

**Persistenter Identifier:** 1602495396786\_34\_1878

**Titel:** Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg : zugl. Jahrbuch d. Staatlichen Museums für Naturkunde in Stuttgart

**Ort:** Stuttgart

**Datierung:** 1878

**Standort:** Universitätsbibliothek Stuttgart

**Signatur:** XIX/965.8

**Lizenz:** <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

**PURL:** [https://digibus.ub.uni-stuttgart.de/viewer/image/1602495396786\\_34\\_1878/1/](https://digibus.ub.uni-stuttgart.de/viewer/image/1602495396786_34_1878/1/)

**Abschnitt:** Ueber die Festigkeit von Gewächse (Schwendener)

**Autor:** Schwendener, Simon

**Strukturtyp:** article

**Lizenz:** <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

**PURL:** [https://digibus.ub.uni-stuttgart.de/viewer/image/1602495396786\\_34\\_1878/78/LOG\\_0018/](https://digibus.ub.uni-stuttgart.de/viewer/image/1602495396786_34_1878/78/LOG_0018/)

## II. Vorträge.

---

I. Prof. Dr. Schwendener in Tübingen sprach über die Festigkeit der Gewächse.

Indem ich diesen Gegenstand hier zur Sprache bringe, ist es meine Absicht, denselben nach drei verschiedenen Seiten kurz zu besprechen, zunächst mit Rücksicht auf die Frage, ob die Pflanzen bestimmte Gewebe besitzen, welche vorzugsweise oder ausschliesslich die erforderliche Festigkeit bedingen und deshalb in ihrer Gesammtheit mit gleichem Recht, wie das Knochengerüste der Wirbelthiere oder der Chitinpanzer der Insekten, als Skelett bezeichnet werden könnten. Kommen solche Gewebe vor, was ich zum Voraus bestätigen kann, so führt die weitere Untersuchung naturgemäss zur Betrachtung ihres anatomischen Baues und ihrer physikalischen Eigenschaften. Wir werden festzustellen haben, durch welche Merkmale sich diese skelettbildenden Gewebe von den übrigen unterscheiden und welche Abstufungen sie unter sich selbst darbieten. Endlich bleibt der Nachweis zu leisten übrig, dass die Architectur der fraglichen Gewebe denselben mechanischen Regeln entspricht, nach denen die moderne Technik ihre Holz- und Eisenconstruktionen ausführt.

Was zunächst die Frage betrifft, ob ein Skelett in dem eben bezeichneten Sinn den höheren Pflanzen zukomme, so kann die Antwort hierauf, wie bereits angedeutet, nur eine bejahende sein. Denn in der That, alle grösseren, fester gebauten Ge-



wächse, wie die Farnkräuter und Schachtelhalme, die Gräser und Lilien etc., überhaupt alle Gefässpflanzen verdanken ihre Festigkeit einem bestimmten, anatomisch wohl charakterisirten Gewebe, das bald nur einen kleinen, bald einen sehr erheblichen Theil des ganzen Pflanzenkörpers bildet. Es ist dasselbe Gewebe, welches an abgestorbenen Pflanzentheilen am längsten der Zersetzung widersteht und dadurch oft vollständig isolirt wird, dasselbe, welches auch den Hauptbestandtheil der Laub- und Nadelhölzer bildet und deren technische Verwerthbarkeit bedingt. Die Elemente, aus denen dieses Gewebe zusammengesetzt ist sind in ihrer äussern Erscheinung längst bekannt; es gehören dahin die Bastzellen des Hanfes, der Linde, die faserförmigen Zellen des Holzes u. s. w. Betrachten wir diese Elementarorgane unter dem Mikroskop, so erscheinen sie als langgestreckte, an den Enden pfriemenförmig zugespitzte Zellen, deren Wandung meist ziemlich stark, oft bis zum Verschwinden der Höhlung verdickt ist. Im ausgebildeten Zustande führen diese Zellen gewöhnlich Luft; eine Ausnahme hievon machen nur die sogenannten Collenchymzellen, welche als die am wenigsten ausgeprägten mechanischen Elemente zu betrachten sind und darum nebenbei noch andern Funktionen dienen; diese enthalten zeitlichen Plasma und wässrigen Zellsaft, zuweilen auch Chlorophyll. Als eine constante Eigenthümlichkeit der mechanisch wirksamen Zellen verdient ferner hervorgehoben zu werden, dass sie kleine, spaltenförmige Poren besitzen, welche einer linksläufigen Schraubenlinie entsprechend gestellt sind. Die Neigung dieser Poren zur Längsrichtung variirt zwischen 0 und circa 45 Grad.

Die Festigkeit der skelettbildenden Gewebesysteme ist zunächst abhängig von der Widerstandskraft der Zellmembranen, d. h. der Substanz, welche allein die Cohäsion der Gewebe bedingt, in zweiter Linie aber auch von der Art und Weise, wie die einzelnen Theile mit einander verbunden, und insbesondere, wie sie über die Querschnittsfläche vertheilt sind. In gleicher Weise ist ja auch die Festigkeit einer Brücke, eines Thurmes oder Pfeilers etc. nicht bloss von der Beschaffenheit des Materials, sondern auch von der Constructionsweise abhängig. Die



Cohäsion oder das Tragvermögen der Gewebe lässt sich nun direct bestimmen. Man befestigt zu diesem Behufe einen 30—50 Centimeter langen Strang skelettbildender Zellen am einen Ende durch Einspannen in den Schraubstock und belastet alsdann das frei herabhängende untere Ende mit einem entsprechenden Gewicht, dessen Grösse man allmählig steigert, bis der Strang dasselbe gerade noch zu tragen vermag, ohne eine bleibende Verlängerung zu erfahren. Dividirt man alsdann die so erhaltene Maximalbelastung durch den Querschnitt des Stranges, so erhält man das Tragvermögen per Quadratmillimeter, oder wenn man lieber will, per Quadratcentimeter. Wie vorauszusehen, ist dieses Tragvermögen je nach der Beschaffenheit der mechanischen Elemente grösser oder kleiner; es erreicht jedoch für die festern Gewebe jedenfalls 10 bis 15 Kilo per Quadratmillimeter und für die stärksten Bastarten sogar 20 Kilo und darüber. Um ein Maass für die Vergleichung zu haben, füge ich bei, dass das Schmiedeeisen innerhalb der Elasticitätsgrenze circa 13 Kilo per Quadratmillimeter zu tragen im Stande ist, dass jedoch bei schmiedeeisernen Constructionen, wie z. B. beim Brückenbau, nur eine Inanspruchnahme von 7 bis 8 Kilo per Quadratmillimeter als praktisch zulässig erachtet wird. Hienach sind die besseren Bastarten hinsichtlich ihres Tragvermögens dem Schmiedeeisen ungefähr ebenbürtig. Sie unterscheiden sich aber in einem nicht unwichtigen Punkte, wesentlich vom Eisen. Während nämlich das letztere durch die Maximalbelastung innerhalb der Elasticitätsgrenze nur etwa um  $\frac{1}{1000}$  ausgedehnt wird, zeigen die Bastzellen eine Dehnung von mindestens 1 Prozent. Ein Bastriemen von 400 Millimeter Länge erfährt z. B. durch die zulässige Belastung eine Streckung von 5 Millimeter und nimmt nach Wegnahme des Gewichts genau wieder die ursprüngliche Länge an. Auf diesem Unterschied in der Dehnbarkeit beruht die Biegsamkeit der vegetabilischen Gerüste im Gegensatz zu den starren Constructionen aus Guss- oder Schmiedeeisen. Zwar geben auch diese bei jedem Druck, der auf sie einwirkt, elastisch nach; allein die hierbei stattfindende Bewegung ist so geringfügig, dass sie sich der Wahrnehmung leicht gänz-



lich entzieht. Wie augenfällig spielen dagegen die Halme der Gräser in bewegter Luft, wie leicht schwingen die Zweige am Baume, und welch' ein Leben ergreift den Wald, wenn der Sturm in die mächtigen Kronen fährt!

Neben dieser relativ grossen Dehnbarkeit des Pflanzenskelettes bleibt noch eine andere physikalische Eigenschaft zu erwähnen übrig, welche dasselbe im Gegensatz zu den Metallen kennzeichnet: es ist das geringe spezifische Gewicht der Substanz (Cellulose), aus welcher das Skelett besteht. Diese Substanz ist höchstens um die Hälfte schwerer als Wasser, während das Eisen bekanntlich mehr als 7 mal so schwer ist; die spezifischen Gewichte verhalten sich also annähernd wie 1 zu 5. Daraus erklärt sich die ausserordentliche Schlankheit der pflanzlichen Constructionsformen. Der leichteste schmiedeeiserne Pfeiler erscheint plump gegenüber dem schlank aufstrebenden Rohr der Bambusen oder dem spitz-kegelförmigen Stamm der Nadelhölzer und anderer Bäume. Wäre die Pflanze darauf angewiesen, ihr Skelett aus einer Substanz vom spezifischen Gewicht des Eisens herzustellen, so müsste sie ihre Längendimensionen verkürzen und alle ihre Ausladungen mehr oder weniger zurückziehen, wodurch die ganze äussere Erscheinung eine viel gedrungene würde.

Fragen wir endlich nach der Art und Weise, wie die festen Theile der Gewächse unter sich verbunden sind, so mag es genügen, die vorkommenden Verschiedenheiten durch einige Beispiele anzudeuten. Es ist zunächst einleuchtend, dass die Constructionsform sich nach den mechanischen Anforderungen richten muss, welche an die Pflanze gestellt werden. Aufrechte, freistehende Organe, wie z. B. die Halme der Gräser, die Blüthenschäfte u. dgl., welche einer gewissen Biegefestigkeit bedürfen, um Blüthen und Früchte tragen und dem Winde Widerstand leisten zu können, sind voraussichtlich nach einem andern Plan gebaut, als die auf Zug in Anspruch genommenen Wurzeln oder als die schlingenden und die untergetauchten Stengelorgane. In der That führt die mikroskopische Untersuchung der verschiedenen Organe zu dem Ergebniss, dass die skelettbildenden



Gewebe in biegungsfesten Pflanzentheilen im Allgemeinen eine möglichst peripherische, in zugfesten eine mehr centrale Anordnung zeigen. Die Halme der Gräser verdanken z. B. ihre Biegungsfestigkeit einem aus Skelettzellen gebildeten Hohlcylinder, dessen nach aussen vorspringende Rippen sich unmittelbar an die Epidermis anlegen. Viele Cyperaceen und Juncaceen besitzen dagegen isolirte peripherische Pfosten oder zusammengesetzte Träger, welche durch parenchymatische Gewebe, zuweilen überdies noch durch besondere Anastomosen in tangentialer Richtung verbunden sind. Sind die Organe breit und flach, wie die Blätter, so bedürfen sie bloss für die zur Breitseite rechtwinklige Richtung besonderer Stützgewebe. In dieser Eigenschaft fungiren alsdann die sogenannten Adern oder Blattrippen, deren Bau im Wesentlichen mit dem der Brückenträger übereinstimmt. Die spezifisch mechanischen Zellen bilden hier die obere und die untere Gurtung, indess das schwächere Parenchym und andere Gewebe die Verbindung herstellen. Zur Erhöhung des Widerstandes ragen diese Träger überdies nicht selten über die untere Blattoberfläche hervor.

Die Biegungsfestigkeit bedingt also, wenn ich mich so ausdrücken darf, eine centrifugale Tendenz der festen Elementarorgane; diese rücken soweit als möglich nach aussen. Umgekehrt die Zugfestigkeit. Die zugfesten Wurzeln und die damit übereinstimmenden kriechenden Rhizome sind gewissermassen nach dem Schema eines Telegraphenkabels gebaut. Im Centrum liegen die zu einem Strang verbundenen festen Skelettzellen, an der Peripherie die weichen parenchymatischen Elemente, welche ernährungsphysiologischen Zwecken dienen. Ebenso verhalten sich die untergetauchten Stengel von *Najas*, *Myriophyllum*, *Potamogeton* etc., welche in Folge ihres Luftgehaltes einem continuirlichen Zug nach oben unterworfen sind. Dagegen nehmen die schlingenden Gewächse insofern eine besondere Stellung ein, als sie in der Jugend, so lange sie noch keine Stütze gefunden haben, der Biegungsfestigkeit bedürfen und dementsprechend gebaut sind; erst ihr späteres Verhalten entspricht der Inanspruchnahme auf Zug.



So sehr übrigens das mechanische Princip die Anordnung der festen Theile beherrscht, so dürfen wir uns doch nicht vorstellen, dass dasselbe immer voll und ganz zur Geltung komme. Denn die Pflanze hat nicht bloss mechanischen, sondern auch verschiedenartigen ernährungsphysiologischen Anforderungen zu genügen. So ist es z. B. wichtig, dass die grünen Zellen ebenfalls in die Nähe der Oberfläche zu liegen kommen, weil der Assimilationsprocess, der sich in diesen Zellen vollzieht, von der Einwirkung des Lichtes abhängig ist, dessen Intensität mit der Entfernung von der Oberfläche nothwendig abnehmen muss. In biegungsfesten Organen machen desshalb die grünen Zellen den mechanischen Elementen den Platz zunächst der Epidermis streitig, und es kommt häufig vor, dass sie die letztere, entgegen den Forderungen des mechanischen Princip, etwas zurückdrängen. So z. B. im Blüthenschaft der Liliaceen und Irideen, im Stengel vieler Dicotylen etc., wo das hohlcylindrische Skelett von der grünen Rinde umhüllt wird. Aehnliche Conflictte mögen auch sonst noch hin und wieder vorkommen; doch würde es zu weit führen, auf diese zum Theil noch dunkeln Beziehungen näher einzutreten.

II. Prof. Dr. Bronner in Stuttgart sprach über einige fossile Harze vom Libanon.

Diese Harze, durch Herrn Prof. Dr. Fraas vom Libanon\* mitgebracht, bildeten honiggelbe, goldgelbe, tief orangefarbige hyacinth- bis braunrothe Stückchen, meistens durchsichtig, sämmtlich glasglänzend, sehr spröde und leicht zerreiblich. An manchen, namentlich den honiggelben Stückchen sassen noch Reste ihrer Lagerstätte, einer Braunkohle, gemischt mit sehr glänzendem, tief schwarzem Gagat. Diese Harze zeigen sämmtlich beim Reiben mit Wolle oder Seide nur so geringe Spuren von Electricität, dass diese nur durch einen sehr empfindlichen Goldblattcondensator nachgewiesen werden konnte.

Das specifische Gewicht schwankt beträchtlich, je nach der

---

\* Der Fundort ist Djebâa, Provinz Djezzin, im südlichen Libanon.  
Württemberg. naturw. Jahreshfte. 1878.