

Werk

Titel: Die Pflanze als Bauwerk

Autor: Pringsheim , E.

Ort: Berlin

Jahr: 1918

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0006 | LOG_0174

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Sechster Jahrgang.

17. Mai 1918.

Heft 20.

Die Pflanze als Bauwerk.

Von Prof. Dr. E. Pringsheim, Halle.

Wenn wir die Pflanze mit einem Bauwerk vergleichen, so müssen wir uns von vornherein darüber klar sein, daß sowohl ihr Zweck wie ihr Material durchaus verschieden von dem sind, was wir bei menschlichen Gebäuden kennen. Der Zweck ergibt sich aus der Ernährungsweise der Pflanze, die von Luft und Licht lebt, d. h. die Spuren von Kohlensäure, die sich in der Atmosphäre finden, mit Hilfe der Sonnenstrahlen in organische Stoffe verwandelt. Demzufolge muß sie dem Gaswechsel mit der Atmosphäre eine große Oberfläche darbieten und flächige Organe ausbilden, um das Licht aufzufangen, was beides durch den Besitz von Blättern erreicht wird. So finden wir bei der Pflanze im Gegensatz zum Tier ein nach außen sehr lockeres Gefüge.

Mit der Art der Ernährung hängt aber ferner auch das zur Verfügung stehende Baumaterial zusammen. Wasser kann die Pflanze meist in beliebiger Menge aus dem Boden aufnehmen. Kohlehydrate baut sie sich aus Wasser und Kohlensäure auf, muß damit aber, wenigstens im Anfange, sparsam umgehen. Daher bestehen junge Pflanzen zu etwa 80—90 % aus Wasser. Von dem Rest sind aber auch nur etwa $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ wirklich feste Substanzen, das übrige in Wasser gelöst. Es bietet sich also der Pflanze die schwierige Aufgabe, einen genügend widerstandsfähigen und die Form bewahrenden Körper herzustellen und dazu fast nur Wasser neben geringen Mengen eines Kohlehydrates zu verwenden. Als solches dient nun die *Zellulose*, ein vermöge seiner mechanischen Eigenschaft wunderbar geeignetes Material. Die Verteilung dieser beiden und der gelösten oder gequollenen Stoffe im Pflanzenkörper, die die Lösung der Aufgabe ermöglicht, soll nun gekennzeichnet werden.

Die Pflanze besteht aus Zellen, d. h. aus dünnwandigen, rings geschlossenen Zellulosesäckchen, denen sich nach innen das Protoplasma als schleimiger Belag anschmiegt und die in der Hauptsache erfüllt sind vom Zellsaft, einer wässerigen Lösung verschiedener Stoffe. Die Zellulosehülle oder Zellhaut läßt Wasser und gelöste Stoffe hindurchtreten, wogegen das Protoplasma nur dem Wasser den Durchtritt gestattet, nicht aber den gelösten Substanzen. Da diese somit nicht aus dem Zellsaft heraus können, aber osmotisch Wasser anziehen, steigert sich, solange Wasser geboten wird, das Volumen und damit der Druck der Innenflüssigkeit, bis die Spannung der Zellhaut, die dem Pro-

toplasma ein Widerlager bietet, das Einströmen verhindert. Jetzt haben wir einen Gleichgewichtszustand zwischen Innendruck und elastischem Gegendruck der Zellulosehülle, wobei letztere etwas aufgebläht ist. Jede Veränderung der Form würde eine Volumenverminderung bedingen, die bei der Nichtzusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten nur durch Austritt von Wasser entgegengesetzt dem osmotischen Drucke möglich wäre oder durch eine weitere Dehnung der Zellhaut, die deren Spannung entgegenwirkt. Daher die Formbeständigkeit der einzelnen Zelle und damit des ganzen jugendlichen Pflanzenkörpers. Daß das Wasser dabei eine wesentliche Rolle spielt, sehen wir am besten nach Wasserverlust, beim Welken: Hört die Spannung der Zellhaut auf, so ist diese nicht imstande, den Pflanzenkörper aufrecht zu tragen. Auch einer der Gründe, warum die Pflanze in viele winzige kleine Zellen, d. h. osmotische Systeme der beschriebenen Art, eingeteilt ist, wird uns nun klar. Jede Biegung eines Teiles, z. B. eines Stengels, bewirkt Dehnung auf der konvexen, Zusammendrückung auf der konkaven Seite. Wäre im Innern nur ein großer Hohlraum, d. h. wäre die höhere Pflanze wie manche Algen und Pilze „einzellig“, so würde das Wasser von der gedrückten nach der gedehnten Seite fließen, und es würde einer solchen Formveränderung geringerer Widerstand entgegengesetzt werden, als wenn durch unzählige Zwischenwände die Wasserverschiebung verhindert wird. Das an sich nicht formbeständige Wasser wird also am Orte festgehalten und kann so den *druckfesten* Teil des gesamten mechanischen Systems hergeben, wobei die an sich nicht biegungs- oder druck-, wohl aber sehr *zugfesten* Zellulosehäutchen mit ihm zusammenwirkend die Biegungsfestigkeit des Ganzen bewirken.

Die Grenzen der Festigkeit eines solchen Gebildes sind nun bedingt erstens durch die Dünneheit der Zellhaut und zweitens durch die Kittfugen, in denen die Zellen ähnlich wie die Ziegel einer Mauer durch den Mörtel zusammengefügt sind. Eine größere Dicke *aller* Zellwände verbietet sich wegen des dadurch erschwerten Stoffaustausches zwischen den Zellen. Daher ist sie nach dem Grundsatz der Arbeitsteilung auf gewisse Zellen, die Bastfasern, beschränkt, die gleichzeitig durch ihre große Länge und dadurch, daß sie mit ihren Spitzen ineinander greifen und so eine beträchtliche gemeinsame Oberfläche besitzen, ein schwer zerreißbares Faserbündel bilden. Betrachten wir als einfachstes Beispiel einen Pflanzenstengel, so ist das bei scharfer Biegung drohende Zerreißen in den Zellfugen der

Konvexseite durch dort eingestreute Bastfasergruppen verhindert. Da aber der Stengel sich nach allen Seiten biegen kann, so finden wir diese hervorragend zugfesten Teile, die auf gleichen Querschnitt berechnet, dem Zerreißen denselben Widerstand entgegensetzen wie Stahldraht, ringsherum nahe der Oberfläche gelagert, wobei sie wohl auch auf der Konkavseite das Ausweichen der an sich druckfesten dünnwandigen wassergefüllten Zellen verhindern. Wir haben also hier wiederum *das Zusammenwirken von druck- mit zugfesten Teilen*, wobei in den ersteren der Wassergehalt, in den letzteren die Zellwand die für die mechanischen Eigenschaften bedeutungsvolle Komponente darstellen.

Wie wir oben gesehen haben, ist der Widerstand, den die Zellwände einer Dehnung und damit einer Formveränderung des ganzen Organes entgegensetzen, um so größer, je stärker sie schon gespannt sind. Dasselbe gilt nun auch für die Bastfasern und die mit ihnen zusammenwirkenden zugfesten Teile, die im Pflanzenstengel die äußeren Schichten einnehmen. Etwas schematisiert können wir die Sachlage folgendermaßen darlegen: Die Verdickung der Zellwände bei den Bastfasern erschwert ihr Flächenwachstum und die Nährstoffzufuhr ins Innere der Zellen. Daher hören diese bald auf sich in die Länge zu strecken, während die mehr im Innern gelegenen Markzellen noch weiter zu wachsen bestrebt sind, woran sie aber schließlich durch den Zusammenhang mit den sich nicht mehr verlängernden äußeren Zellschichten gehindert werden. Letztere werden dadurch gedehnt. Es kommt so die sogenannte *Gewebespannung* zustande. Diese macht sich im Zusammenhang der Teile in der äußeren Form nicht weiter bemerkbar, weil die Spannungen sich gegenseitig aufheben. Zerlegen wir aber einen mit Gewebespannung versehenen jungen Stengel oder Blattstiel durch Längsschnitte in Streifen, so biegen diese sich konkav nach außen, weil die inneren Teile nun ihr Verlängerungsbestreben betätigen können, während die äußeren, gedehnten sich ein wenig verkürzen. Die Krümmung wird noch größer, wenn wir die isolierten Organstreifen in Wasser legen, weil nun die Markzellen durch Wasseraufnahme ihr Volumen vergrößern, woran sie vorher durch den Zug der dickwandigen äußeren Gewebsschichten verhindert waren. Aus der erheblichen Kraft, mit der diese Krümmungen ausgeführt werden, ersieht man die Größe der normal vorhandenen Spannungen.

Diese Gewebespannung erhöht nun in der ange deuteten Weise die Formbeständigkeit des ganzen Organes, denn das Mark setzt mit seinem Ausdehnungsbestreben dem Zusammendrücken, die längsgespannten äußeren Partien der Dehnung erhöhten Widerstand entgegen, wodurch die Biegefestigkeit des Ganzen wiederum gesteigert wird. Wir haben demnach hier auf der dritten Stufe dasselbe Grundprinzip, nämlich *das Zu-*

sammenwirken druckfester und zugfester Teile zu einem biegefesten Gebilde. Ähnliche Verhältnisse wie für zylindrische Stengel, Blatt- und Blütenstiele finden wir auch bei den Stielen der Hutpilze und etwas modifiziert bei den Blattrippen. Bei den Wurzeln, den Stengeln von Wasserpflanzen usw. dagegen sind die Verhältnisse anders. Diese Organe werden hauptsächlich auf Zugfestigkeit beansprucht, die Wurzeln durch das Hin- und Herschwenken des Sprosses im Winde, die Stengel der Wasserpflanzen durch das Fluten des Wassers. Wenn der Wind die oberirdischen Teile der Pflanze nach einer Seite biegt, so halten die Wurzeln sie wie Ankertaue im Boden fest. Auf Biegefestigkeit kommt es hier nicht an. Eine gewisse Schmiegsamkeit ist vielmehr am Platze. Soll mit einem bestimmten Mindestmaß von zugfester Substanz, also von Zellulose, eine möglichst große Zerreiße festigkeit erzielt werden, so müssen die vorhandenen Festigungselemente möglichst nahe zusammenrücken, so daß sie von Dehnungskräften gleichmäßig betroffen werden. Das geschieht dadurch, daß sie um die Achse herum zusammengelagert werden. Wären sie mehr nach außen verschoben, so könnten bei einem nicht genau in der Längsrichtung wirkenden Zug die am meisten beanspruchten Teile reißen, ohne von den anderen unterstützt zu werden. Das Schicksal des Ganzen wäre dadurch besiegelt. So finden wir denn in der Tat bei zugfesten Pflanzenteilen die Festigungselemente in der Mitte, das aus dünnwandigen Zellen bestehende Gewebe darum herum, so daß das Ganze in mechanischer Hinsicht einem gummiisierten Leitungsdraht ähnelt. Werden aber die Ansprüche an ein zugfestes Organ größer und muß daher die Masse der dickwandigen Fasern vermehrt werden, so wird das Gebilde leicht zu starr und würde bei Biegung brechen. Hier tritt dann eine neue Anordnung auf, die darin besteht, daß die festen Teile in einzelne, durch dünnwandiges, nachgiebiges Zwischengewebe getrennte Gruppen zerfallen, etwa wie bei einem Kabel oder Seil. Die Längs festigkeit wird dadurch kaum vermindert, bei Biegung können aber die einzelnen Bündel sich gegeneinander verschieben und seitlich ausbiegen. So finden wir die Anordnung bei Lianenstämmen, die vielfach gebogen von Baum zu Baum hängen und auch beim Sturze eines derselben nicht zerreißen, ferner bei den Trägern schwerer Fruchtstände, z. B. bei Bananen und Datteln.

Kehren wir nun zu den gewöhnlichen Pflanzenstengeln zurück, so besteht ein großer Nachteil der bisher besprochenen Konstruktionen darin, daß ihre Festigkeit das Vorhandensein genügender Wassermengen und die dadurch bedingte Prallheit der Zellen voraussetzt. Werden die einzelnen Zellen durch Wasserverlust schlaff, welkt also die Pflanze auch nur ein wenig, so vermindert sich die Steifheit stark oder geht selbst ganz verloren: Die jugendlichen Sproßspitzen hängen