©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Das Bewegungsvermögen der Keimpflanze.

Von

Dr. Hans Molisch.

Vortrag, gehalten den 21. November 1888.

(Mit Demonstrationen.)

Mit sieben Abbildungen im Texte.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Man hat sich im Laufe der Zeit vielfach bemüht, einen Unterschied aufzufinden zwischen Pflanze und Thier. Zwischen dem Thierreiche und dem Pflanzenreiche sollte eine natürliche, durch nichts überbrückbare Grenze bestehen. Dem früheren unvollkommenen Stande der Wissenschaft entsprechend — die Naturgeschichte der niedersten Lebewesen war ja am Beginne unseres Jahrhunderts noch nahezu eine terra incognita — wurden stets höhere Thier- mit höheren Pflanzenformen verglichen, mithin war es nicht zu verwundern, wenn man alsbald eine Menge von wesentlichen Unterschieden zu finden glaubte. Das Thier sollte sich gestaltlich von der Pflanze unterscheiden, es sollte sich anders ernähren, es sollte anders athmen, der Pflanze sollte das Vermögen, sich selbständig und willkürlich zu bewegen und zu empfinden, abgehen, zwei Attribute, die man seit jeher dem Thiere unbestritten zuerkannte. Gerade an dem letzteren Unterschiede, an dem Mangel an Bewegung, hielt man noch bis vor wenigen Decennien fest, ja im großen Publicum ist noch heute häufig die Meinung verbreitet, dass die Pflanze der Bewegung entbehre.

Das Ziel, das ich mir in diesem Vortrage gesteckt, besteht nun darin, zu zeigen, dass die eben angedeutete Ansicht unrichtig ist, dass die Pflanze auf eine Reihe äußerer Reize durch Bewegungen in

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

bestimmter Weise antwortet, dass sie mit dem Thiere in verschiedenartigen Bewegungen wetteifert, ja auf gewisse äußere Ursachen manchmal feiner reagiert als das Thier oder der Mensch.

Die Ursache, warum der Mensch sich gewöhnt hat, die Pflanze für etwas durchaus Passives und Ruhendes zu halten, mag in der Langsamkeit ihrer Bewegungen liegen und in der Eigenthümlichkeit des Menschen, langsame Bewegung, wenn sie in Vergleich gestellt wird mit rascher Bewegung, mit Ruhe zu identificieren. Eine Taube, die auf dem Dache sitzt und ihr Gefieder putzt, erscheint in Ruhe im Vergleich zu einer, die im raschen Flügelschlage die Luft sausend durchmisst. Die erstere erscheint aber sofort in Bewegung, wofern sie mit einer schlafenden Taube verglichen wird. Sie bewegt den Kopf, den Schnabel, das Auge, das Gefieder — lauter Bewegungen, die wir bei der schlafenden Taube vermissen. Aber auch diese erscheint nicht mehr in Ruhe neben einer todten Taube. An der lebenden Taube bemerken wir noch die Athembewegungen, das Heben und Senken des Brustkorbes. Die todte Taube zeigt von alldem nichts, aber im Grunde genommen ist auch hier die Ruhe nicht eingekehrt, denn alsbald überfällt ein Heer von Bacterien das Fleisch des Thieres, Fäulnis- und Verwesungsprocesse führen schließlich die ganze organische Substanz in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak über, Vorgänge, die nur durch Bewegung und Umlagerung der kleinsten Theilchen zustande kommen können.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

So erscheinen denn auch die Bewegungen der Pflanze verglichen mit denen des Thieres im allgemeinen auffallend langsam, nichtsdestoweniger sind sie aber doch vorhanden und unschwer zu beobachten. Dass sich das Thier nach und nach jene auffallend raschen, sprunghaften, in vielen Fällen geradezu blitzartigen Bewegungen erworben, die Pflanze aber nicht, hat offenbar in den total verschiedenen Ernährungsverhältnissen seinen Grund.

Das Thier benöthigt zu seiner Ernährung organische Substanz. Die Thiere sind entweder Fleisch- oder Pflanzenfresser oder beides zugleich, immer sind sie aber auf organische Substanz angewiesen. Daher muss denn das Thier oft stundenlang wandern, fliegen oder schwimmen, um sein tägliches Brot zu erhaschen. Ganz anders liegt die Sache bei der Pflanze. Diese findet an Ort und Stelle all das, was sie zum Leben braucht. Sie versteht die Kunst, mit Wenigem zufrieden zu sein, und findet mit Wasser, Luft und ein paar Mineralsalzen vollends ihr Auskommen. Da ihr also ihre Wohnstätte alles zur Ernährung Nöthige darbietet, ist auch das Bedürfnis zu raschen Bewegungen im allgemeinen nicht vorhanden, und wir dürfen uns daher nicht wundern, wenn im Laufe der Entwicklung des Pflanzenreiches das Bewegungsvermögen eben nur bis zu einer gewissen Grenze gedieh.

Um die Bewegungen einer Pflanze rasch und sicher zu veranschaulichen, ist kein Object günstiger als die Keimpflanze. Mit Hilfe einer jungen Bohne, Erbse,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wicke oder Kürbis kann sich jeder auf Grund ganz einfacher Versuche ohne Zuhilfenahme besonderer Apparate von den verschiedenen Bewegungen überzeugen. Ich werde demgemäß auch die meisten Bewegungen an der Hand der Keimpflanze besprechen, und zwar aus zweierlei Gründen: erstens, weil sich gerade an der Keimpflanze die Bewegungen infolge des raschen Wachsthums auffallend deutlich beobachten lassen, und die jungen Organe derselben äußeren Einflüssen gegenüber eine außerordentliche Reizbarkeit bekunden; zweitens, weil sich mit der Keimpflanze besonders leicht experimentieren lässt.

Keimlinge lassen sich Sommer und Winter hindurch leicht beschaffen. Es genügt, die Samen durch 24 Stunden im Brunnenwasser quellen zu lassen, sodann auf nassem Fließpapiere auszulegen und bei gewöhnlicher Zimmertemperatur im Dunkeln zu belassen. Gewöhnlich im Laufe einer Woche, oft schon nach zwei Tagen, treiben die Samen Wurzeln und Stengel, nunmehr sind Keimlinge in beliebiger Zahl vorhanden.

Ein weiterer, dem Beobachter sehr angenehmer Vorzug der Keimpflanze besteht in ihrer großen Widerstandsfähigkeit gegen ungünstige Verhältnisse. Man kann einen Keimling verwunden, schneiden, stechen, mit Nadeln durchbohren, ja sogar einzelne Organe abtrennen, ohne seinen Tod zu verursachen. Keimlinge lassen sich ihrer Kleinheit wegen in Apparaten in den verschiedensten Lagen unterbringen und nehmen, selbst in Menge vorhanden, wenig Raum ein, im Gegensatze

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

zu ausgewachsenen großen Pflanzen, der Empfindlichkeit dieser gegen ungünstige äußere Bedingungen, wie sie durch viele Versuche gegeben sind, gar nicht zu gedenken.

Sowie der Thierphysiologe mit Vorliebe Versuche an Kaninchen, Fröschen, Salamandern und Schwimmkäfern anstellt, weil diese Thiere leicht und fast immer in genügend großer Zahl zu erhalten sind, so experimentiert auch der Pflanzenphysiologe gern mit der Keimpflanze aus den oben erwähnten Gründen. Beide werden sich indes stets hüten müssen, Beobachtungen, die sie an diesen Objecten gemacht, zu verallgemeinern, und sich stets bestreben müssen, nach Thunlichkeit auch andere Objecte zu ihren Versuchen heranzuziehen, um sich vor Irrthümern zu schützen.

Wenn es sich jedoch um die rasche Prüfung oder Veranschaulichung einer physiologischen Thatsache handelt, wird der Thierphysiologe aus gutem Grunde immer wieder zu seinen „Hausthieren", wie man spöttisch seine gewöhnlichen Versuchsthiere genannt hat, und der Botaniker zur Keimpflanze greifen.

Ich beginne nun mit der Besprechung der einzelnen Bewegungen, und zwar in erster Linie mit solchen, welche durch äußere Einflüsse hervorgerufen werden. Ich knüpfe dabei an eine allgemein bekannte Thatsache an. Überall, wo Bäume, beispielsweise Tannen stehen, erheben sich deren Stämme lothrecht aufwärts, deren Wurzeln aber wachsen lothrecht abwärts, die ganze Pflanzenachse steht stets in der Richtung eines Senk-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

bleies, d. h. in der Richtung eines fallenden Steines. Möge die Tanne in Nord- oder Südamerika, in Europa oder in Australien stehen, stets kann dieses Richtungsverhältnis beobachtet werden. An jedem Punkte der Erdoberfläche, überall, wo Bäume wachsen, steht ihre Achse in der Richtung des jeweiligen Erdradius, so zwar, dass der Stamm vom Erdmittelpunkte weg, die Wurzel dem Erdmittelpunkte aber zuwächst.

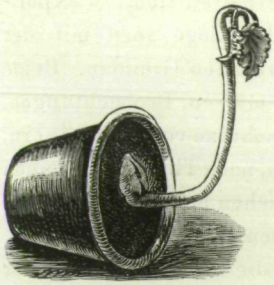

Fig. 1. Keimpflanze der Feuerbohne.
Der Stengel wurde im finsteren Raume wagrecht gestellt und krümmte sich innerhalb 24 Stunden nach aufwärts.

Wir können uns auch an Keimpflanzen leicht davon überzeugen. Denken wir uns, wir würden in einem finsteren, mit feuchter Luft erfüllten Gewächshause Fäden ausspannen, dieselben kreuz und quer ziehen und schließlich daran gequollene Bohnensamen befestigen, doch so, dass die Samen verschieden orientiert sind, der Same einmal mit dem Rücken nach aufwärts, ein andermal nach abwärts, bald nach rechts, bald nach links zu liegen kommt. Einige Tage nach Beginn des Versuches würden wir bereits finden, dass die Stengel und Wurzel der Keimpflanze nicht entsprechend der Lage des Samens orientiert sind, sondern dass alle Stengel vertical nach aufwärts und alle Wurzeln vertical nach abwärts wachsen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wenn wir eine solche Keimpflanze nun horizontal legen würden, so würde sich der Stengel alsbald im scharfen Bogen nach aufwärts (vgl. Fig. 1), die Wurzel unter günstigen Wachsthumsbedingungen oft schon nach einer Stunde nach abwärts bewegen. (Vgl. Fig. 2.) Derlei Versuche können mit Leichtigkeit unter einer Glasglocke, in welcher mittels Kork und Stecknadeln die Keimlinge in bestimmter Weise befestigt werden, ausgeführt werden, wenn durch Absperren der Glocke mit Wasser für feuchte Luft gesorgt wird.

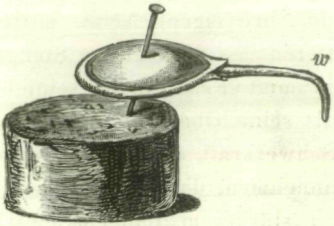

Fig. 2. Junge Kürbiskeimpflanze. Die wagrecht gestellte Wurzel *w* krümmte sich in 5 Stunden nach abwärts.

Es entsteht nun die Frage, was die Ursache der verticalen Richtung der Pflanzenachse ist. Eine bloße Erwägung macht es bereits im hohen Grade wahrscheinlich, dass die Schwerkraft die Wachsthumsrichtung von Stamm und Wurzel bedingt.

Wenn sich die Pflanzenachse stets in die Richtung der Lothrechten zu stellen bestrebt, so muss offenbar irgend ein Einfluss, irgend eine Kraft, die im Sinne der Verticalen wirkt, die Ursache davon sein. Wir kennen aber nur eine Kraft, die in der Richtung der Lothrechten oder des Erdradius wirkt, und das ist die Schwerkraft.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Könnten wir ein Object dem Einflusse der Schwerkraft entziehen, dann ließe sich leicht die Richtigkeit der eben mitgetheilten Vermuthung beweisen. Dieses ist aber unmöglich. In unserem Falle kommt es aber nicht so sehr darauf an, die Pflanze von der Einwirkung der Schwere überhaupt, sondern nur von dem einseitigen Einfluss dieser Kraft unabhängig zu machen, eine Bedingung, welche leicht erfüllt wird, wenn man die Pflanzenachse in horizontaler Richtung um ihre eigene Achse mittels eines Uhrwerkes rotieren lässt. Liegt ein Stengel in Ruhe wagrecht, so krümmt er sich, indem seine Unterseite stärker wächst als seine Oberseite, im Bogen aufwärts. Würde die Schwerkraft die Ursache davon sein, so müssten wir annehmen, dass unter ihrem Einflusse die Unterseite zu stärkerem Längenwachsthum angeregt wird als die Oberseite, und in weiterer Folge, dass ein horizontal liegender rotierender Stengel, bei welchem von einer dauernden Unter- und Oberseite nicht die Rede sein kann, sich nicht aufwärts krümmt, sondern die Richtung beibehält, die man ihm am Beginne des Experimentes gegeben. Dies trifft nun in der That auch zu.

Einen schlagenden Beweis für die Einwirkung der Schwerkraft auf die Bewegungen der Pflanze, speciell auf die lothrechte Richtung ihrer Achse verdanken wir dem berühmten Physiologen und Gärtner Knight. Derselbe befestigte am Umfange eines von Wasser getriebenen Rades Keimlinge und beobachtete zu seiner

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Überraschung, dass sich alle Wurzeln nach außen vom Mittelpunkte des Rades weg, die Stengel aber alle zum Mittelpunkte des Rades wandten. Es verhielten sich also Wurzeln und Stengeln der Fliehkraft ganz analog wie der Schwerkraft gegenüber. So wie die Schwerkraft als Zug auf die Pflanze einwirken muss, so auch die Fliehkraft, und so sehen wir denn, dass die Pflanzenachse, falls sie gleichzeitig diesen beiden Kräften ausgesetzt wird, sich in die Richtung der Resultierenden stellt. Wird aber durch Beschleunigung der Rotation die eine Kraft, die Fliehkraft, im Verhältnis zur Schwerkraft so gesteigert, dass die letztere im Verhältnis sehr klein wird, so wächst Stengel und Wurzel so, als ob die Schwerkraft gar nicht auf sie wirken würde, also ganz im Sinne der Fliehkraft. Gleichwie ein Stein, der, von einem rotierenden Schwungrade fortgeschnellt, dem Einfluss der Schwere scheinbar entrückt, der Fliehkraft folgt, so stellt sich auch die Pflanze, wenn sie einer genügend großen Fliehkraft ausgesetzt wird und hiedurch der Einfluss der Schwere im Verhältnisse auf ein Minimum herabgedrückt wird, in die Richtung der Fliehkraft.

Die Einwirkung der Schwere offenbart sich in deutlicher Weise nur an der Hauptwurzel und den Hauptstamm, die Nebenwurzeln erster und zweiter Ordnung sind gleich den entsprechenden Seitensprossen viel weniger empfindlich, und Verzweigungen noch höherer Ordnung wachsen einfach in der Richtung ihrer Anlage weiter, erweisen sich also gar nicht reizbar gegenüber

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

der Schwerkraft. Wird jedoch durch irgendwelchen Zufall die Spitze der Hauptwurzel oder des Hauptstammes verletzt oder einfach abgeschnitten, so übernimmt alsbald eine der Nebenverzweigungen die Rolle des ursprünglichen Hauptorganes, wird die Wurzelspitze verletzt, so krümmt sich eine Nebenwurzel abwärts, wird die Stengelspitze beschädigt oder entfernt, so beugt sich ein Seitenzweig aufwärts. Dass die Wurzeln in verschiedenem Grade gegen die Schwerkraft empfindlich, oder wie sich die Physiologen ausdrücken, verschieden stark geotropisch sind, ist für die Pflanze von großer Bedeutung. Würde jede Verzweigung sich genau so verhalten wie die Hauptwurzel, dann würden alle Wurzeln gleich den Haaren eines Pinsels in dichter Lagerung in den Boden dringen, wodurch jedenfalls keine genügend große Berührung mit den Bodentheilchen zustande käme. Ganz anders jedoch, wenn das ganze Wurzelsystem wie von einem einzigen Punkte nach allen Richtungen ausstrahlt. In diesem Falle ist für eine genügende Ausnützung des Terrains durch die relativ große Berührungsfläche gesorgt.

Das Abwärtswachsen der Wurzel darf nicht verglichen oder so gedacht werden wie etwa das Abwärtssinken von erweichtem Siegellack oder von Syrup, denn die Bewegung der Wurzel ist keine passive, sondern eine active. Sie dringt auch in Quecksilber ein, obwohl das specifische Gewicht des Quecksilbers viel größer ist als das der Wurzel, sie dringt trotz mannigfaltiger Hindernisse in den Boden und überwindet Ge-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wichte beim Abwärtswachsen, die viel größer sind als ihr eigenes.

Die Ursache der Abwärtskrümmung der Wurzel und der Aufwärtskrümmung der Stengel ist nach all dem Gesagten die Schwerkraft; wieso es aber kommt, dass unter ihrem Einflusse die Wurzel nach abwärts, der Stengel jedoch in entgegengesetzter Richtung, nämlich nach aufwärts wächst, wissen wir gegenwärtig nicht und wird uns noch lange, vielleicht immer verborgen bleiben.

Eine andere Ursache, welche Pflanzenorgane zu Bewegungen veranlasst, ist das Licht. Dies erscheint von vorneherein leicht begreiflich, wenn man bedenkt, welch große Bedeutung das Licht für die Pflanze hat. Ein normales Gedeihen der Pflanze ohne Licht ist ganz unmöglich. Zieht man zwei Keimpflanzen der Bohne unter denselben Bedingungen, mit dem Unterschiede jedoch, dass die eine dem Lichte ausgesetzt ist, die andere der Finsternis, so macht sich alsbald ein auffallender Unterschied geltend: die Lichtpflanze erscheint grün, mit relativ großen Blättern versehen und von gedrungenem Baue, im Gegensatze zur Dunkelpflanze, welche eine weißlichgelbe Farbe, auffallend lange Stengelglieder und sehr kleine Blätter aufweist. Die grüne Pflanze könnte schließlich blühen und fruchten, die Dunkelpflanze würde aber bei dauerndem Lichtmangel binnen wenigen Wochen absterben, weil sie eben nur im Lichte jene Stoffe erzeugen kann, die zum Aufbau ihres Körpers nöthig sind, und im Dunkeln

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

nur so lange lebt und wächst, als noch Reservestoffe in ihren Keimblättern vorhanden sind, die sie bereits von der Mutterpflanze durch den Samen mitbekommen. Da zum normalen Gedeihen die Pflanze des Lichtes in der Regel nothwendig bedarf, so werden ihre Organe auch im Laufe der Zeit die Eignung erhalten haben, auf das Licht in bestimmter Weise durch Bewegungen

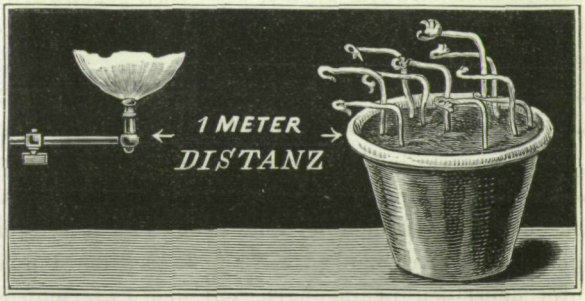

Fig. 3. Junge Wickenkeimlinge,
die zuerst im Finstern cultiviert und dann vor einer Gasflamme, etwa ein Meter von derselben entfernt, aufgestellt wurden. Die Stengel krümmten sich durchwegs beinahe im rechten Winkel zur Flamme hin.

zu reagieren. Die am Fenster gezogenen und einseitig beleuchteten Zimmerpflanzen geben uns darüber schon einigen Aufschluss. Ihre Stengelspitzen wenden sich meist dem Lichte zu, und ihre Blätter breiten sich stets so aus, dass ihre Flächen gewöhlich senkrecht zum Lichteinfall stehen. Infolge dessen bieten Fensterpflanzen in der Regel ein einseitiges Aussehen dar, man kann an ihnen deutlich eine Vorder- und eine Rückseite unterscheiden. Von dem Einflusse des Lichtes auf

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

die Wachsthumsrichtung der Organe kann man sich noch leichter bei Keimpflanzen überzeugen, besonders wenn man dieselben vorher im Dunkeln gezogen hat. Die Empfindlichkeit von Keimpflanzen ist oft ganz erstaunlich und grenzt beinahe ans Unglaubliche. Ein Beispiel hiefür liefert die Wicke oder die Linse. Bringt man junge, vollständig vertical[1]) gezogene Pflanzen dieser Art vor eine kleine Gasflamme, deren Helligkeit so gering ist, dass man groben Druck nicht mehr zu lesen vermag, so wenden sich ihre Stengel schon nach 1 bis 3 Stunden der Flamme zu, und nach einem Tage erscheinen sie wie zum Lichte hingekämmt. Derlei Wicken lassen sich, indem ihre Stengel zeitweise gegen die Flamme verwendet werden, leicht im Zickzack ziehen.

Nach den interessanten Untersuchungen Wiesner's lässt sich die Wicke sogar als Photometer benützen. Stellt man einen Wickenkeimling genau in die Mitte zwischen zwei Gasflammen, deren Helligkeit mit Hilfe eines Bunsen'schen Photometers vollkommen gleich gemacht wurde, so wächst die Wicke nicht, wie man von vorneherein erwarten möchte, gerade in die Höhe, sondern immer einer Flamme zu. Und wenn man nicht eine, sondern 10 oder 100 Wicken mitten

---

[1]) Dies gelingt bei Wicke, Linse und Erbse nur im dunstgesättigsten finsteren Raume. In trockener Zimmerluft und bei Ausschluss von Licht wachsen die Stengel, und so verhalten sich nach meinen Beobachtungen auch die etiolierten Triebe der Kartoffel, mehr oder weniger horizontal, wobei sie sich ansehnlich verdicken.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

zwischen die beiden Flammen brächte, so würden sie sich alle ein und derselben Flamme zukrümmen. Die Ursache liegt in der ungleichen Helligkeit der Flammen.

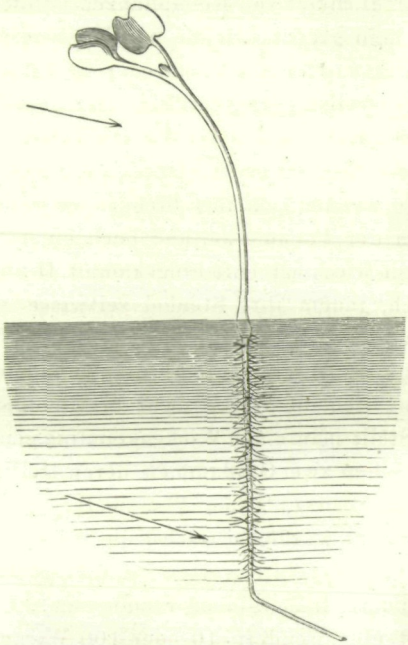

Fig. 4. Senfkeimling.

Der Stengel krümmt sich zum Lichte, die im Wasser befindliche Wurzel vom Lichte weg. (Nach Sachs.) Die Pfeile geben die Richtung des einfallenden Lichtes an.

Unser Auge ist, selbst mit dem Photometer bewaffnet, nicht imstande, jene kleinen Helligkeitsunterschiede der Flammen zu entdecken; was aber in diesem Falle die

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

menschliche Netzhaut nicht empfindet, empfindet — merkwürdig genug — die Wicke. Gewiss ein wunderbares und höchst überraschendes Beispiel für das feine Empfindungsvermögen der Pflanze gegenüber dem Lichte! Während die Stengel gewöhnlich das Bestreben haben, dem Lichte zuzusteuern, verhalten sich die Wurzeln zumeist entgegengesetzt, eine Thatsache, von welcher man sich leicht bei Keimpflanzen des Kohls, weißen Senfs (Fig. 4) oder der *Hartwegia comosa* überzeugen kann, wenn man deren Wurzeln im Wasser zieht und von einer Seite beleuchtet. Hiedurch gelangen die Bodenwurzeln rascher in ihr Substrat, die Luftwurzeln, bei welchen ganz besonders die Lichtscheue ausgeprägt ist, bald in feuchte, ihnen zusagende schattige Orte. Hand in Hand mit dieser Bewegung geht eine andere, welche zu den charakteristischen Eigenschaften der Wurzel gehört, etwa so wie ihr Bestreben, nach abwärts zu wachsen. Schon dem bekannten Physiologen Bonnet war es um die Mitte des vorigen Jahrhunderts bekannt, dass sich Wurzeln einem feuchten Schwamme zuwenden, und der französische Botaniker Lefebure beobachtete, dass Keimlingswurzeln, die aus einem in einer mit ihrer Öffnung nach unten blickenden Nussschale liegenden feuchten Schwamme hervordrangen, wieder umbogen und sich in den feuchten Körper einbohrten.

Stets wird eine vertical hängende Wurzel, wofern sie von einer Seite trockene, von der anderen feuchte Luft erhält, von ihrer normalen Wachsthumsrichtung abgelenkt und in die feuchte Luft hineinwachsen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Um diese durch eine Feuchtigkeitsdifferenz verursachte Bewegung (Hydrotropismus) leicht und sicher zu veranschaulichen, bediene ich mich des in der Fig. 5 abgebildeten Apparates. Derselbe besteht aus einem 13—19 *cm* langen und 14 *cm* breiten soliden Thontrichter (Fig. 5), dessen von zahlreichen zur Seite blickenden Löchern durchbohrter Rand *tr* sich etwa 1 *cm* senkrecht aufwärts erhebt. Der letztere bildet demnach eine Art Ringwall, welcher einerseits den Wurzeln *w* durch die Löcher den Durchtritt gestattet, andererseits aber das Herabgleiten der die Samen bedeckenden Sägespähne *s* verhindert. Vor dem Versuche wird der Trichter eine halbe Stunde unter Wasser getaucht, damit der poröse Thon sich mit Wasser vollständig vollsauge. Hierauf wird der Trichter mit seinem Stiele in ein mit Wasser vollständig gefülltes Hyazinthenglas *H* gestellt, wodurch er sich selbst tagelang gleichmäßig feucht erhält, eine Bedingung, die noch vollständiger erfüllt wird, wenn man die sich abdachende Fläche des Trichters sammt einem Theile des Stiels mit einem Filterpapiermantel *p* umgibt. Nach diesen Vorbereitungen werden die jungen Keimlinge mit ihren 1—3 *cm* langen Würzelchen so auf die obere ebene Fläche des Trichters gelegt, dass die Wurzelspitzen aus den Löchern eben nur hervorlugen. Sodann werden die Keimlinge (z. B. Mais) mit nassem Sägemehle bedeckt und der im Wasser stehende Trichter in einem finstern, ziemlich großen und mäßig trockenen Kasten aufgestellt. Die Würzelchen dringen aus den Löchern alsbald hervor, krümmen sich

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

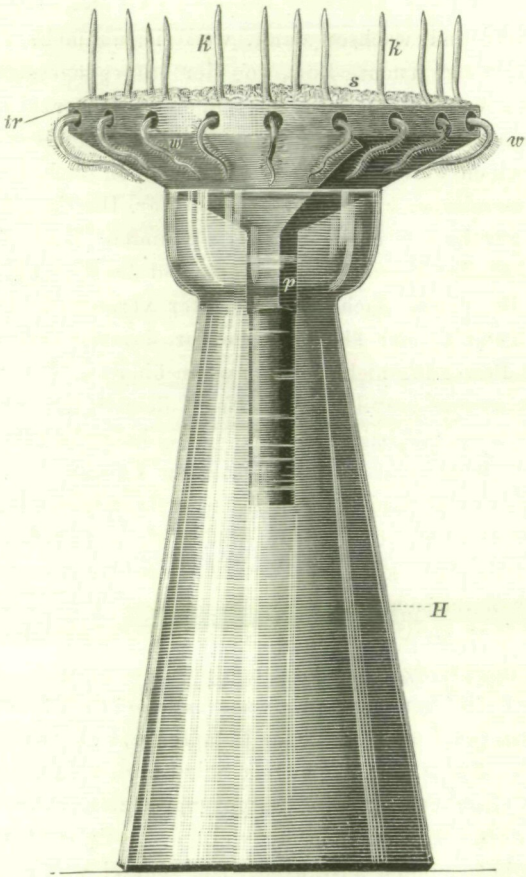

Fig. 5. Apparat zur Demonstration des Hydrotropismus.
Die Figur stellt in verkleinertem Maßstabe einen mit Maiskeimlingen versehenen, soliden Thontrichter dar, der mit seinem Stiele in ein mit Wasser gefülltes Hyazinthenglas *H* eingetaucht ist. Vgl. den Text auf p. 68 und 70.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

abwärts und wachsen dann, weil sie nunmehr vom Trichter her feuchte Luft, von der entgegengesetzten Seite aber trockene Luft erhalten, dem Trichter zu und bewegen sich, dem Filterpapier dicht angeschmiegt, an demselben weiter. Die Fig. 5 stellt einen solchen mit Maiskeimlingen *k* besetzten Trichter dar. Die Versuchsdauer währte in diesem Falle 48 Stunden. Dass thatsächlich der Feuchtigkeitsunterschied die Wurzeln zu der Bewegung nach dem Trichter veranlasst, geht schlagend aus der Thatsache hervor, dass die Wurzeln diese Bewegung nicht zeigen, wenn über den Trichter ein Glassturz gestülpt wird. Unter dem Sturze bildet sich nämlich alsbald eine mit Wasserdampf gesättigte Atmosphäre, und da unter solchen Umständen von einem Feuchtigkeitsunterschiede der Luft in der Nähe der Wurzel nicht die Rede sein kann, so unterbleibt auch die Ablenkung der Wurzeln von der normalen Wachsthumsrichtung.

So wie Wasserdampf, veranlassen auch andere Gase die Wurzeln zu bestimmten Bewegungen. Ich habe mich überzeugt, dass wachsende Wurzeln, sobald sie von gewissen Gasen oder Dämpfen, z. B. Sauerstoff, Kohlensäure, Chlor, Ammoniak, Salzsäure, Äther, Chloroform, Kampfer, an zwei entgegengesetzten Seiten in ungleichen Mengen umspült werden, bestimmte Richtungsbewegungen ausführen. Die Wurzel wächst der sauerstoffreichen Luft zu und flieht die ihr schädlichen Gase und Dämpfe: Kohlensäure, Chlor, Äther, Chloroform u. s. w. (Fig. 6.) Auch hier reagiert die Wurzel oft

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

schon auf erstaunlich geringe Mengen eines Gases oder Dampfes. In tausend Theilen Wasser löst sich ein Theil Kampfer auf. Nimmt man von dieser 0·1 % Lösung nur einen Tropfen und mischt ihn mit etwa 30 *ccm* Wasser, welches sich in einem horizontal liegenden flaschenartigen Gefäß befindet, dessen Öffnung mit einer von einem vertical stehenden Spalt durchbrochenen Vulcanitplatte verschlossen ist, so wird eine parallel zur Spalte aufgehängte Keimlingswurzel energisch die aus der Flasches strömende Kampferatmosphäre fliehen. Obwohl nur unwägbar kleine Mengen von Kampfer auf die Wurzel eindringen, so kleine Mengen, dass sie unser Geruchsorgan kaum oder gar nicht beeinflussen, so ergreift doch die Wurzel davor die Flucht.

Fig. 6. Junger Keimling von Mais.
Die Wurzel war längere Zeit (12 Stunden) einseitig von kohlensäurereicher Luft umspült und krümmte sich von der Kohlensäure weg.

Hiermit sind jedoch die äußeren Einflüsse, auf welche die Wurzel reagiert, noch keineswegs erschöpft. Charles Darwin hat in seinem an Beobachtungen so reichen Werke: „Das Bewegungsvermögen der Pflanze“ gezeigt, dass Keimlingswurzeln, deren äußerste Spitzen irgendwie, sei es mit dem Rasiermesser oder mit irgend einem Ätzmittel, z. B. Höllenstein, einseitig verletzt werden, von der Wundstelle wegwachsen, wobei sich die Krümmung in einer wenige Millimeter oberhalb der Verletzung liegenden Region vollzieht. (Fig. 7.) Nach

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Darwin soll die Verwundung auf die Wurzelspitze wie auf das Gehirn eines niederen Thieres wirken, und wie das Gehirn den Reiz auf entfernte Stellen zu übertragen imstande ist, so sollte auch das Wurzelende den aufgenommenen Reiz auf die angrenzende, nämlich die wachsende Region fortleiten und hier eine Krümmung veranlassen. Auch sollte schon eine bloße Berührung der Spitze mit irgend einem festen Körper dieselbe Erscheinung hervorrufen, eine Erscheinung, die man auf den Vorschlag Wiesners hin als „Darwin'sche Krümmung" bezeichnet. Der eben genannte Autor hat diese Wurzelbewegung zum Gegenstande eingehender Studien gemacht und unter anderm gezeigt, dass die letztere Behauptung Darwins, wonach schon bloße Berührung zur Veranlassung der Darwin'schen Krümmung führe, unrichtig ist. Die Empfindlichkeit der Wurzelspitze gegen mechanische und chemische Eingriffe hat sich indes als richtig herausgestellt.

Fig. 7. Erbsenkeimling mit Stecknadel. Wurzelspitze einseitig mit einem alkoholischen Schellacktröpfchen *s* versehen. Die Wurzel krümmte sich innerhalb 12 Stunden von dem Tröpfchen weg.

Wir sehen von anderen Wurzelbewegungen, so von denen, die durch strömendes Wasser oder durch galvanische Ströme verursacht werden, ab und gehen nun zu jenen Bewegungen über, die nicht durch äußere Einflüsse bedingt werden, sondern in der Natur der Pflanze begründet sind.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die meisten dicotylen Keimlinge kommen nicht mit gerader, sondern mit gekrümmter Spitze aus dem Boden empor. Das Ende eines ganz jungen Bohnen-, Erbsen-, Sonnenblumen- oder Kürbiskeimlings durchbricht stets hakenförmig gekrümmt die Erde. Würde der Keimling unter irgend welchen Bedingungen gezogen: im Lichte oder im Dunkeln, der einseitigen Wirkung der Schwerkraft entzogen oder nicht, so würde er stets diese Krümmung zeigen, und zwar aus inneren Ursachen.

Eine Reihe von Pflanzen besitzt die merkwürdige Eigenthümlichkeit, Stützen, z. B. Stäbe oder dicke Schnüre, in Schraubenlinien zu umfassen. Wir sagen, die Pflanze windet. Sie windet entweder nach links oder nach rechts, je nachdem sich die Spitze des Stengels im entgegengesetzten oder in demselben Sinne wie der Uhrzeiger bewegt.

Die Art und Weise des Schlingens oder Windens ist gesetzmäßig: die meisten Schlinggewächse winden nach links (Bohne), wenige nach rechts (Hopfen), sehr wenige sowohl nach rechts als nach links *(Solanum dulcamara)*. Die windende Bewegung lässt sich bereits, wenn auch nicht mit so großer Deutlichkeit wie bei älteren Pflanzen, bei den Keimpflanzen beobachten. Warum die Spitze eines windenden Stengels sich im Kreise bewegt und somit in den aufeinanderfolgenden Zeittheilchen successive nach allen Richtungen der Windrose blickt, wissen wir nicht. Äußere Ursachen sind hiebei gewiss nicht maßgebend. Charles Darwin

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

vermuthete, dass das Winden bei den Schlingpflanzen nicht unvermittelt aufgetreten sei, sondern sich nach und nach aus kleinen Anfängen bis zu jener Vollkommenheit entwickelt habe. Einen Beweis dieser seiner Anschauung glaubte er in seiner Entdeckung gefunden zu haben, dass die Spitzen aller wachsenden Pflanzenorgane, also der Wurzeln, Stengeln und Blätter, wie eine genaue Beobachtung lehrt, in beständig langsamer Bewegung begriffen sind, in einer Bewegung, die derjenigen der Windepflanzen ähnlich ist. Aus diesen und anderen Gründen betrachtete Darwin die windende Bewegung der Organe, von ihm kurzweg Circumnutation genannt, nicht als eine specielle Eigenthümlichkeit der Schlingpflanzen, sondern als eine im ganzen Pflanzenreich verbreitete und jedem Organe zukommende Bewegung. Sie ist nach Darwin die Urbewegung, auf welche sich alle anderen Bewegungen, wie sie durch Licht, Schwerkraft, Feuchtigkeit u. s. w. hervorgerufen werden, zurückführen lassen. Wenn auch diese Auffassung einer auf Experimenten fußenden Kritik von Seite Wiesners nicht standhalten konnte, so bleibt doch die bisher unbestrittene, von Darwin entdeckte Thatsache, dass alle wachsenden Pflanzenorgane in beständiger, zwar nicht rotierender (Wiesner), wohl aber unregelmäßiger Bewegung begriffen sind, bestehen und illustriert die Beweglichkeit der Pflanze in auffälliger Weise.

So sehen wir denn, wie eine Reihe von äußeren und inneren Ursachen auf die Pflanze wirken und ihre Bewegungen beherrschen. Schwerkraft, Licht, feuchte

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Luft, Verwundung und Schädigung wirken theils einzeln für sich, theils zusammen auf die Pflanzen und veranlassen sie oft in überraschend kurzer Zeit zu bestimmten Krümmungen, die für die Pflanze von Vortheil sind.

Wollte ich das Gesagte noch weiter begründen, so könnte ich, die Grenzen meines Vortrages verlassend, hinweisen auf die merkwürdigen Blattbewegungen der *Mimosa pudica*, die bei Berührung oder Erschütterung blitzartig rasch ihre Blättchen faltet und ihre Blattstiele senkt, ich könnte hinweisen auf die eigenthümlichen Krümmungen der *Drosera*-Tentakeln oder das Zusammenklappen der Blätter bei der *Dionaea muscipula* (Venus-Fliegenfalle), welche einer trügerischen Falle gleich das anfliegende oder aufkriechende Insect, sobald dasselbe die Blattoberseite berührt, plötzlich umklammern, zu Tode quetschen und endlich verdauen, ich könnte weiter sprechen von den Bewegungen zahlreicher Algen, namentlich ihrer Sporen, die gleich Infusorien sich im Wasser herumtummeln, und endlich von den vielgenannten Bacterien, die trotz ihrer Kleinheit und obwohl auf niederster Organisationsstufe stehend, sehr häufig eine auffallende Schnelligkeit in ihrer Bewegung und gegen verschiedene Stoffe und äußere Einflüsse eine überraschende Reizbarkeit bekunden.

Sowie das Thier willkürlicher Bewegungen fähig ist, so auch die Pflanze. Vielleicht ist jedoch in der Art und Weise, wie diese Bewegungen hier und dort ausgeführt werden, ein Unterschied? Im wesentlichen nicht,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

denn bei den niedersten Pflanzen und den niedersten Thieren vollzieht das Protoplasma die Bewegung mit Hilfe seiner Contractilität. Die höhere Pflanze bedient sich allerdings zur Bewegung anderer Mittel als das Thier. Während bei diesem ein specielles Gewebe vorzugsweise der Bewegung dient, nämlich das Muskelgewebe, bedingen bei der Pflanze ungleichseitiges Wachsthum oder momentan, beziehungsweise langsam erfolgende Wasserverschiebungen das Zustandekommen von Bewegungen.

Das Ursächliche jeder Bewegung bleibt immer die lebendige Substanz der Zelle, gleichgiltig ob wir Pflanze oder Thier vor uns haben. Wenn wir bedenken, dass der wesentliche Bestandtheil jeder lebendigen Zelle das Protoplasma ist, und dass dieses überall, möge es nun einer Pflanze oder einem Thiere angehören, die charakteristischen Eigenschaften des Lebens offenbart, so dürfen wir uns gar nicht wundern, wenn auch die Pflanze mit einem Bewegungsvermögen ausgestattet ist. Man hat lange Zeit an dasselbe nicht glauben wollen, denn es bedarf, in Anbetracht der Langsamkeit, mit welcher sich die Bewegungen der Pflanzen zumeist vollziehen, schon genauerer und schärferer Beobachtung, um dieselben wahrzunehmen. Jemand, der zum erstenmale eine mit Secunden- und Minutenzeiger versehene Taschenuhr beobachtet, wird bei oberflächlicher Betrachtung nur das Vorrücken des Secundenzeigers bemerken, den Minutenzeiger aber für ruhend halten. Erst bei genauerer Beobachtung wird er auch die Bewegung dieses Zeigers wahrnehmen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ganz ähnlich verhält sich die Sache mit der raschen Bewegung des Thieres und der relativ langsamen der Pflanze. Würden sich die Bewegungen der Pflanzenorgane tausendmal rascher abspielen, so würde ein Wald oder eine blumige Wiese auf uns einen frappierenden Eindruck machen, und die ganze Vegetation würde auf uns in ähnlicher Weise wirken wie ein Bestand der *Mimosa pudica*, deren Blätter sich ja fast ebenso rasch bewegen wie etwa die Thiere, welche in einem solchen Bestand wohnen.

Heute erscheint es uns in Rücksicht auf eine große Reihe von Thatsachen, Versuchen, Beobachtungen und Erwägungen fast selbstverständlich, dass zwischen Pflanze und Thier bezüglich der Bewegungsfähigkeit und auch sonst kein wesentlicher Unterschied besteht, es muss aber im hohen Grade unsere Bewunderung erregen, wenn bereits vor mehr als zweitausend Jahren der größte Naturforscher des Alterthums, Aristoteles, den Satz niederschrieb: „Die Natur geht allmählich vom Unbeseelten zum Beseelten über, durch solche Geschöpfe, die zwar leben, aber keine Thiere sind.“ „Es steigert sich das Princip des Lebens in unmerklichen Stufen von der Pflanze bis zur Thierseele hinauf, so dass man in dem Verfolge jener Reihen das Nächstverwandte und das in der Mitte Liegende kaum zu scheiden vermag.“

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: 29

Autor(en)/Author(s): Molisch Hans

Artikel/Article: Das Bewegungsvermögen der Keimpflanze. 51-77