

Der mikroskopische Aufbau der Pflanzenblätter.

Von Dr. Tr. Müller.

Wenn man einen organisirten Körper oder Theile desselben einer wissenschaftlichen Untersuchung unterziehen will, so stehen einem verschiedene Wege offen. Zuvörderst kann man — und hiermit haben die wissenschaftlichen Arbeiten in der That begonnen — sein Augenmerk auf die allgemeine Gestaltung des in Frage kommenden Objectes richten. Man wird also beispielsweise an einem Pflanzenblatt die äussere Gestalt desselben, die Art seiner Berandung, die Stellung desselben zu seinen Nachbarblättern betrachten. Diese Art der Beobachtung der Lebewesen hat man mit dem Namen „Morphologie“ bezeichnet. Begnügt man sich jedoch mit der Beobachtung eines einzelnen Gegenstandes nicht, vergleicht man ihn mit ähnlich gestalteten, versucht man, die wesentlichen Momente herausgreifend, die beobachteten Objecte in gewisse Beziehung zu einander zu setzen, so treibt man vergleichende Morphologie. Ein Beispiel wird uns näheren Aufschluss geben, als eine allgemein gehaltene Phrase es thun kann. Die Vertreter der Familie der Papilionaceen besitzen fast durchweg Blätter, die an der Stelle, wo ihr Stiel in den Stengel übergeht, noch jederseits einen kleinen blattförmigen Anhängsel haben, den man bekanntlich als Nebenblatt bezeichnet hat. Bei der Robinie (*Robinia Pseud-Acacia*) und bei dem Christusdorn (*Gleditschia triacanthos*) finden sich an dieser Stelle, wo sonst Nebenblätter vorhanden sind, Stacheln. Wir werden hiernach schliessen können, dass diese Stacheln das Aequivalent, das Analogon der sonst vorhandenen Nebenblätter sind.

Die Anatomie hat es mit dem innern Bau der einzelnen Organe der Lebewesen zu thun. Als ein besonderer Zweig derselben ist die Histologie, die Gewebelehre, zu betrachten, welche ihr Augenmerk auf den Aufbau der Gewebe aus ihren Elementarorganen oder — um einen fast hiermit sich deckenden Ausdruck zu gebrauchen — aus ihren Zellen zu lenken hat. Doch diese

ebengenannte Verschiedenheit ist wohl für die Thierwelt vorhanden, nicht aber für die Pflanzen. Während bei jenen die Organe verschiedener Function gänzlich von einander geschieden sind — so besonders bei den höhern Thieren Respirations- und Circulationsorgane, Nerven und Muskeln — ist dies bei den Pflanzen nicht der Fall. Während der Anatom mit blossen Auge den Verlauf und die Verbindung von Nerven und Blutgefässen am thierischen Körper präparirt, findet sich der Pflanzenanatom mit blossen Auge bald am Ende seiner Kunst. Was könnte man beispielsweise am Blatt mit blossen Augen unterscheiden? Vielleicht Blattnerven und dann etwa die Blattmasse selbst; unter günstigen Umständen vielleicht Oberhaut. Eine Pflanzen-Anatomie, eine Phytotomie, ist von vornherein auf die Beobachtung der die Pflanzensubstanz bildenden Elementarorgane angewiesen. Eine leicht begreifliche Folge dieses Umstandes war, dass sie sich erst entwickeln konnte, als ihr geeignete optische Hilfsmittel zu Gebote standen, oder — was dasselbe ist, seit der Einführung des Mikroskops und der mikroskopischen Technik. Ich füge mikroskopische Technik hinzu, denn das Instrument allein genügt nicht, man muss auch die zu untersuchenden Objecte für die Beobachtung geeignet machen.

Gesatten Sie mir heute, Ihre Aufmerksamkeit auf ein Kapitel aus einer derartigen Betrachtung der Pflanzenorgane zu lenken, das Ihnen zeigen kann, welch' ungeahnte Fülle von neuen Erscheinungen und Einrichtungen sich dem darbietet, der einmal sich über den mikroskopischen Aufbau der Pflanzenblätter Aufschluss verschaffen will. Bevor ich jedoch zu der Behandlung dieses Themas selbst übergehe, muss ich bemerken, dass die hier mitgetheilten Thatsachen durchaus nichts Neues für den Fachmann enthalten; ich bitte daher um die gütige Nachsicht von Seiten aller Pflanzen-Anatomen, wenn dieselben hier nur das finden sollten, was ihnen längst bekannt ist. Weshalb gerade das Pflanzen-Blatt zum Gegenstande dieser Mittheilung gewählt wurde, ist unschwer zu beantworten. Sollte es nicht für Jeden, der aufmerksam einen Spaziergang durch die sich wieder verjüngende Natur macht, der überall, an Baum und Strauch, auf Wiese und Feld die hervorspriessenden Blätter beobachtet, von Interesse sein, kennen zu lernen, wie diese Gebilde aufgebaut sind?

Sehr nahe liegt die Vorfrage, wo findet man die einfachsten Blätter? Schon bei den Laubmoosen, jenen bekannten theils hellgrünen, theils intensiv dunkelgrün gefärbten Rasenpolstern,

welche sich in jedem Walde, besonders schön aber im Laubwalde vorfinden, kann man Blätter erkennen. Diese in der That sind sehr einfach gebaut, sie bestehen aus einer einzigen Schicht von gleichgestalteten Zellen. Doch das Einfachste ist für uns Menschen nicht immer das Verständlichste. Viel leichter vermögen wir die Verhältnisse zu erfassen, wenn sich eine gewisse Arbeitstheilung in dem Zellenstaate bemerkbar macht. Dieser Vergleich eines Pflanzenorgans mit einem Staate ist in gewisser Weise passend genug, nur muss man nicht vergessen, dass es nur ein Vergleich ist, der, wenn auch zum grössten Theil, so doch nicht überall in vollem Umfange Geltung hat. Anstatt also bei den einfachst gebauten Blättern zu beginnen, ist es für unsere Zwecke wohl geeigneter, gleich an einem Blatt, wie es uns überall entgegentritt, beispielsweise an dem Blatt eines unserer Laubbäume, uns über die in Frage kommenden Verhältnisse zu orientiren. Was von diesem gilt — es ist hier ein Buchenblatt gewählt — gilt auch mit den nöthigen Veränderungen von allen übrigen Blättern.

Der Querschnitt eines Blattes, d. h. derjenige Schnitt, welcher senkrecht zur Blattfläche und Längsachse des Blattes geführt ist, lässt beim ersten Anblick zwei Theile erkennen; nämlich einen innern Theil, seit Decandolle Mesophyll genannt und einen äusseren, welcher das erstere vollständig umgiebt und hierdurch von der Aussenwelt abscheidet.

Das Mesophyll besteht nun weiter aus zwei gänzlich von einander unterschiedenen Geweben, einerseits dem, was man als Rippen, Nerven und Nervillen bezeichnet hat, und andererseits einem Gewebe, welches den Blättern die grüne Farbe verleiht, und das für das Leben der Pflanze von äusserster Wichtigkeit ist.

Beginnen wir mit dem letztgenannten, so kann auch hier noch eine Sonderung in zwei Schichten dem aufmerksamen Beobachter nicht entgehen. Die zu oberst gelegene Schicht Zellen, bisweilen auch noch die zunächst gelegene, zeigt nämlich ziemlich regelmässig prismatische oder cylindrische Zellen und zwar in der Weise gelagert, dass die Längsachsen derselben in der Ebene des Querschnittes und senkrecht zur Blattfläche liegen. Eine Reihe solcher Zellen ist nicht unpassend mit einer Reihe Pallisaden verglichen worden, und man hat hiernach jene Zellen als Pallisadenzellen bezeichnet. Die nun folgenden Zellen sind nicht so regelmässig gelagert noch gestaltet. Sie sind mehr

oder minder ausgebuchtet und können bisweilen sternförmig genannt werden. Sie liegen auch nicht so dicht an einander wie die Pallisadenzellen, sondern lassen grössere Zwischenräume, Intercellularräume, zwischen sich, wodurch der Gesamtanblick dieser Gewebeschicht lebhaft an den eines Schwammes erinnert. Deshalb führt jener Theil des Blattes auch mit Recht den Namen „Schwammschicht“ oder auch Schwammparenchym, da man unter Parenchym jedes Gewebe von Zellen versteht, welche annähernd den gleichen Durchmesser in den drei Dimensionen besitzen.

Der Inhalt dieser Zellen lässt sich schon ohne jede Behandlung mit Reagentien als ein besonderer erkennen. Die Zellen der beiden Schichten, der Pallisaden- wie der Schwammschicht, führen nämlich kleine runde Kügelchen von grüner Farbe. Es sind die Chlorophyllkörner, Chloroplasten, welche bewirken, dass uns die Blätter mit unbewaffnetem Auge betrachtet grün gefärbt erscheinen. Vergleicht man die Anzahl der Chlorophyllkörner der Pallisadenzellen mit der der Zellen des Schwammparenchyms, so bemerkt man, dass erstere beträchtlich mehr enthalten als letztere. Genauere Zählungen haben beispielsweise folgendes Resultat ergeben.

Im Blatt von *Ricinus communis* enthält eine Pallisadenzelle im Durchschnitt 36, eine Schwammparenchymzelle 20 Chlorophyllkörner. Erwägt man weiter, dass eine mehr als doppelt so grosse Anzahl von Pallisadenzellen vorhanden ist, so ergibt sich, mit Berücksichtigung der Grössenverhältnisse der in Frage kommenden Zellen, dass für 1 qmm Blattfläche im Pallisadengewebe 403 200, im Schwammparenchym nur 92 000 Chlorophyllkörper enthalten sind. Nach den angestellten Beobachtungen finden sich im Pallisadengewebe im Maximum sechsmal, im Mittel drei- bis viermal, im Minimum zweimal so viel Chlorophyllkörner wie in der entsprechenden Fläche des Schwammparenchyms.

Man wird nicht unschwer hieraus entnehmen können, dass, wenn den Chlorophyllkörpern irgend welche physiologische Bedeutung zukommt, es aller Wahrscheinlichkeit nach das Pallisadengewebe es ist, welchem in ausgesprochenerem Maasse diese Bedeutung zuerkannt werden muss. Doch für eine allbekannte Erscheinung finden wir hierin die Erklärung.

Da die Schwammschicht näher nach der Blattunterseite liegt und nach der eben angeführten Beobachtung weniger Chlorophyllkörper enthält, als die zunächst der Blattoberseite

gelagerte Pallisadenschicht, so ist hierdurch auch erklärt, weshalb die Unterseite der Blätter dem blossen Auge heller erscheint als die Oberseite.

Hier und da kann man auch Zellen, zwischen den typischen Schwammschichtzellen gelagert, bemerken, die keine Chlorophyllkörner enthalten, aber einzelne Krystalle, öfter jedoch verwachsene Krystallgruppen führen. Diese Krystalle sind Kalkoxalat, der sich in fast allen Pflanzentheilen vorfindet, über dessen Bedeutung zur Zeit die Ansichten getheilt sind.

Doch noch eins darf bei der Betrachtung des chlorophyllführenden Schichten nicht ausser Acht gelassen werden, nämlich der Zusammenhang der Pallisaden-Zellen mit dem Schwammgewebe. Es zeigt sich nämlich, dass keine einzige Pallisadenzelle nach dem Schwammparenchym zu frei, d. h. an einen Intercellarraum grenzt, sondern sich stets an eine Schwammparenchymzelle anlegt. Eine genauere Beobachtung lehrt weiter, dass stets mehrere — gewöhnlich zwei bis drei, bisweilen auch fünf und mehr — Pallisadenzellen an eine einzige Zelle der Schwammschicht grenzen; man hat solche Zellen infolgedessen als „Aufnahmszellen“ bezeichnet.

Ausser diesen wesentlichen Vorkommnissen können sich noch sogenannte „Oelräume“ vorfinden; natürlich bei Pflanzen, welche ätherische Oele enthalten und die bei Betrachten im durchgehenden Licht wie mit feinen Nadelstichen durchsetzt erscheinen, beispielsweise bei dem allbekannten durchlöcherten Johanniskraut (*Hypericum perforatum*), bei Citronen-, Orangen- und Pommeranzenblättern, bei der Raute u. s. w.

Die mikroskopische Betrachtung giebt uns auch hier über den makroskopischen Befund interessanten Aufschluss. In einem Hohlraum, der von etwas anders gestalteten Zellen, als es die Zellen der Schwammschicht sind, umgeben ist, findet sich eine stark lichtbrechende Kugel, die ein Oeltröpfchen darstellt.

Ehe wir nun zu einem andern Gewebe übergehen, mag es noch gestattet sein, einen Blick auf denjenigen Inhalt dieser Zellen zu werfen, welcher für dieselben charakteristisch ist, auf die Chloroplasten. Wie wir oben gesehen haben, finden sich dieselben in besonders grosser Menge in der Pallisadenschicht. Sie sind im Protoplasma, jenem feinkörnigen Schleim, der nach unserer Anschauung der Träger des Lebens ist, eingebettet. Da weiter dieses Protoplasma stets, wenn auch nur dünn, als ein sogenannter „Wandbeleg“ an das die Zellen nach aussen

abschliessende Cellulose-Häutchen grenzt, so erscheint es uns begreiflich, dass die Chlorophyllkörner wandständig gelagert sind. Doch was ist solch Chlorophyllkorn? Ist es etwa — und dies wäre wohl das Einfachste — ein Farbstofftröpfchen, das sich ähnlich dem Oeltröpfchen kugelförmig gegen seine Umgebung abschliesst? Eine einzige Manipulation kann uns von der Unwahrscheinlichkeit dieser Annahme überzeugen. Lässt man nämlich grüne, d. i. chlorophyllhaltige Blätter in Alcohol einige Zeit stehen, so erscheinen dieselben ganz oder doch nahezu farblos, während die alcoholische Flüssigkeit den Farbstoff aufgenommen hat und infolge dessen grün aussieht.

Ein genügend dünner Schnitt durch den entfärbten Pflanzentheil lässt uns mit Hülfe des Mikroskops erkennen, dass die runden Körner durchaus nicht verschwunden sind. Sie sind vorhanden, wenn auch farblos. Mit sehr guten Instrumenten ausgerüstete Beobachter wollen bemerkt haben, dass das noch übrig bleibende Körnchen durch ein farbloses Protoplasmahäutchen gegen das umgebende Plasma abgeschlossen ist. Das Körnchen selbst stellt nun nach den Untersuchungen von Pringsheim und Schmitz ein fein poröses, netz- oder schwammartiges Gerüst dar. Man könnte nun zweierlei über den Ort, an dem sich der Farbstoff befindet, denken. Entweder ist er in dem Plasmagerüst selbst enthalten, oder er füllt die Hohlräume desselben an. Tschirch nimmt an, dass der Chlorophyllfarbstoff die Wandungen der Maschen als dichter Wandbeleg ausfüllt.

Ausser diesem „Füllgewebe“, wie man eine Zeit lang das Mesophyll bezeichnete, ist noch ein anderes, gänzlich verschieden von dem eben betrachteten, vorhanden, die Blattnerven. Dass der Ausdruck „Nerven“ durchaus nicht dem entspricht, was man als Nerven bei den Thieren bezeichnet, darf hier nur erwähnt werden. Er stammt aus jener Zeit, wo man gewohnt war, Pflanzen und Thiere unter einem gemeinsamen Gesichtspunkt hinsichtlich ihrer Anatomie und Physiologie zu betrachten, wo hervorragende Forscher bemüht waren, einen dem Blutkreislauf der Wirbelthiere analogen Säfte-Kreislauf in den Pflanzen aufzufinden. Wollte man die Blattnerven mit einem Organsystem der Thierwelt vergleichen, so könnte man, ohne indessen allen Functionen der Blattnerven gerecht zu werden, sie am vortheilhaftesten mit dem Skelett vergleichen; doch auch, das darf man nicht ausser Acht lassen, dann würde man nur die eine Hauptfunction betont haben. Nennt man wohl Blätter, welche,

sei es durch Insectenfrass, sei es durch geeignetes natürliches oder künstliches Verwesen, ihres Füllgewebes beraubt sind, nicht unpassend Blattskelette. Und wie von den Wirbelthieren das Skelett dem Vergehen am meisten Widerstand leistet und geleistet hat, so dass uns in der „Chronik der Erde“ fast nur die Knochen als Zeugen jener Lebewesen erhalten blieben, so ist es auch mit dem Blattskelett der Fall. Wer sollte bei Anschauen paläophytologischer Sammlungen nicht mit Staunen jene interessanten Abdrücke von Blättern betrachtet haben? Kann man sich doch unter Umständen nicht entscheiden, ob man mehr die gute Erhaltung derselben, welche auch noch die feinsten und zartesten Nervillen erkennen lässt, bewundern soll, oder den Scharfsinn der Forscher, welche aus der Blattnervatur die Familie nicht nur, sondern sogar die Gattung, die Art erkennen konnte, mit welcher dieselben vereint oder ihr doch sehr nahe gestellt werden konnte; und diese Abdrücke zaubern unserer Phantasie ein Bild der Flora längst vergangener Epochen vor. Doch kehren wir zu unsern Nerven zurück. Die Blattnerven sind in der That die Stützen des ganzen Blattes; während die Mesophyllzellen mit ziemlich zarten Häutchen umgeben sind, treffen wir hier dieselben stark verdickt, die Zellen selbst von geringem Querschnitt, aber bedeutend in der Längsrichtung gestreckt. Alle Nerven des Blattes vereinigen sich am Grunde desselben, treten so vereint in den Blattstiel und lassen sich als sogenannter Blattspurstrang weit in den Stengel oder Stamm hinein verfolgen.

Dass nach dem Verlauf der Nerven zwei grosse Gruppen von blättertragenden Pflanzen sich unterscheiden lassen, die sich mit nur geringen Ausnahmen mit denen der Monocotylen und Dicotylen decken, ist bekannt genug. Bei den ersteren ist der Verlauf parallel und convergirend, bei den Dicotylen seitwärts divergirend. Bleiben wir beim typischen Dicotylenblatt, wie es etwa unsere Laubbäume zeigen, so finden wir, wenn wir beispielsweise durch Maceration das Füllgewebe entfernen, dass uns ein feines mehr oder minder dichtes Netzwerk übrig bleibt. Wenn wir unser Auge mit der Lupe oder noch vortheilhafter mit dem Mikroskop bewaffnen, so kann uns nicht entgehen, dass in diese geschlossene Maschen Ausläufer hineinragen, welche, mehr oder minder kolbenartig angeschwollen, sogenannte „Nervenendigungen“ sind. Auf die Art der Zellen, welche diese Stränge bilden, hier näher einzugehen, würde uns zu weit führen; nur

mag angedeutet sein, dass es dieselben Zellformen sind, die wir in den Blattspursträngen, oder wie man auch jene Fortsetzungen der Blattnerven in Rücksicht auf eine andere Hauptfunktion genannt hat, in den Leitbündeln wiederfinden. Hervorzuheben ist, dass die Blattnerven nirgends frei, d. h. an einen Intercellularraum grenzen. Im Gegentheil, eine genauere Betrachtung zeigt, dass die Zellen des Füllgewebes den Strang dicht umlagern und selbst infolge dessen theils kleiner, theils eckiger erscheinen. In unmittelbarem Zusammenhange mit dem Strange finden sich noch die sogenannten „Krystallschläuche“, d. h. langgezogene Zellen, die Kalkoxalatkrystalle enthalten.

Neben dem schon erwähnten Festigungszweck, dem die Stränge dienen, kommen ihnen sicherlich noch andere Aufgaben zu. Wenn man bedenkt, dass der grösste Theil des Blattstielquerschnittes von den Strangzellen eingenommen wird und der Blattspurstrang sich weit in den Stengel hinein verfolgen lässt, wenn man ferner erwägt, dass die Stränge so dicht von den Zellen des Blattparenchyms umlagert sind, so wird man nicht irre gehen, wenn man neben dem Zweck der Festigung auch noch den der Leitung den Zellen zuschreibt. Sie bilden ja die directe Verbindung zwischen den chlorophyllhaltigen Zellen des Blattes einerseits und den Zellen des Stammes andererseits.

Bisweilen scheint die durch die Nerven herbeigeführte Festigung der Pflanze noch nicht zu genügen, dann treten noch besondere Stützeinrichtungen auf. Betrachten wir jedoch einmal die Druckkräfte, denen das Blatt besonders widerstehen muss. Das Blatt als ein flächenhaftes Gebilde muss vor allem gegen die Druckkräfte gesichert sein, welche senkrecht zur Fläche des Blattes wirken, d. h. also parallel zur Längsachse der Pallisadenzellen. Durch die feine netzförmige Vertheilung des Blattskelettes ist der Druck auf viele kleinere Flächen vertheilt; doch auch jede kleine Fläche muss ihrerseits dem Drucke zu begegnen wissen. Da sind es vor allem die Pallisadenzellen selbst, die auf „Säulenfestigkeit“ beansprucht werden. Sie müssen strebefest gebaut sein und nicht so bald einknicken. Infolge dessen sind sie so angeordnet, dass sie ihren geringen Querschnitt der Druckrichtung entgegenstellen, und ferner dürfen sie nicht allzu lang sein.

So kommt es, dass das Verhältniss der Länge der Pallisadenzellen zu ihrem Breitendurchmesser ein gewisses Maass nicht überschreitet und dass es mehrschichtiges Pallisadengewebe giebt.

Besondere Vorrichtungen werden gelegentlich beobachtet, um die Druckkräfte unschädlich zu machen. So findet man beispielsweise sogenannte Säulen- oder Strebezellen eingesetzt, die auf der einen Seite etwas verbreitert an die Oberhautzellen grenzen, auf der andern Seite ebenfalls erweitert sich auf mehrere Zellen stützen. Sehr häufig kann man beobachten, dass, um gegen Druck geschützt zu sein, die chlorophyllführenden Zellen nach dem Prinzip der Gewölbe-Konstruktion angeordnet sind.

In einer andern Richtung oder — hier wohl genauer — in einer andern Ebene kommen ebenfalls Druckkräfte zur Wirkung, nämlich in der Ebene der Blattfläche selbst. Diesen scheuernden Kräften, wie man dieselben genannt hat, sind vor allem die Blattränder ausgesetzt und sie bedürfen daher gewisser Schutzeinrichtungen, um der Gefahr des Einreissens zu entgehen. Es wird daher nicht befremden, wenn man an den Blatträndern, unter der Oberhaut gelegen, Zellen vorfindet, die stark verdickte, sogar mit Holzstoff imprägnirte Membranen besitzen, die sogenannten Sklerenchym-Zellen. Dass sich solche Sklerenchym-Zellen gelegentlich im Innern des Blattes vorfinden und so die Stränge kräftig unterstützen, wie z. B. bei *Olea europaea*, *Camellia* u. s. w., mag nicht übergangen werden.

Als letztes Gewebe muss endlich hier dasjenige betrachtet werden, welches das Mesophyll und die in demselben befindlichen Stränge gegen die Aussenwelt hin abschliesst. Im einfachsten Falle besteht dieses Oberhautgewebe oder Epidermis aus einer einzigen Zellschicht. Betrachtet man diese Epidermiszellen von der Fläche aus, so erscheinen sie fast durchweg tafelförmig oder plattenförmig und stehen unter einander in lückenlosem Zusammenhange. Bei den Blättern der Dicotylen sind die Wandungen mannigfach, oft sehr regelmässig gebuchtet, oft greifen sie so unregelmässig in einander, dass die seltsamsten Formen in die Erscheinung treten; die beiden Flächendurchmesser sind hierbei annähernd gleich. Die Blätter der Monocotyledonen besitzen meist in dem Sinne wie die Blätter selbst gestreckte Epidermiszellen, die weniger unregelmässig an einander grenzen, häufig sehr regelrecht viereckig oder sechseckig erscheinen. Auf dem Querschnitt betrachtet, muss besonders die ausserordentlich stark verdickte Aussenwand in die Augen fallen. Sicherlich ist dieselbe der physiologisch wichtigste Theil der Zelle, denn sie ist es ja, welche zunächst den schädlichen Angriffen der

Aussenwelt entgegentritt. Doch nicht durch stärkere Verdickung allein unterscheidet sich diese Zellwand von ihren Nachbarwänden; ganz besonders auch durch ihre chemisch-physikalische Beschaffenheit. Durch Behandlung mit geeigneten Reagentien lässt sich zeigen, dass man drei Hauptschichten in der Aussenwandung unterscheiden kann: 1. Die Celluloseschicht, welche an das Zellinnere grenzt und wie die übrigen Wandungen der Zelle aus Cellulose besteht; 2. die Cuticularschicht, welche aus cutinhaltiger Cellulose aufgebaut ist; 3. die Cuticula welche aus reinem Cutin besteht. Was denn nun in chemischer Hinsicht dieses Cutin ist, darüber sind zur Zeit die Acten noch nicht geschlossen. Bekannt ist jedoch von demselben, dass es von Mineralsäuren, selbst concentrirten, nicht angegriffen wird, und ferner, dass es der Fäulniss in hohem Grade zu widerstehen vermag. Doch wozu dient diese verhältnissmässig starke Verdickung der Aussenmembran? Ist sie nur dazu bestimmt, die Festigkeit des ganzen Organs zu erhöhen? Sicherlich ist dieses nicht der einzige Zweck.

Versuchen wir durch Vergleichung der unter sehr verschiedenen Bedingungen des Lebens stehenden Blätter einigen Aufschluss darüber zu erhalten. Das Blatt untergetauchter Wasserpflanzen, beispielsweise *Potamogeton*-Arten oder der Wasserpest, *Elodea canadensis*, zeigt bei mikroskopischer Betrachtung, dass hier die Aussenwand der Epidermis eben so dünn ist wie die übrigen Wandungen. Ein Fingerzeig, der uns auf die richtige Spur helfen kann.

Nimmt man die Blätter der eben genannten Pflanze aus ihrem Element, dem Wasser, lässt dieselben an der Luft oder noch vorteilhafter im directen Sonnenlicht eine Zeit lang liegen, so sind dieselben vertrocknet. Solche unter normalen Verhältnissen im Wasser befindlichen Blätter, deren Epidermisaussenwand nicht oder nur wenig verdickt erscheint, vermögen also der Verdunstung, denn durch diese wird das Austrocknen in der That hervorgerufen, wenig zu widerstehen. Die Verdickung der Aussenwände der Epidermiszellen ist mithin ein ganz besonderer Schutz gegen die Verdunstung. Dieser Satz findet sich noch weiter bestätigt, wenn man Pflanzenblätter betrachtet, welche ganz besonders der Verdunstung ausgesetzt sind, wie beispielsweise die Steppenpflanzen der Tropen. Hier finden sich denn auch, wie bei Aloë, Agaven und *Sempervivum*-Arten, hervorragend starke Verdickungen der Epidermis-Aussenwandungen. Bei *Mesembryanthemum*-

und *Haworthia*-Arten kommt ausser der starken Cuticularisirung noch Einlagerung von Kalkoxalat-Krystallen vor, wodurch der Schutz gegen die Verdunstung noch erhöht wird.

Die Unterseite der Blätter ist natürlich nicht so sehr der Verdunstung ausgesetzt wie die Oberseite; die Epidermiszellen der Unterseite werden daher auch keine so stark verdickten Aussenwände besitzen. Genauere Messungen haben dies Raisonement auch vollkommen bestätigt. Bei *Vinca minor* beispielsweise ist die Verdickung auf der Blattoberseite $5,4 \mu$, auf der Unterseite $3,1 \mu$. Doch nicht hierdurch allein unterscheidet sich die Oberhaut der Blattunterseite von derjenigen der Blattoberseite, sondern vor allem durch das Vorhandensein gewisser Einrichtungen, mittelst deren zeitweise das Blattinnere mit der Aussenwelt in directen Verkehr treten kann, die sogenannten Stomata, die Spaltöffnungen.

Diese eigenthümlichen Apparate haben seit Grew und Malpighi, den Vätern der Pflanzen-Anatomie, fast alle folgenden bedeutenderen Forscher beschäftigt. Dutrochet machte zuerst darauf aufmerksam, dass die Spaltöffnungen Ausführungsgänge des Intercellularsystems sind, d. h. dass sie direct die mit einander in Verbindung stehenden Hohlräume mit der Atmosphäre in Zusammenhang bringen können.

An diesen Spaltöffnungen kann man stets zwei sogenannte Schliesszellen unterscheiden, welche zwischen zwei, gewöhnlich aber mehreren Oberhautzellen liegen. Diese Schliesszellen wurden bald als der wichtigste Theil des ganzen Schliessapparates erkannt, da man nämlich beobachtete, dass sie bald dicht aneinander grenzen, bald bohnen- oder nierenförmig gekrümmt, eine Oeffnung zwischen sich lassend, erscheinen. Man versuchte den Wechsel der verschiedenen Lagerung dieser Schliesszellen mit gewissen Zuständen des Blattes in Beziehung zu setzen und, es fand sich, dass das Geöffnet- und Geschlossensein in genauem Zusammenhang mit dem Turgor der Blattzellen, mithin auch der Schliesszellen steht. Ist eine geringe Turgescenz vorhanden, so ist der Spaltapparat geschlossen; ist dieselbe bedeutend, so findet sich eine Oeffnung. Unter Turgor versteht man das Gespanntsein der Zellenmembranen infolge des in der Zelle vorhandenen Druckes. Einen ungefähren Begriff von der Turgescenz der Zellen kann man sich machen, wenn ein Stück Kautschuckrohr oder aufgeweichten Darm mit einer Flüssigkeit, beispielsweise Wasser, füllt und den vollständig gefüllten an beiden Enden abschliesst. Ist die Membran straff

gespannt, so ist der Turgor bedeutend, im andern Fall spricht man von einem geringen Turgor. Im ersteren Fall erscheint der cylindrische Körper gekrümmt, im letzteren gerade. Ein Aehnliches findet sich auch bei den verschiedenen Zuständen der Schliesszellen. Doch treten hier noch andere Bedingungen hinzu, auf die besonders Schwendener aufmerksam gemacht hat. Die Membran der Schliesszellen ist nämlich nicht überall gleich stark, sondern nach der Aussenseite und Innenseite des Blattes stark verdickt, wodurch der Krümmung eine bestimmte Richtung gegeben wird. Doch wozu dienen solche complicirten Einrichtungen? — Bekannt genug ist, dass die Pflanzen zu ihrem Leben Wasser gebrauchen und dass dieses Wasser besonders durch die Blätter verdunstet. Diesen Vorgang, die Transpiration, hat natürlich die Pflanzen-Physiologie zu erörtern, hier kann derselbe nur in so weit in Betracht gezogen werden, als er eine Erklärung für den Spaltöffnungsapparat giebt. Welkt eine Pflanze infolge der Trockenheit der Luft oder des Bodens, so sinkt begreiflicher Weise der Turgor der Blattzellen und hiermit auch der der Schliesszellen. Der Spaltöffnungsapparat schliesst sich und die weitere Abgabe von Wasserdampf wird auf ein Minimum beschränkt. Sie kann jetzt nur durch die für Wasserdampf äusserst wenig durchlässige Cuticula der Epidermiszellen erfolgen. Tritt neue Wasserzufuhr ein, so wird sich der Turgor der Blattzellen steigern und hiermit natürlich auch der der Schliesszellen; die letzteren werden sich öffnen und die Transpiration wird in bedeutenderem Maasse vor sich gehen. Die Spaltöffnungen sind also die Regulatoren für die Transpiration der Blätter. Auch die Beleuchtung übt einen interessanten Einfluss auf die Spaltöffnungen ein und zwar so, dass sich dieselben im Lichte öffnen, im Dunklen schliessen. In welcher Anzahl sich die Spaltöffnungen vorfinden, geht aus Zählungen hervor, von denen einige angeführt werden mögen. Auf 1 qmm Blattfläche beträgt die Anzahl der Spaltöffnungen auf der Blattunterseite von *Quercus Rober* 346, v. *Qu. pedunculata* 288—436; für *Prunus domestica* 253, *Pirus Malus* 246 u. s. w. Die Blattoberseite genannter Bäume enthält keine Stomata. Bei Blättern von Wasserpflanzen, welche auf der Oberfläche des Wassers schwimmen, wie beispielsweise bei *Nymphaea alba*, ist das Verhältniss ein umgekehrtes. Die dem Wasser zugekehrte Blattunterseite enthält keine Spaltöffnungen, die Oberseite pro qmm durchschnittlich 460.

Dies wären im grossen Ganzen die Hauptsachen des Aufbaues der Pflanzenblätter, wie sie uns durch das mikroskopische Studium erschlossen werden. Dass ausserdem sich auf der Blattepidermis die verschiedenartigsten Haarbildungen, welche zum Schutze der Pflanzen gegen die mannigfachsten Gefahren dienen, welche den Blättern drohen, vorfinden können, ist sehr begreiflich. Wer sollte nicht die scharfen Härchen an der Brennnessel beobachtet haben, welche bei der Berührung sich in die Haut des Angreifenden bohren und ihm jenen empfindlichen Schmerz verursachen? Dass die Blätter mancher Pflanzen wollig, filzig, seidenartig, sammtartig erscheinen, ist allgemein bekannt und findet seinen Grund in dem Vorhandensein eigenthümlich gebauter Epidermisbildungen.

ZOBODAT - **www.zobodat.at**

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical
Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Helios - Abhandlungen und Monatliche
Mittheilungen aus dem Gesamtgebiete der
Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [8 1891](#)

Autor(en)/Author(s): Müller Tr.

Artikel/Article: [Der mikroskopische Aufbau der Pflanzenblätter
39-51](#)

