewebe zu mechanisch beanspruchten Konstruktionen? Wenn der Techniker in dieser Hinsicht ein ihm noch unbekanntes Material prüfen soll, so untersucht er dessen Festigkeits- und Elastizitätsverhältnisse, und diesen Proben müssen selbstredend auch die Bast-, Holz- und Kollenchym unterworfen werden, bevor wir sie kurzer Hand als mechanische Zellen beanspruchen dürfen. Diese Untersuchungen sind von Schwendener, Ambronn, Friedr. und G. Haberlandt und andern in reicher Zahl und mit übereinstimmenden Resultaten ausgeführt worden.

Um die Festigkeit und die Elastizitätsverhältnisse des Skelettgewebes, d. h. des Stereoms, zu prüfen, entfernt man aus bastreichen Geweben, also solchen, die reich an homogenem mechanischem Gewebe sind, einen Streifen aus Bast bezw. Kollenchymzellen von bestimmter Dicke. Ein derartiger Streifen wird an dem einen Ende befestigt und an dem frei herabhängenden andern Ende mit einer Vorrichtung zur Aufnahme von Gewichten versehen. Mittelst dieser einfachen Einrichtung kann die durch die Belastung bewirkte Verlängerung, resp. die nach Wegnahme der Gewichte eintretende Verkürzung des Streifens bestimmt werden. Von den so geprüften Riemen werden sodann Querschnitte angefertigt, mit Hülfe des Zeichenprismas bei passender Vergrößerung skizziert und sodann die Querschnittsgrösse der mechanischen Elemente auf der Skizze gemessen. Um die wirksame Querschnittsfläche möglichst genau zu ermitteln, zeichnete Ambronn mittelst des Prismas den Querschnitt des betreffenden Kollenchymstranges auf gleichmässig starkes Papier, wog das von der Zeichnung bedeckte Stück Papier ab und schnitt dann die Zellumina aus. Nach Wägung des übriggebliebenen Netzes konnte dann unschwer die Querschnittsgrösse der Wandungen — und nur auf diese kommt es klarer Weise an — berechnet werden.

Nach der angedeuteten Methode wurden eine Reihe für das Verständnis der Bedeutung der Stereiden als mechanische Zellen wichtiger Daten gewonnen, von denen die bedeutsamsten nach Schwendener und Haberlandt zusammengestellt und mit einigen auf Metalle bezüglichen Angaben verglichen werden mögen.

N a m e	Tragmodul*) per mm^2 in kg	Festigkeits- modul per mm^2 in kg	Verlängerung bei der Elastizitätsgrenze auf 1000 Längen- einheiten.
Dianthus capitatus	14,3	—	7,5
Phormium tenax	20	25	13
Hyacinthus orientalis	12,3	16,3	50
Allium porrum	14,7	17,6	38
Nolina recurvata	25	—	14,5
Papyrus antiquorum	20	—	15,2
Secale cereale	15—20	—	10
Silber	11	29	—
Schmiedeeisen	13,13	40,9	0,67
Deutscher Stahl	24,6	82	1,20

Diese Zahlen sagen uns also, dass ein Faden frischer Bastzellen von einem Quadratmillimeter Querschnitt 15 bis 20, zuweilen sogar 25 kg zu tragen vermag, ohne dass nach der Entfernung der Gewichte eine bleibende Verlängerung die Folge wäre, d. h. ohne dass die Elastizitätsgrenze überschritten würde. Verglichen mit dem Eisen, ergibt sich das überraschende Resultat, dass das Tragvermögen des stärksten pflanzlichen Skelettgewebes demjenigen des Eisens nicht nachsteht. Sowie aber beim Bast die Elastizitätsgrenze um eine geringe Grösse überschritten wird, tritt nicht etwa, wie beim Eisen, eine dauernde Verlängerung ein, sondern der Bastfaden reisst. Beim Kollenchym dagegen tritt eine solche Verlängerung ein, und dieser Umstand auch ist es gerade, der dieses Gewebe im höchsten Masse befähigt, als mechanisches Gewebe in wachsenden Organen den toten und nicht mehr streckungsfähigen Bast zu ersetzen.

Ein weiterer, wesentlicher mechanischer Unterschied zwischen dem Bast und dem Eisen ist der, dass die Dehnbarkeit innerhalb der Elastizitätsgrenze bei den genannten beiden Baumaterialien eine durchaus ver-

*) Unter dem Tragmodul versteht man jene maximale Belastung, bezogen auf die Flächeneinheit des Querschnittes, bei welcher die Elastizitätsgrenze noch nicht überschritten wird. Das Festigkeitsmodul repräsentirt dann jene Belastung pro Flächeneinheit, bei welcher das Zerreißen erfolgt.

schiedene ist. Während nämlich die ohne Überschreitung der Elastizitätsgrenze zulässige Belastung des Eisens dasselbe nur um etwa $\frac{1}{1000}$ ausdehnt, erfahren die Bastzellen unter gleichen Bedingungen eine Dehnung von wenigstens 1 %. Auf dieser Eigenschaft beruht die zweckmässige Biegsamkeit pflanzlicher Organe, wäre sie anders, so wären derartige Organe starr gleich Eisenkonstruktionen.

Es wäre natürlich falsch, etwa zu glauben, ein Pflanzenorgan bestehe ausschliesslich aus derartigen mechanischen Zellen — jeder Querschnitt belehrt uns eines Bessern —; wenn aber dem so wäre, so besässen wir offenbar im pflanzlichen Skelettgewebe ein Baumaterial, das selbst dem besten Eisen den Rang streitig machen würde.

Bauprinzipien.

Die Pflanze ordnet nun ihr Skelettgewebe nach denselben Bauprinzipien an, welche auch der Bautechniker in seinen Konstruktionen als die zweckmässigsten erkannt hat und zur Anwendung bringt, wenn es sich für ihn darum handelt, einen Strom mit einer Brücke zu überspannen, oder einen Dom mit einer Kuppel zu krönen. Je nach der verschiedenen mechanischen Beanspruchung wird die Anordnung des widerstandsfähigen Gewebes eine andere sein müssen, aber dieselben Bauprinzipien, die sich durch die Überlegungen des Baukonstruktoren als roter Faden ziehen, werden auch für die pflanzlichen Konstruktionen nachweisbar sein, d. h., auch hier soll mit möglichst geringem Materialaufwand das grösste Resultat erzielt werden. Die Natur ist diesen Anforderungen in einer Weise nachgekommen, die selbst die kühnsten Bauten des genialsten Technikers überragt.

Wir haben bereits eingangs angedeutet, dass die verschiedenen Pflanzenorgane bald auf Biegezugfestigkeit, bald auf Druck- und Zugfestigkeit in Anspruch genommen werden können, dazu kommt noch die Gefahr des Einreissens der Laubblätter, d. h. die Inanspruchnahme auf Schubfestigkeit.

Durchmustern wir einmal die wichtigsten Konstruktionen, welche der Beanspruchung auf Biegezugfestigkeit zu Grunde liegen.

Des bessern Verständnisses wegen werden wir gut tun, wenn wir uns vor allem einiger Sätze aus der Mechanik erinnern.

Wenn wir einen geraden, an seinen beiden Enden frei aufliegenden Balken in der Mitte belasten, so wird er sich mehr oder weniger stark krümmen, und zwar in dem Sinne, dass die Oberseite verkürzt, die Unterseite verlängert wird, der Verkürzung entspricht eine Druckspannung, der Verlängerung eine Zugspannung. Es ist wohl

klar, dass gegen die Mitte des Querschnittes die beiden Spannungen ineinander übergehen, dass also in der mittlern Faser die Spannung gleich Null sein muss. Diese mittlere Faser wird als *neutrale Faser* bezeichnet. Wenn wir nun die Aufgabe hätten, einen Balken zu konstruieren, der möglichst biegefest wäre, so würden wir, fussend auf diesen Überlegungen, die besten zur Verfügung stehenden Materialien dahin verlegen, wo die grössten Spannungen sind, d. h. an die obere und untere Grenzfläche, d. h. wir würden zur Herstellung eines sogenannten **I** Trägers gelangen. Wir unterscheiden an demselben einen obern und untern Konstruktionsteil, eine obere Gurtung (Druckgurtung) und eine untere Gurtung (Zuggurtung), beide werden miteinander durch den am wenigsten in Anspruch genommenen Konstruktionsteil, die Füllung, verbunden.

Aus der Festigkeitslehre wissen wir, dass das Tragvermögen eines balkenförmigen Trägers wächst mit der Stärke der Gurtungen, aber auch wächst mit dem gegenseitigen Abstand der Gurtungen, denn die aus der Belastung resultirenden Zug- und Druckkräfte sind dem Abstand der Gurtungen umgekehrt proportional.

Und nun betrachten Sie sich einmal einen Brückenträger. Die beiden Gurtungen bestehen aus dem besten Material, das dem Techniker zur Verfügung gestanden, sie sind gegenseitig verbunden durch ein leichtes Fachwerk, die sogenannte Füllung. Derselben Konstruktionsform werden wir, wie Sie gleich erkennen werden, im biegefesten Pflanzenorgan begegnen: die Gurtungen wird das Stereom bilden, als Füllung wird mechanisch-minderwertigeres Material sich vorfinden.

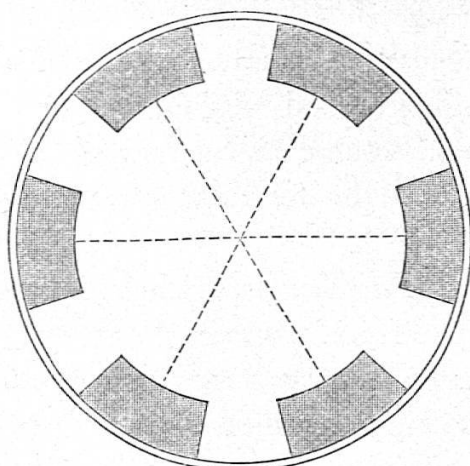


Fig. 5. Kombinierte I-Träger.

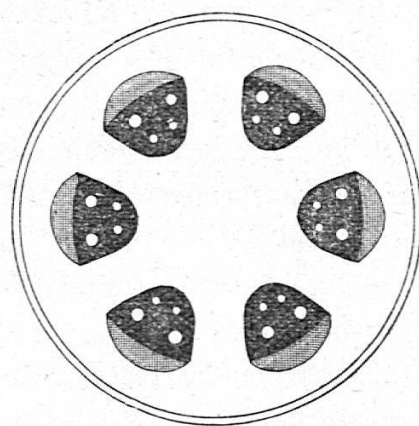


Fig. 6. Querschnitt durch einen Dikotylen-Stengel; die vor den Leitbündeln liegenden mechanischen Konstruktionsteile sind schraffirt.

Der **I**-Träger ist nur in einer Ebene biegefest. Soll eine Konstruktion hergestellt werden, die nach verschiedenen Richtungen biege-

fest ist, so müssen mehrere solcher Träger kombinirt werden, und zwar derart, dass sie ihre neutrale Achse gemein haben; lässt man dann schliesslich die einzelnen Gurtungen seitlich miteinander in Verbindung treten, so kann offenbar die Füllung, die ja nur die Aufgabe hat, die Gurtungen zu verbinden, ganz wegfallen, und die damit allseitig biegungsfest gewordene Konstruktion wird zur Hohlsäule!

Da die Druckgurtung bei starkem Druck leicht seitlich ausbiegt, oder einknickt, so gibt man ihr die Querschnittform eines liegenden **I** Trägers, bezw. bei Trägern, deren Gurtungen abwechselnd bald auf Druck, bald auf Zug in Anspruch genommen werden, wird man beide Gurtungen in besagter Weise verstärken: **II**.

Sehen wir uns im Pflanzenreich nach Organen um, die auf Biegungsfestigkeit in Anspruch genommen werden, so werden uns da in erster Linie die Laubblätter, die Zweige und Stämme begegnen. Ein wagrecht abstehendes Laubblatt wird schon durch sein Eigengewicht abwärts gezogen werden, und auch eine aufrechtstehende Blattfläche, wie z. B. die des Schwertlilienblattes, wird, da der Windstoss am kräftigsten senkrecht zur Blattfläche wirkt, einseitig, bezw. zweiseitig beansprucht.

Die mikroskopische Untersuchung solcher Organe zeigt, dass dieselben hinsichtlich der Verteilung der Stereoemelemente in der Tat die denkbar zweckmässigste Konstruktion aufweisen. Die Figur 7 zeigt unverkennbar die unterschiedenen Zug- und Druckgurtungen; als Füllung ist Grundgewebe, und in diesem eingebettet das verhältnismässig zarte, besonders Funktionen dienende Leitungsgewebe verwendet.

Der denkbaren Modifikationen gibt es natürlich eine grosse Zahl, der Rahmen eines Vortrages genügt aber nicht zu deren Namhaftmachung, und ich muss mich begnügen, den Leser auf das den Bauplan beherrschende Prinzip hingewiesen zu haben, es ihm überlassend, sich durch eigene Untersuchungen von dem Reichtum der Konstruktionen zu überzeugen, und ihn dazu zu ermuntern, ist ja der eigentliche Zweck dieses Vortrages.

Allseitig biegungsfest müssen natürlich die Blattstiele, die Baumstämme, die Zweige, Grashalme etc. etc. gebaut sein. Betrachten wir unter dem Mikroskop den Querschnitt eines Grashalmes, so finden wir sein mechanisches Gewebe peripherisch angeordnet, die Leitbündel befinden sich innerhalb des Stereoms, oder sind in dasselbe sogar eingebettet. Wo eine Füllung in der Form von Grundgewebe, Mark etc. vorhanden ist, sind die Stereoemelemente kaum zu einem Ringe verbunden, wo aber letzteres der Fall ist, da pflegt dann das Mark geschwunden

zu sein, denn durch diesen Zusammenschluss zu einem Ringe wird die Füllung ja, wie schon ausgeführt, überflüssig. Allerdings wird nur in den allerseltensten Fällen das Stereom dicht unter der Peripherie einem geschlossenen Ring bilden können, denn die Pflanze bedarf ja nicht nur des Stützgewebes — nicht nur des Skelettes, sondern die Gewebe, die der Assimilation, der Erzeugung organischer Baustoffe dienen, sind ihr nicht minder wertvoll. Das grüne, der Bildung der Kohlenhydrate ob-

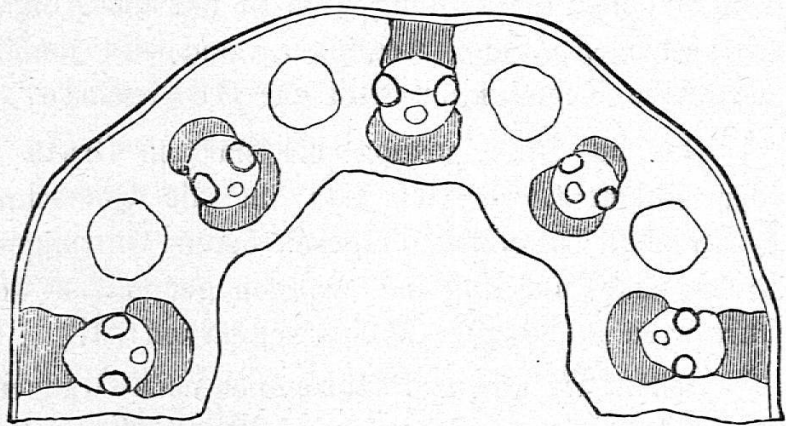


Fig. 7. Hälfte des Querschnittes durch den Stengel von *Trichophorum austriacum* Palla; die Füllungen zwischen den (schraffierten) Bastgürtungen bestehen aus Leitbündeln.

liegende Gewebe bedarf indessen zu seiner Arbeit unbedingt der Mitwirkung des Lichtes, und so machen sich denn oft Assimilationsgewebe und Stereom das Terrain streitig, bald liegt das erstere peripherisch, namentlich dort, wo Blattspreiten nicht ausgebildet werden und der biegungsfeste Halm also die Assimilation mit übernehmen muss, bald teilt sich das Assimilationsgewebe mit dem Stereom in die peripherische Lage.

Schwendener und dessen Schüler haben die verschiedenen Hauptmodifikationen in Systeme gebracht, die einzeln aufzuzählen und zu erörtern viel zu weit führen würde, und es mag daher genügen, wenn an dieser Stelle zweier derselben gedacht wird. Beim System der subepidermalen Rippen treten die Stereomstränge entweder in einfacher oder doppelter Ringlage auf, so z. B. im vierkantigen Stengel der *Lamium*arten, die kreuzweis kombinierte Koll-

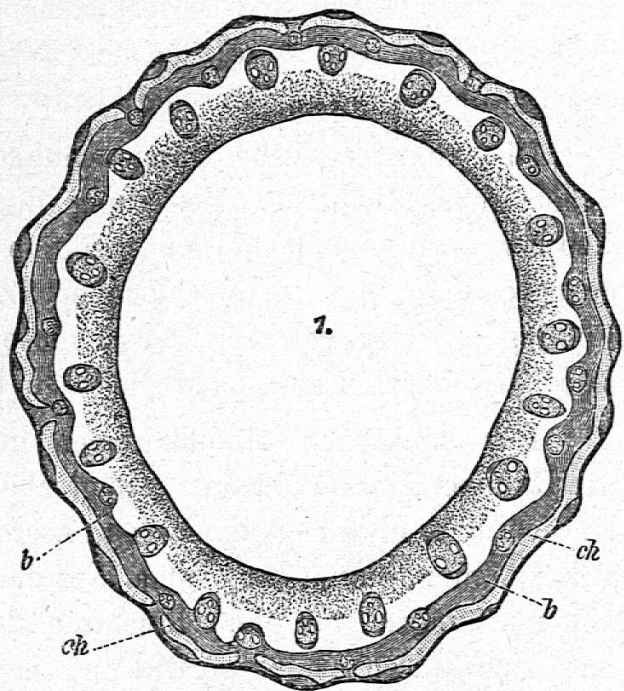


Fig. 8. Verteilung des mechanischen Gewebes im Stengel des Roggens. 1 die weite zentrale Höhle, *b* der aus Bastfasern bestehende Ring, der sich hier und da an die Epidermis ansetzt, in ihm eingebettet liegen Leitbündel, ebenso innerhalb desselben, diese letztern mit Bastbelegen, *ch* chlorophyllführendes Parenchym.

enchymstränge besitzen. Beim System der zusammengesetzten peripherischen Träger sind die Gurtungen selbst wieder zu Trägern (zweiter Ordnung) gestaltet. Zwischen den beiden Gurtungen eines Trägers ist das Leitbündel eingelagert, manchmal sind die beiden Gurtungen aber so weit voneinander entfernt, dass die Füllung durch das Leitbündel nicht genügt, und es wird dann noch Parenchymgewebe eingeschaltet, welches die Füllung zu vervollständigen hat.

Im Bambusrohr, Palmenstamm etc. werden die Bastmassen oft weit von der Peripherie abgedrängt, was hier aber verloren geht an rationeller Konstruktion, wird reichlich ersetzt durch massige Ausbildung der Bastmassen. In weitaus den meisten Fällen haben die Baststränge und Kollenchymstränge auch lokal-mechanischen Zwecken zu dienen, namentlich das zarte Leitungsgewebe zu schützen. Die Leitungsstränge wissen, möchte ich sagen, diesen ihnen unter Umständen gewährten Schutz zu schätzen und suchen daher gewissermassen das Stereom auf.

Höchst interessant sind auch die mechanischen Einrichtungen, die zur Erhaltung der Querschnittform dienen, und die ihren Ausdruck in mannigfaltig gebauten Aussteifungseinrichtungen finden. Bei den Süss- und Sauergräsern, den Binsen z. B., finden wir solche als zartes, zierliches Gebälk, bei Sumpf- und Wasserpflanzen, die weite Luftgänge besitzen, wird die Verspannung durch Querplatten bewirkt, sogenannte Diaphragmen, die ein Zusammendrücken der Luftwege bei einer Biegung des Stengels verhindern und auch dafür zu sorgen haben, dass die gegenseitige Lage der mechanischen Konstruktionsteile nicht gestört wird. Beispiele dieser Art findet der Leser in unserer Pflanzenwelt in Menge.

Demselben Zwecke dienen auch die dickwandigen Begrenzungszellen der Atemhöhlen in den Stengeln mancher Wollgrasarten, indem sie den Zusammenhang zwischen zwei Bastbündeln sichern, der sonst infolge der Ausbildung des Spaltöffnungsapparates unterbrochen würde.

Die Anlage der mechanischen Baukonstruktionen in den Pflanzen wäre nun insofern eine einfache, wenn die Pflanzen bzw. Pflanzenorgane ausschliesslich an ihrer Spitze wachsen würden, wenn also, wie Schwendener sich ausdrückt, das Wachstum ausschliesslich im Aufsetzen neuer Konstruktionsteile auf einen hinlänglich erstarkten Unterbau bestehen würde. In den weitaus meisten Fällen findet aber das Wachstum durch eingeschaltete Wachstumszonen, sogenannte interkalare Wachstumszonen, statt. Es ist klar, dass in dieser Art wachsende Organe zwar nicht der mechanischen Stärkung entbehren können, denn sie müssen ja auch z. B. biegungsfest gebaut sein, aber die Stereomelemente müssen selbst noch wachstumfähig sein, und in diesen Fällen sehen wir daher das

Bastgewebe ersetzt durch das Kollenchym. Wo es sich um einjährige Pflanzen handelt, da bleibt es bei der Bildung dieser einen mechanischen Gewebeart, bei mehrjährigen Gewächsen geht aber das Kollenchym später in Bast über, verhält sich also wie das Knorpelgewebe zum Knochen, oder es wird — so namentlich bei den Dikotylen — später durch Korkbildung abgeworfen. In den beiden letztern Fällen kann das kollenchymatische Skelett gewissermassen als das Arbeitsgerüst bezeichnet werden, das nach Erstellung des Gebäudes zum grössten Teile wieder abgebrochen wird. (Schwendener.)

Bei den so rasch wachsenden Gräsern, bei denen auch der Stengel, da die Laubblätter ja durchgehends schmal zu sein pflegen, sich möglichst bald und ausgiebig an der Assimilation betätigen soll, ist das Wachstum, oder deutlicher ausgedrückt, die wachstumsfähige Zone auf bestimmte Partien des Stengels beschränkt, nämlich auf die zeitlebens von der Blattscheide umhüllten Basalteile der Stengelglieder. Der Leser kann sich von der Richtigkeit dieser Angabe jederzeit leicht überzeugen, indem er nach dem Vorschlage Cramers einen Grasstengel in zirka 4 cm lange Stücke zerschneidet, derart, dass jedes in der Mitte mit einem Knoten versehen ist, und diese Stücke in feuchten Sand mit der bescheideten Hälfte nach aussen steckt. Schon im Verlauf von ein- bis zweimal 24 Stunden schiebt sich in diesem Falle der Stengel der obern Hälfte infolge nachträglicher Streckung seines über dem Knoten befindlichen Basalteiles aus der Scheide heraus, während das unterhalb des Knotens befindliche Halmstück keine Verlängerung erfährt.

Diese zarten Basalpartien bedürfen aber natürlich eines ganz besondern Schutzes, wenn nicht der Halm über den Knoten einknicken soll, und dieser Schutz wird von der Scheide gewährt: entfernt man von einem Stengel sorgfältig die Scheide bis zum Knoten, so knickt er nunmehr sogleich ein, während er vorher, selbst horizontal gehalten, seine gestreckte Richtung beizubehalten vermochte.

Die Erklärung zu dieser überraschenden Tatsache findet sich im anatomischen Bau der Blattscheide; dieselbe ist biegungsfest gebaut nach Art der hohlen Säule — trotzdem sie ihrer morphologischen Natur

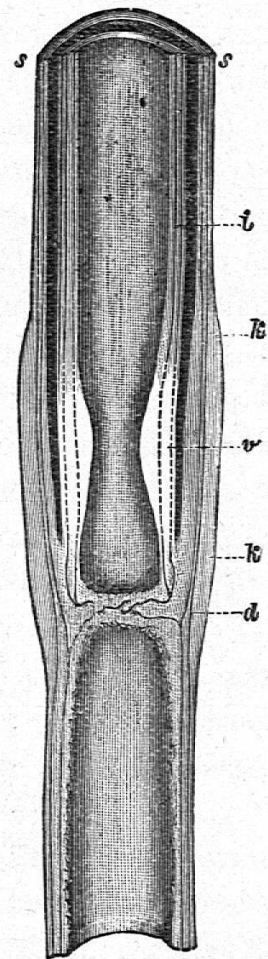


Fig. 9. Längsschnitt durch einen jungen Stengel einer Getreidepflanze. *d* Querwand zweier Internodien, von Leitbündeln durchzogen, *s* Blattscheide, an der Basis bei *k* knotig verdickt, das Stengelglied *i* hat bei *v* seine interkalare Wachstumszone.

nach zu den bilateralen Organen gehört. Die Bastgruppen sind peripherisch gelagert und treten ausschliesslich oder mindestens in kräftigster Ausbildung unter der Epidermis der Aussenseite auf, während die Innenseite entweder keine, oder nur kleine Stereombündel aufweist; jedes Stereombündel der Aussenseite findet seine zu ihm gehörende Gurtung eben auf der entgegengesetzten Scheidenaussenseite.

Nebenbei bemerkt, hat die Scheide auch noch eine zweite, nicht minder wichtige Aufgabe: sie bewirkt das den Landwirten und dem aufmerksamen Naturbeobachter wohl bekannte Aufrichten des Getreides, der Grasstengel überhaupt. Diese Erscheinung ist zurückzuführen auf das zahllosen Pflanzenorganen innewohnende Vermögen, die Richtung, in welcher die Schwere wirkt, zu empfinden und ihr Wachstum darnach einzurichten. Solche Organe sind — wir kommen bei Gelegenheit eines spätern Vortrages hierauf einlässlicher zurück — geotropisch, negativ geotropisch, wenn sie sich vom Erdzentrum entfernen, positiv geotropisch, wenn sie der Erdmitte zustreben.

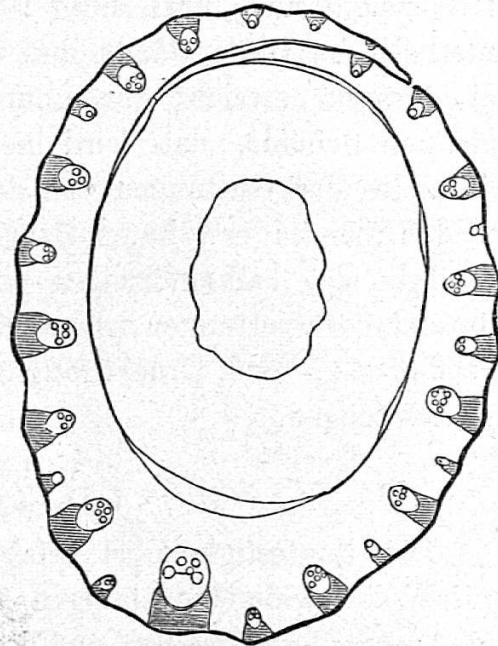


Fig. 10. Querschnitt durch die Blattscheide von *Brachypodium silvaticum* (Huds.) Pal., $\frac{1}{2}$ cm über dem Knoten. Subepidermale Bastbündel mit angelehnten Leitbündeln.

Max Westermaier, Schüler Schwendeners und derzeit Professor der Botanik im schweizerischen Freiburg, hat noch auf zwei weitere Einrichtungen zum Schutze des interkalaren Wachstums aufmerksam gemacht, deren ich der Vollständigkeit halber kurz Erwähnung tun will, gewissermassen, um den Leser aufzumuntern, seinerseits auf ähnliche Vorkommnisse zu achten.

Bei den *Armeria*-Arten findet sich stets dicht unterhalb des kopfigen Blütenstandes eine nach unten offene Scheide, über deren Bedeutung man lange im unklaren gewesen ist. Westermaier weist nun in höchst anschaulicher Weise nach, das 1. diese Scheide ein Schutzorgan ist für die interkalare Wachstumszone des Blütenstengels, die sich innerhalb der Scheide dicht unter dem Blütenstand befindet, und dass 2. sie nach dem Prinzip der Hohlsäule gebaut ist! Er zeigt ferner, dass der „Schaft“, der Scheide beraubt, sich nicht aufrecht zu erhalten vermag, und dass die Entwicklung der Scheide dem Längenwachstum des „Schaftes“ voraneilt.

Die zweite der angezogenen Einrichtungen finden wir bei verschiedenen Kompositen verwirklicht. Wem wären nicht schon bei seinen Alpenwanderungen aufgefallen, wie einzelne Körbchenblütler oberwärts auffallend verdickte Blütenstengel besitzen? Beispiele dieser Art gibt es in ziemlicher Menge, ich nenne nur den Lämmerlattich (*Arnoseris minima*), das Ferkelkraut (*Hypochoeris uniflora*, *H. maculata*) etc. etc. Westermaier zeigte nun, dass diese Blütenstengel, gleich jenen von *Armeria*, unterhalb der Blütenstände ihre wachstumsfähige Zone besitzen, was aber bei *Armeria* erreicht wird durch die Ausbildung einer biegungsfest gebauten Scheide, das wird hier bewirkt durch eine Vergrösserung des Abstandes der Gurtungen von der neutralen Achse, denn — ich erinnere an den bereits erwähnten Satz aus der Festigkeitslehre — das Tragvermögen des balkenförmigen Trägers nimmt zu mit dem gegenseitigen Abstand der Gurtungen, denn die aus der Belastung des Balkens resultierenden Zug- und Druckkräfte sind umgekehrt proportional dem Abstand der Gurtungen.

Die Zugfestigkeit.

Die Zugfestigkeit ist erfahrungsgemäss bloss von der Querschnittsgrösse der widerstandsfähigen Konstruktionsbestandteile abhängig, und die Anordnung derselben auf dem Gesamtquerschnitte des auf Zugfestigkeit in Anspruch genommenen Organes ist deshalb nebensächlich, sofern vollständig gleichmässig wirkende Zugkräfte vorausgesetzt werden. Diese Voraussetzung wird indessen kaum jemals eintreffen, und die Gefahr, das bei zerstreuter Verteilung der mechanischen Elemente auf grösserer Querschnittfläche ungleiche Spannungen eintreten, ist daher gross. Die Folge solcher ungleicher Spannungen wäre ein Zerreißen der einzelnen, besonders in Anspruch genommenen Stränge. Je dichter aber die Stereomstränge beisammenstehen, um so gleichmässiger wird die Inanspruchnahme sein, und die Vereinigung aller Stränge zu einem kompakten Strang wird daher die zweckmässigste Lösung für eine solche Aufgabe sein. Diese Konstruktion findet sich verwirklicht in allen auf Zugfestigkeit in Anspruch genommenen Organen, in Wurzeln, in den Stielen hängender Früchte und im Stengel der in fliessendem Wasser lebenden Pflanzen.

Herstellung der Druckfestigkeit.

1. Festigkeit gegen radialen Druck.

Das Bauprinzip findet sich verwirklicht in der Konstruktion des Vogeleges, dessen Dotter durch die Kalkschale geschützt ist, im Samen

durch die harte Samenschale, bei der einsamigen, sich nicht öffnenden Nuss durch die harte Fruchtschale, in den Wurzeln, Zwiebeln und Rhizomen durch einen Kork- oder Steinzellenmantel etc. Wie zweckmässig ist z. B. die Frucht des Kirschbaumes gebaut. Sie ist einsamig und der Verbreitung durch Tiere angepasst. Diese suchen die Früchte des Fruchtfleisches wegen auf, die Pflanze selbst findet in diesem Verspeisen ihrer Tochter ihr Interesse, aber nur so lange, als der kleine, zarte, im Samen eingebettete Keimling unbeschädigt bleibt, sie umhüllt ihn daher mit einer steinharten Schale, die dem stärksten Vogelschnabel widersteht.

In den Sandwüsten Deutsch-Südwestafrikas kommen kindskopfgrosse Zwiebeln vor, die mit der untern Hälfte im steinfesten Boden, mit der obern Hälfte im lockern Sande stecken. In diesem Falle ist die untere Hälfte der Zwiebelhüllen verstärkt nach dem Prinzip der Festigung gegen radialen Druck — ausgeübt von dem Erdreich —, die obere Hälfte dagegen entbehrt dieser Verstärkungen.

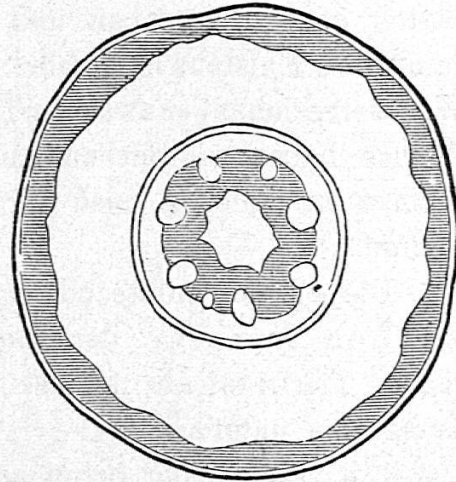


Fig. 11. Querschnitt durch eine Nebenwurzel von *Zea mays* L. Mechanisches System 1. als zentraler dickwandiger Hohlzylinder (zur Herstellung der Zugfestigkeit), 2. als subepidermaler Hohlzylinder (zur Herstellung der Druckfestigkeit).

2. Festigkeit gegen longitudinalen Druck.

Wird eine Säule an einem Ende befestigt, am andern aber belastet, so wird sie nur dann ihre vertikale Stellung behaupten können, wenn die Belastung genau in der Richtung der Längsachse wirkt, in jedem andern Fall aber wird eine Biegung erfolgen. Die erstgenannte Voraussetzung trifft sicherlich niemals zu, und die Folge hiervon wird sein, dass jeder auf Säulenfestigkeit in Anspruch genommene Körper biegeunfest gebaut sein muss. Säulenfestgebaute Pflanzenorgane, Baumstämme, die eine schwere Krone zu tragen haben, werden demgemäss einen peripherischen Stereomantel — immer unter Berücksichtigung der Ansprüche des Assimilationsgewebes — besitzen.

Herstellung der Schubfestigkeit.

Unter Scheerung verstehen wir die Wirkung mechanischer Kräfte, die dahin zielen, die kleinsten Teile eines Körpers zu verschieben; die Festigkeit, welche diesem Bestreben Widerstand leistet, ist die Schubfestigkeit. Konstruktionen in diesem Sinne finden sich namentlich am

Rande der Laubblätter, bald als Bastbelag der Blattränder und Blatenden, bald in Gestalt der sogenannten, ausschliesslich aus Stereiden bestehenden „falschen“ Blattnerven.

Schuttmittel gegen Frass.

Die Pflanzen sind nun aber nicht bloss von den leblosen, elementaren Naturkräften bedroht, sondern auch zahllose Tiere sind ihnen nicht minder gefährlich, suchen sie ihrer Blätter etc. zu berauben und setzen damit ihre Existenz in Gefahr. Diese Wechselbeziehungen zwischen Tier und

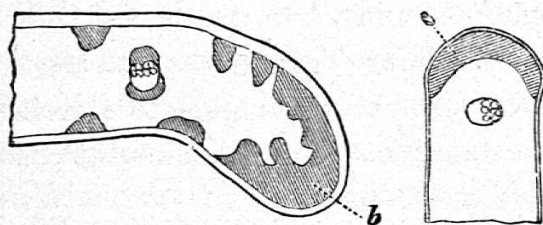


Fig. 12 und 13. Mechanische Einrichtungen zum Schutze des Blattrandes. Querschnitte durch Blattränder; *b* und *c* Randbastbündel.

Pflanze haben zahlreichen Anpassungserscheinungen gerufen, die es der Pflanze ermöglichen, sich ihrer gefräßigen Feinde wirkungsvoll zu erwehren.

Die zusammenfassendsten Studien über diesen Gegenstand verdanken wir Léo Errera, der die verschiedenen Schuttmittel der Pflanzen gegen Tierfrass als erster in ein System gebracht hat und dreierlei Kategorien unterscheidet:

- a) allgemeine Schutzausrüstungen,
- b) anatomische Schuttmittel und
- c) chemische Schuttmittel.

Zu den allgemeinen Schuttmitteln zählen: 1. schwerzugängliche Standorte, wie Wasser, Felsen, Mauern etc.; 2. vermöge ihrer Stellung schwerzugängliche Organe: Kronen hoher Bäume, unterirdische Organe; 3. geselliges Vorkommen von Pflanzen, die durch ihre dichte Vereinigung undurchdringliche Hecken oder Dickichte bilden; 4. Vasallenpflanzen, die sich unter den Schutz gewisser Tiere (Ameisenpflanzen) oder anderer geschützter Pflanzen stellen. Beispiel: gemeinsames Vorkommen des Weissdorns z. B. mit der Wicke, mit Labkräutern, dem Geissfuss etc. 5. Schutzähnlichkeit oder Mimikry.

Der mir zur Verfügung stehende Raum und das Bestreben, mich in meinen Ausführungen möglichst ausschliesslich an einheimische Beispiele zu halten, gestatten mir nicht, auf alle Einzelheiten einzugehen, ich halte dies auch nicht für notwendig, denn jedermann wird Beispiele für die meisten dieser Kategorien unschwer in seiner nächsten Nähe finden. Selbst die Mimikry als Schuttmittel dürfte ihm nicht unbekannt sein, ich erinnere nur an die weisse Taubnessel (*Lamium album*), die, wie zugegeben werden muss, der Brennessel ja täuschend ähnlich sieht.

Als Schutzmittel anatomischer Art bezeichnet Errera: 1. Verholzung, Entwicklung des Korkes, der Borke, der Rinde überhaupt. 2. Harte lederartige, scharfe oder schneidende, verkalkte oder verkieselte, rauhe, stachelige, klebrige Organe. So sucht sich die Brennessel erfolgreich einer Anzahl ihrer Feinde zu erwehren durch Brennhaare, die Natterzunge durch Borstenhaare, die Schachtelhalme und Gräser durch Verkieselung der Epidermisaussenwände. 3. Dornen, Stacheln. Beispiele:



Fig. 14.
Brennhaar
von *Urtica*
urens L.

Brombeeren, Rosen, Weissdorn etc. Jedermann kennt die Stechpalme (*Ilex aquifolium*) und ist überzeugt, dass die dornspitzigen Blätter derselben durch die Dornen vorzüglich geschützt sind; gewiss hat er aber auch beobachtet, dass in der Regel die oberen Blätter eines solchen Baumes unbewehrt zu sein pflegen. Diese Anisomorphie erklärt man sich, ob mit Recht oder Unrecht will ich an dieser Stelle dahingestellt sein lassen, dadurch, dass man darauf hinweist, dass die obere Blätter ja eben so wie so durch ihren Standort vor der Nachstellung weidender Tiere geschützt seien.

Noch wirksamer als die mechanischen oder anatomischen Schutzmittel erweisen sich gegen die höhern Tiere die chemischen Schutzmittel, und zwar gegen die Säugetiere vor allem die Alkaloide, gegen die Vögel ätherische Öle.

So werden Sperlinge z. B. schon durch den Genuss weniger Kümmel- oder Fenchelkörner getötet, während viele Vögel die für Menschen und Säugetiere so überaus giftigen Beeren der Tollkirsche, der Nachtschattenarten, des Seidelbastes schadlos fressen.

Errera nennt von chemischen Schutzmitteln: 1. Säuren, Gerbstoffe, 2. ätherische Öle, Kampher, 3. bittere Prinzipien, 4. Glykoside, 5. Alkaloide.

Geschützt durch Gerbsäuren sind z. B. die Erdbeere, die Steinbrecharten, die Hauswurz etc., durch ätherische Öle die Salbei, der Hanf,

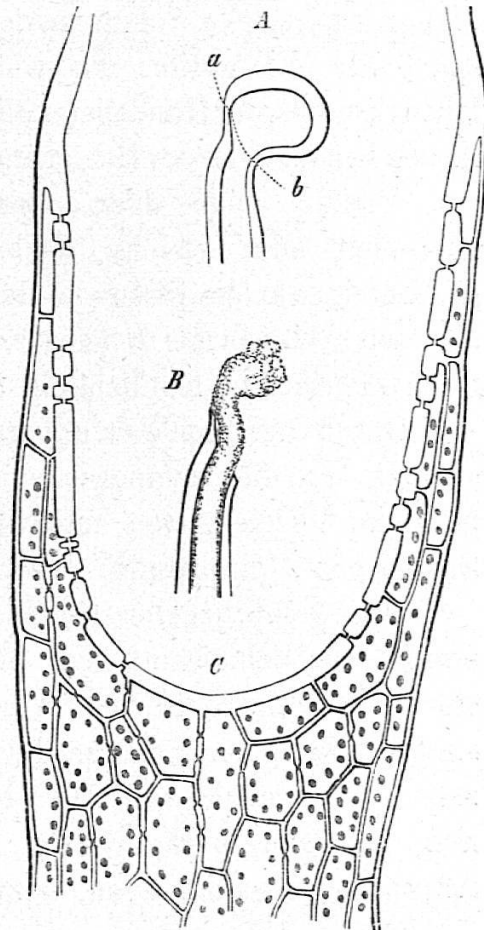


Fig. 15. Teile des Brennhaares von *Urtica dioica* L., A Köpfchen, a, b Abbruchstelle, B geöffnete Spitze, C Längsschnitt durch die Basis.

zahlreiche Lippen- und Rachenblütler etc., durch bittere Prinzipie das Tausendguldenkraut, das Leinkraut, die Arnika etc., durch Glykoside die Niesswurz, die Schwalbenwurz, die Nachtschattengewächse, der rote Fingerhut u. a. m., durch Alkaloide der Eisenhut, der Mohn, das Schöllkraut, die Tollkirsche etc. etc.

Zahlreiche Pflanzen zeigen die Alkaloide, die sie führen, schon durch den Geruch, mitunter auch durch die Färbung an und warnen dadurch, allerdings in ihrem ureigenen Interesse die weidenden Tiere. Man nennt solche Schutzvorrichtungen Warndüfte und Warnfarben. Beispiele für Warndüfte: das widerlich riechende Kraut des Stechapfels, des Bilsenkrautes, der Hundspetersilie, des Schierlings, der Hundszunge etc. Warnfarben besitzt z. B. der Schierling, dessen Stengel bekanntlich rot gefleckt ist.

Vielfach sind dann aber auch nicht giftige Arten durch gleiches Aussehen oder gleiche Färbung, gleichen Geruch mit giftigen Arten geschützt, wie die Petersilie durch ihre Ähnlichkeit mit der Hundspetersilie, der essbare *Lactarius deliciosus*, ein weisser, milchender Hutschwamm, durch seine täuschende Ähnlichkeit mit dem giftigen *Lactarius torminosus* etc.

Durch Alkaloide sind ganze grosse Familien und Gattungen geschützt, so die Solanaceen, die Ranunculaceen z. T., die Euphorbien u. a. m. Viele Arten enthalten mehrere Alkaloide, so z. B. die meisten Solanaceen Hyoscyamin, Atropin, Solanin.

Am gefährlichsten sind den krautartigen Pflanzen unzweifelhaft die omnivoren Schnecken, da diese so ziemlich alles benagen und zerstören, was ihnen in den Weg tritt. So langsam sie in der Bewegung sind, so rasch sind sie im Benagen saftiger Kräuter, und die Pflanzen zeigen daher auch, wie Stahl in seiner prächtigen Arbeit über Schnecken und Pflanzen nachgewiesen hat, eine überraschend grosse Zahl von Anpassungserscheinungen, bezw. von Schutzvorrichtungen.

Stahl beobachtete, dass im Freien gesammelte Schnecken bei Beginn seiner Versuche stets hungrig waren und erklärt sich dies daraus, dass die Schnecken im Freien wegen der Schutzmittel der Pflanzen gegen sie, ihnen wenig zusagende Nahrung vorfinden. In der Gefangenschaft fressen alle Schnecken mit Vorliebe frische, aber zuvor von den Schutzmitteln befreite Pflanzenteile, im Freien dagegen ernähren sich *Helix hortensis*, *H. fruticum*, *H. arbustorum* hauptsächlich von abgestorbenen Pflanzenteilen, nur hie und da von einem frischen Blättchen.

Zu den Schutzmitteln der Pflanzen gegen Schneckenfrass gehört in erster Linie die Gerbsäure. Bei Bestreichen mit 1 % Tanninlösung wurde von den ausgehungerten *Limax agrestis*, der gefräßigsten Schnecke, selbst deren Lieblingsspeise, die Mohrrübe, nicht berührt! Daher werden

gerbstoffreiche Pflanzen, wie Klee, Erdbeerblätter, Steinbrecharten etc. frisch von Schnecken nicht angegriffen, sowie man sie aber durch Kalibromat vom Tannin befreit, werden sie gleich gefressen!

Bei andern Pflanzen bildet Verkalkung und Verkieselung ein wirksames Mittel gegen Schneckenfrass (Beispiele: Gräser, Armleuchter).

Als ein Schutzmittel in diesem Sinne darf wohl auch die Schleimbildung bei zahlreichen Wassergewächsen angesprochen werden, denn die Radulazähne der Schnecken gleiten von dem schlüpfrigen Schleim ab, so dass die Tiere nicht dazu kommen, diese Pflanzen benagen zu können.

Als Schutzmittel gegen Schneckenfrass fasst man auch die sogenannten innern Haare auf, d. h. Haargebilde, die in das Innere von Interzellular-Räumen ausstrahlen. Man findet deren in den Blattstielen der Seerosen und anderer Wasserpflanzen.

Dahin gehört auch die Bildung von Kalkoxalatrhapiden, d. h. feinen Krystallnadeln aus oxalsaurem Kalk, die sich in den Pflanzenzellen, vorzugsweise in den dicht unter der Oberhaut gelegenen Zellen finden, und die auch auf unserer Zunge einen lokalen brennenden Schmerz erzeugen. Ein Auflösen des Kalkoxalates mit Salzsäure und Entsäuern in kochendem Alkohol macht derartig geschützte Pflanzen für die Schnecken geniessbar.

Diese Aufzählungen dürften für unsere Zwecke genügen.

Wir können ganz allgemein sagen, dass völlig schutzlos den Schnecken eigentlich nur die Kulturpflanzen preisgegeben sind, und da haben wir eben in Betracht zu ziehen, dass möglicherweise die betreffenden Kulturgewächse Gebieten entstammen, in denen sie kaum der Gefahr des Schneckenfrasses ausgesetzt waren, oder — die Möglichkeit muss auch zugegeben werden — sie haben gerade infolge der ihnen zu teil gewordenen Kultur die ursprünglich besessenen Schutzmittel eingebüsst.

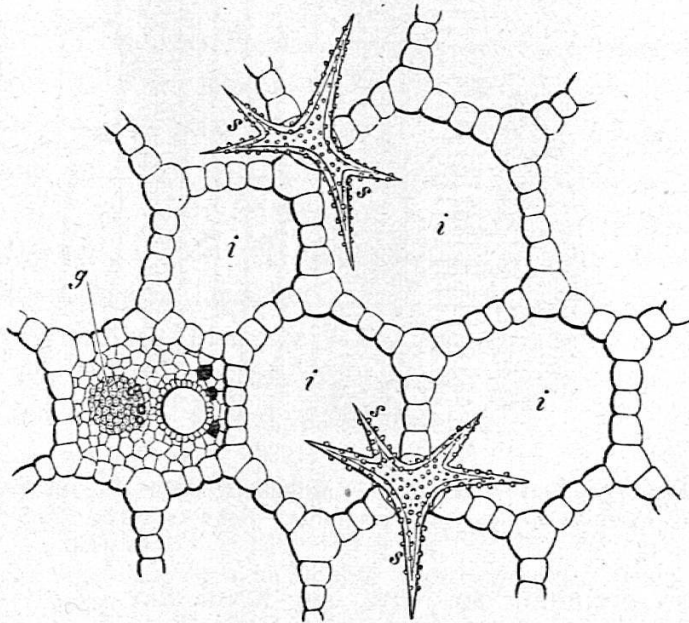


Fig. 16. Querschnitt durch den Blattstiel von *Nuphar advena*, *i* grosse Interzellularräume, *g* Leitbündel, *s* innere Haare.

Wie nun die Pflanze beim Aufbau ihres kunstreichen Skelettes darauf stets Bedacht nimmt, haushälterisch mit den ihr zur Verfügung stehenden Materialien zu wirtschaften, um mit wenig Aufwand den grössten Nutzeffekt

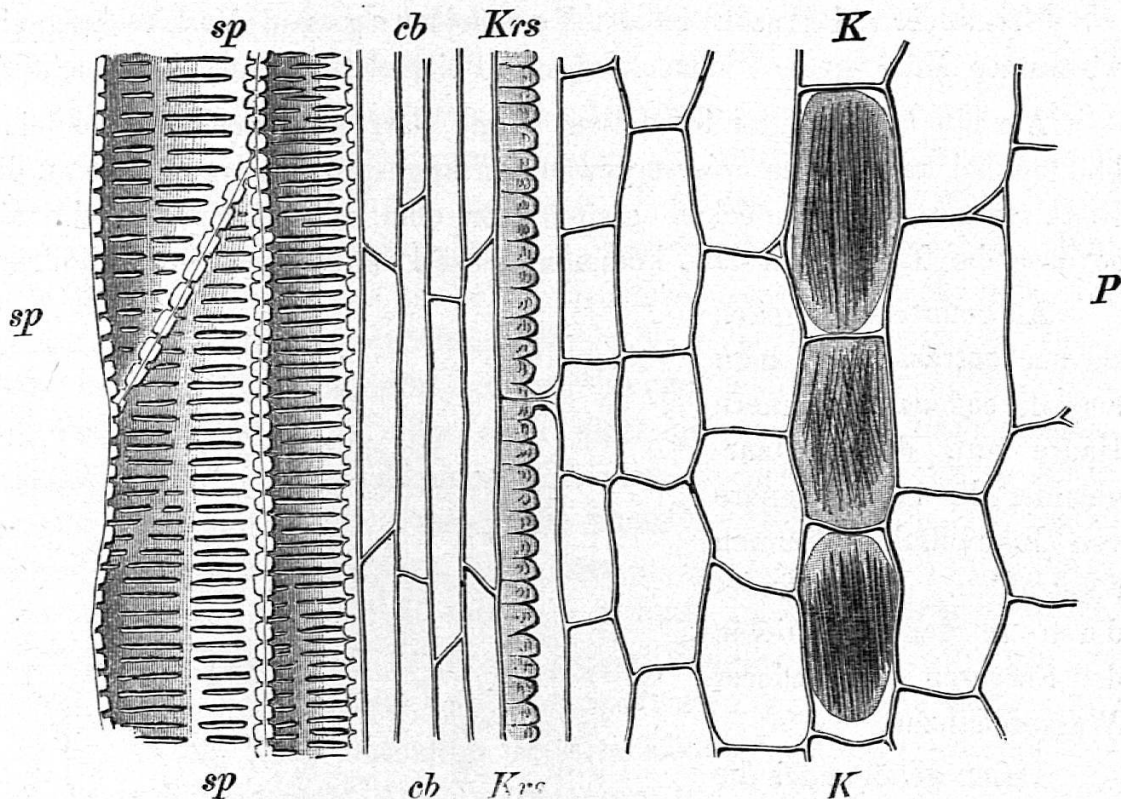


Fig. 17. Partie aus dem Längsschnitt einer Wurzel von *Veratrum album* L. *P* Parenchym, *K* Raphidenschläuche, *Krs* innere Schutzscheide (Endodermis), *cb* Perikambium, *sp* Hadrom (Holzteil).

zu erzielen, so wird sie auch die chemischen Schutzmittel in allererster Linie dort unterbringen, wo sie des dringendsten eines Schutzes bedarf, also in den oberflächlichen Gewebeschichten, in jungen Organen, die ja mit Vorliebe von Pflanzenfressern abgesucht werden, und in Früchten und Samen, d. h. in jenen Teilen, in denen sie ihr bestes Kapital, die kommenden Generationen verborgen hält.

Und so kann ich diese Hinweise nicht besser schliessen, als mit der Mahnung, die mein einstiger trefflicher Lehrer, Prof. Cramer, in seiner Betrachtung des an und für sich so einfachen Grashalmes den jugendlichen Lesern des Neujahrsblattes unserer naturforschenden Gesellschaft vom Jahre 1889 zuruft: „Halte Mass mit dem, was Dir gegeben, und setze Stoff und Kraft stets am rechten Orte ein.“ Die Pflanze ist uns in dieser Beziehung ein sprechendes Vorbild.

Empfehlenswerte Literatur:

- Kerner, Pflanzenleben.
- Ludwig, Lehrbuch der Biologie der Pflanzen.
- Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie.
- Stahl, Pflanzen und Schnecken.
- Schwendener, Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monokotylen.
- Cramer, Über Bau und Wachstum des Gras- und Getreidehalmes (Neujahrsblatt der zürch. naturforschenden Gesellschaft, 1889).