

sind in den Figuren 2—4 wiedergegeben. Die nach hinten gerichtete Cilie ändert, während sich der Schwärmer unter amöboiden Formveränderungen allmählich mit dem Ei vereinigt, einige Male ihre Lage, nähert sich schliesslich dem Hinterende des Schwärmers und verschmilzt mit demselben. Schliesslich rundet sich die Zygote (Fig. 5) ab, und man unterscheidet in ihr deutlich zwei getrennte Chromatophoren mit je einem Augpunkt. Anfangs sind die beiden Schwärmerpartien noch durch eine zarte oberflächliche Furche von einander geschieden, nach kurzer Zeit verschwindet aber auch diese, und die Copulation hat damit ihren Abschluss erreicht (Fig. 6, nach einer anderen Zygote gezeichnet). Bei Fig. 7 sind zwei neben einander zur Ruhe gekommene indifferente Schwärmer abgebildet, bei denen es zu keiner Copulation gekommen ist.

Nähere Mittheilungen gedenke ich in den „Beiträgen zur Kenntniss der Meeresalgen“¹⁾ zu geben.

7. Hermann Vöchting: Ueber den Einfluss niedriger Temperatur auf die Sprossrichtung.

Mit einem Holzschnitt.

Eingegangen am 20. März 1898.

Wie vom Verfasser dieser Zeilen vor längerer Zeit nachgewiesen, werden die Blütenstiele der *Anemone stellata* durch Temperaturänderungen innerhalb gewisser Grenzen zu eigenthümlichen Bewegungen veranlasst²⁾. Es wurde gezeigt, dass höhere Temperatur die Streckung gekrümmter Stiele und deren Wachsthum in aufrechter Stellung herbeiführt, niedrige Wärmegrade dagegen die Krümmung der geraden Stiele verursachen. Zunächst schien es, als fänden sich derartige Bewegungen nur bei Blütenstielen. Eine nähere Beobachtung einheimischer und cultivirter krautiger Gewächse führte jedoch bald zu der Ueberzeugung, dass sie auch an vegetativen Sprossen vorkommen und keine seltene, sondern wahrscheinlich eine ziemlich verbreitete Erscheinung darstellen. Der näheren Erörterung dieses Gegenstandes ist die vorliegende Mittheilung gewidmet. Wir wollen zeigen, dass die Laubsprosse gewisser

1) Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. Bd. 3.

2) H. VÖCHTING, Ueber den Einfluss der Wärme auf die Blütenbewegungen der *Anemone stellata*. Jahrb. für wissensch. Botanik, Bd. XXI, Berlin 1889, S. 285 ff.

krautiger Gewächse bei hoher Temperatur aufwärts, bei niedriger in horizontaler Richtung wachsen, dass sie in gewissem Sinne, je nach der Temperatur, der sie ausgesetzt werden, bald ortho-, bald plagiotrop sind. Die Untersuchung wurde mit einer Pflanze ausgeführt, welche sich auch zu anderen Versuchen als besonders geeignet erwiesen hatte, mit

Mimulus Tilingii Rgl. Das Wachsthum und die Bewegungen der Sprosse dieser Pflanze sind theilweise von ungewöhnlicher Natur, zusammengesetzt die Bedingungen, von denen sie abhängen. Unvermeidlich ist daher, diese Bewegungen zu besprechen, bevor die zur Entscheidung unserer besonderen Frage angestellten Versuche vorgeführt werden können. Ein Theil der Erscheinungen ist schon in einem früheren Aufsatz¹⁾ beschrieben worden. Indem wir darauf verweisen, dürfen wir uns hier hinsichtlich der dort schon erwähnten Thatsachen kurz fassen.

Als vegetative Glieder bildet die Pflanze auf dem Boden hinkriechende, mit Laubblättern besetzte Sprosse. An Objecten, die in Töpfen oder Schalen gezogen werden, wachsen die Triebe, nachdem sie den Rand des Gefässes erreicht, über diesen hinaus und behalten dabei ihre horizontale Richtung bei, oder wenden sich, was häufiger geschieht, abwärts. Im Herbst, bevor das Wachsthum zum Abschlusse gelangt, werden ihre Internodien kürzer, krümmen sich mehr oder weniger nach oben und bilden mit ihren dicht gestellten Blättern Rosetten, die den Winter, wenn er nicht zu streng ist, überdauern.

Aus diesen Rosetten entwickeln sich nun im Frühjahr die aufrechten, später Blüthen tragenden Achsen. Der Uebergang vom horizontalen zum aufrechten Spross vollzieht sich, wenn die Pflanze im Freien an einem sonnigem Orte wächst, nicht direct und fast unvermittelt, wie bei manchen Arten mit ähnlicher Sprossfolge, z. B. *Stachys silvatica* u. a., sondern allmählich und in eigenthümlicher Weise. Die Sprosse bilden nämlich, während sie sich verlängern, mit dem Erdradius anfangs grosse, dann immer kleiner werdende Winkel. Dabei ist charakteristisch, dass sie, von der Krümmungsstelle an der Rosette abgesehen, fast ihrer ganzen Länge nach gerade sind, dass nur der Scheitel häufig einen schwach nach unten offenen Bogen bildet. Solche Sprosse, die in ihrem geraden Theile eine Länge von 10 und selbst noch mehr Centimetern besitzen, und dabei mit dem Erdradius die verschiedensten Winkel bilden, gewähren einen auffallenden Anblick. Man erhält den Eindruck, als ob sie sich erheben möchten, aber von einem unsichtbaren, auf ihnen lastenden Druck daran verhindert würden.

Die beschriebenen Lagenverhältnisse treten aber nur dann ein,

1) H. VÖCHTING, Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Gestaltung und Anlage der Blüthen. Jahrb. für wiss. Botanik, Bd. XXV, Berlin 1893, S. 191ff.

wenn die Pflanzen allseitig der vollen Tagesbeleuchtung ausgesetzt sind. Stellt man in Töpfe gepflanzte Objecte im Zimmer auf, so richten sich die Hauptachsen auch in unmittelbarer Nähe eines Fensters auf der Sonnenseite bald empor und zeigen dabei, wenn auch nur schwachen, so doch deutlich sichtbaren positiven Heliotropismus.

Verfolgen wir nun unsere Objecte im Freien weiter. Sobald die wärmere Jahreszeit naht, erheben sich die Sprosse rascher als anfangs in der noch kühleren Periode. Diese Erhebung geschieht vorwiegend in der Nacht; sie wird aber am Tage bei intensiver Beleuchtung, wenn auch nicht völlig, so doch theilweise wieder ausgeglichen. Im weiteren Verlaufe der Entwicklung gelangt zuerst der basale, weiterhin der mittlere Theil der sich verlängernden Hauptachse dauernd in aufrechte Stellung, während der obere noch geneigt bleibt. — Inzwischen hat der Scheitel begonnen, Blütenknospen zu bilden; die noch kurze Achse des Blütenstandes wird mit ihren Producten von den oberen Laubblättern eingehüllt. Herrscht um diese Zeit warmes Wetter und täglich starke Beleuchtung, so sind die nun stattfindenden Bewegungen höchst auffallend. Gegen Abend bildet der obere Theil der Achse einen weiten, nach unten offenen Bogen, so dass der Blütenstand ganz oder beinahe senkrecht nach unten gerichtet ist. Um etwa 8 bis 9 Uhr ist diese Krümmung vollständig ausgebildet. Wie lange sie erhalten bleibt, wurde nicht genau festgestellt; wiederholt fanden wir sie um Mitternacht noch so gut wie unverändert. Wahrscheinlich aber beginnt um diese Zeit die Achse sich wieder gerade zu strecken, eine Bewegung, die die ganze Nacht hindurch dauert und so weit gehen kann, dass am Morgen die Krümmung vollständig ausgeglichen und der Blütenstand nach oben gerichtet ist. Im Laufe des Tages beugt sich der Spross wieder wie am vorhergehenden, und in der folgenden Nacht gleicht sich die Krümmung wieder aus. Dieses Spiel der Bewegungen setzt sich an den jungen Theilen der rasch wachsenden Achsen fort, während die älteren allmählich die Nachts erworbene aufrechte Stellung dauernd beibehalten. Dann beginnt die Blütenentfaltung, ein Process, der von der Basis nach dem Scheitel hin fortschreitet, indess die tägliche Bewegung der Achse nach und nach aufhört.

Dieselben Vorgänge, die wir an der Hauptachse beobachteten, finden sich wieder an den Seitengliedern, wenn diese Blütenstände bilden, und zwar sowohl an den kleineren, als an den grösseren.

Will man die eben beschriebenen Bewegungen in weiter vorgeschrittener Jahreszeit, etwa zu Ende Juni oder Anfang Juli beobachten, so gelangt man am besten zum Ziele, wenn man eine Hauptachse unter dem Blütenstande durchschneidet. In der Regel entwickeln sich um diese Zeit noch die höchsten Seitensprosse zu Blütenständen, die nun anfänglich die an der Hauptachse beobachteten Bewegungen ausführen.

Versuchen wir nunmehr, die Ursachen der verschiedenen Bewegungen festzustellen.

Was zunächst die Richtung der kriechenden Laubspresse anlangt, so beruht sie theilweise, aber nur theilweise, auf dem Einflusse des Lichtes. Bedeckt man im Monat April oder Anfangs Mai im Kalt-hause aufgestellte Schalen mit solchen Sprossen an warmen Tagen mit schwarzen Recipienten, so erheben sich die Triebe rasch und erreichen aufrechte Stellung. Setzt man sie nun mit der nöthigen Vorsicht wieder der täglichen Beleuchtung aus, so kehren sie in die horizontale Lage zurück. So wurde, um nur einen Versuch anzuführen, am 2. Mai eine grosse Schale mit zahlreichen horizontalen Sprossen dem Lichteinfluss entzogen. Die Temperatur des Raumes, in dem dies geschah, sank Nachts nicht unter 10° C., war aber am Tage beträchtlich höher. Am 5. Mai hatte sich der grössere Theil der Sprosse so weit erhoben, dass sie fast senkrechte Richtung einnahmen. Sämmtliche wachsenden Theile liessen die Anfänge des Vergeilens erkennen. Nun wurde die Schale wieder der Wirkung des Lichtes ausgesetzt, zunächst des diffusen, später des intensiven. Schon am 6. Mai bewegte sich der eine Spross wenig, jedoch deutlich wahrnehmbar abwärts, und am 8. Mai hatten fast alle Triebe ihre ursprüngliche Wachstumsrichtung wieder erlangt.

Die Frage, wie man diese Sprosse nennen soll, ob negativ oder diabeliotropisch, mag unentschieden bleiben. Wachsen die Sprosse an Topfexemplaren über den Rand des Gefässes hinaus, so halten sie sich entweder in horizontaler Richtung oder wenden sich allmählich abwärts. Stellt man Töpfe in einem Zimmer dicht am Fenster auf, beleuchtet sie also schwächer und einseitig, so krümmen sich einzelne der über den Rand hinausragenden Triebe mit den Scheiteln nach der Zimmerseite, doch ist der Grad, in dem dies geschieht, sehr wechselnd, und manche zeigen auch nicht eine Andeutung solcher Krümmung.

Soviel einstweilen über die Bewegung der horizontalen Sprosse im Frühjahr.

Wir wenden uns nunmehr zu den Beugungen und Streckungen der die Blütenstände bildenden aufrechten Hauptachsen. Dass auch für sie das Licht von hoher Bedeutung ist, lässt sich leicht zeigen. Bedeckt man eine Pflanze, deren Achse gekrümmt ist, mit einem schwarzen Recipienten, so streckt sich der Spross, bis er annähernd senkrechte Stellung besitzt und verharret darin. Ob dann, wenn die Verdunkelung zwei bis drei Tage dauert, Nachwirkungsbewegungen ausgeführt werden, wurde nicht untersucht. Sicher ist jedoch, dass diese, wenn vorhanden, jedenfalls ungleich geringer sind als die normalen.

Setzt man eine Pflanze, deren Achsen unter längerer Verdunkelung aufrechte Stellung angenommen haben, wieder der Beleuchtung aus, so stellt sich nach und nach der normale Gang der Bewegungen wieder ein. Ein Beispiel möge dies erläutern.

Am 5. Juni wurde ein Object, dessen sehr kräftige Hauptachse — es war nur eine solche vorhanden — während dreitägiger Verdunkelung völlig gerade geworden war, wieder unter den Einfluss des Lichtes gebracht. Da an der Pflanze der Anfang des Vergeilens sichtbar war, so liess man während des ganzen ersten Tages nur diffuse Beleuchtung einwirken. Unter dieser bewahrte die Achse ihre gerade Richtung. — Am 6. Juni erhielt das Object seinen Platz im Freien, wo das directe und intensive Sonnenlicht einwirkte. Auch an diesem Tage behielt die Achse ihre Lage fast unverändert bei, nur eine geringe Krümmung war am Abend festzustellen. — Am 7. Juni wurde die Bewegung bedeutender, doch erreichte der obere Theil der Achse noch nicht ganz horizontale Stellung. — Am 8. Juni krümmte sie sich bis zu etwa 30° unter die Horizontale hinab und bewegte sich von da an in normaler Weise.

Zur Ergänzung des Angeführten sei noch folgender Versuche gedacht.

Stellt man Pflanzen mit Hauptachsen, die sich normal bewegen, am Fenster eines nach Osten gerichteten Zimmers auf, so wenden sich die Blütenstände rasch der Lichtseite zu; die Bewegungen der Achsen finden anfänglich noch statt, werden aber bald schwächer und hören dann gänzlich auf. Die hier herrschende Beleuchtung genügt also nicht, um das Spiel der Bewegungen zu unterhalten.

Setzt man die Objecte dagegen einer intensiven, aber ebenfalls einseitigen Beleuchtung aus, stellt man sie an einer nach Süden oder Westen gerichteten Wand auf, so wenden sich die Triebe ebenfalls der Lichtseite zu, führen aber nach dieser hin ihre normalen wechselnden Bewegungen aus. Sie verhalten sich also anders, wie negativ heliotropische Gebilde, etwa Ranken, die sich nach der Schattenseite krümmen, ein Punkt, der wohl zu beachten ist.

Die Wirkung des Lichtes auf die Bewegungen der Hauptachsen unserer Pflanze äussert sich also in ähnlicher Weise wie an anderen Organen mit periodischen Bewegungen, Verhältnisse, die zuletzt PFEFFER eingehend dargelegt hat.

Wodurch wird nun aber die Streckung der Achse im Finstern hervorgerufen? Wirkt die Dunkelheit direct auf die Steigerung des Wachstums der concaven Seite, oder sind bei diesen Vorgängen noch andere Kräfte betheiligt? Die Beantwortung dieser Frage, die mit Hülfe des Klinostats wenigstens theilweise zu entscheiden gewesen wäre, wurde bisher nicht versucht. Doch glaube ich auf Grund einiger Beobachtungen annehmen zu dürfen, dass die fragliche Streckung theilweise auf dem Einflusse der Schwerkraft, theilweise und vielleicht hauptsächlich auf dem der Rectipetalität¹⁾ beruht.

1) Die Bezeichnung Rectipetalität bzw. rectipetal gebrauche ich hier und werde sie auch in der Folge gebrauchen. Sie, wie es von PFEFFER und nach ihm

Nachdem wir die Bewegungen der Sprosse betrachtet und einen Theil der Ursachen festgestellt haben, die diese Bewegungen hervorrufen, gelangen wir zum eigentlichen Gegenstande unserer Arbeit. Zu den bisher aufgezählten äusseren Kräften gesellt sich noch eine weitere, die Wärme, welche in sehr eigenthümlicher Art auf die Bewegungsrichtung der Sprosse einwirkt. Ihr Einfluss äussert sich darin, dass im Frühjahr vor und bei Beginn der Blüthezeit die Laubsprosse bei hoher Temperatur senkrecht aufwärts, bei niedriger dagegen in horizontaler oder abwärts geneigter Richtung wachsen. Dies soll im Folgenden näher dargethan werden.

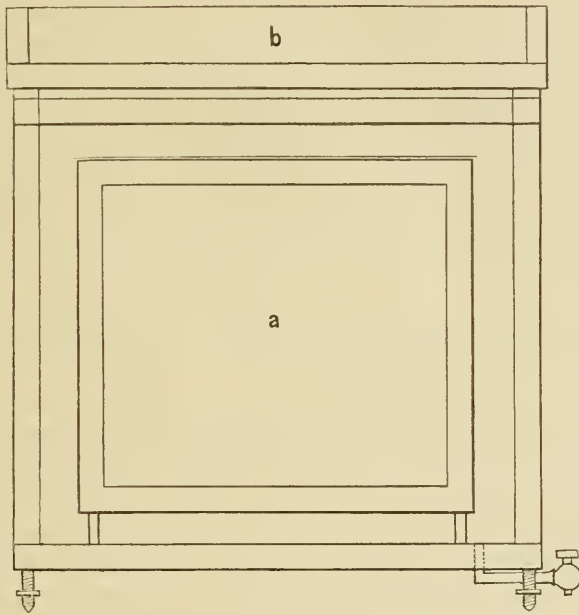
Stellt man Ende Februar oder Anfang März Schalen mit vorjährigen kräftigen kriechenden Sprossen in einem Warmhause, am besten in der Vermehrung, an hellem Orte auf, so beginnt bald lebhaftes Wachsthum, und nach 14 Tagen bis 3 Wochen haben sich alle stärkeren Triebe so weit erhoben, dass sie etwa senkrechte Stellung einnehmen. Ueberträgt man die Objecte nunmehr in ein Kalthaus, so wachsen die Sprosse langsam weiter, die fortan gebildeten Triebe nehmen aber wieder horizontale Lage an. Im Warmhause strecken sich die Internodien rasch in die Länge; die im Kalthause gebildeten bleiben dagegen kurz; dort werden sie schlank und relativ dünn, hier stärker. Wieder sei nur ein Beispiel angeführt. Nach 18tägigem Aufenthalt im Warmhause hatten die längsten Internodien eine Länge von 25 mm erreicht, indess die später an dem kühleren Orte erzeugten zunächst nur 2—3 mm an Länge massen. Dafür hatten diese einen um 0,5—1 mm stärkeren Durchmesser. — Das auffallendste Bild gewähren die Sprosse dann, wenn ihre untere aufrechte Region schon so fest geworden ist, dass sie ihre Lage nicht mehr ändern können, und die nun folgenden Theile unter ungefähr rechtem Winkel angesetzt sind. Bringt man die Objecte dagegen schon zu einer Zeit in die kühlere Temperatur zurück, wo die aufwärts gekrümmten Internodien noch wachsthumsfähig sind, dann strecken sich diese wieder gerade und kehren damit in die frühere Lage zurück.

Was die Temperatur an den verschiedenen Orten anlangt, so sei darüber noch Folgendes bemerkt. Im Winter befanden sich die Schalen mit den Versuchspflanzen an einem kühlen, aber frostfreien hellen Orte, wo sie nur sehr langsam wachsen konnten oder wo ihre Entwicklung periodisch gänzlich still stand. Der Gegensatz zwischen der Temperatur dieses Raumes und der der Vermehrung war sehr gross. Hier sank sie auch während der Nacht nicht unter $+16^{\circ}\text{C.}$, war am Tage aber höher und überstieg wiederholt $+25^{\circ}\text{C.}$ In dem Kalthause,

von CZAPEK geschehen, durch die Ausdrücke Autoorthotropismus, autoorthotrop zu ersetzen, liegt kein Grund vor. Das Nähere darüber soll an einem anderen Orte ausgeführt werden.

in das die Objecte später übertragen wurden, herrschte eine Temperatur, die Nachts $+5^{\circ}\text{C.}$ nach unten, am Tage 15°C. nach oben nicht überschritt.

Obwohl an der Richtigkeit der Annahme, dass der Unterschied in der Temperatur die Verschiedenheit im Wachstum der Sprosse verursacht habe, nicht wohl zu zweifeln war, so bedurfte der Gegenstand doch einer näheren Begründung. Die hohe Bedeutung des Lichtes für die Bewegungen der Sprosse, wie sie aus unseren früheren Versuchen erhellt, legte die Frage nahe, ob nicht Unterschiede in der Beleuchtung an den beiden Orten geherrscht hätten und dadurch das Wachstum der Sprosse beeinflusst wäre. Sodann kam noch ein weiterer Umstand



in Betracht. In der Vermehrung war die Luft mit Wasserdampf bis zur Sättigung versehen, im Kalthause ärmer daran, bald mehr, bald weniger. War auch a priori nicht anzunehmen, dass der Dampfgehalt der Luft die Wachstumsrichtung der Sprosse beeinflusse, so durfte die Möglichkeit einer solchen Wirkung bei den Versuchen doch nicht aus dem Auge gelassen werden.

Um diese Frage zu entscheiden, wurde ein einfacher Apparat, eine für unsern Zweck geeignete Form von Eiskasten, hergestellt. Zur Aufnahme der Objecte diente ein annähernd cubisch geformter Recipient, *a* in der Figur, dessen untere Seite 32 cm Länge hat. Der Boden des Gefäßes ist aus Metall gefertigt, die senkrechten Wände dagegen be-

stehen aus Scheiben starken Spiegelglases, die in schmale, aber kräftige Metallleisten eingelassen sind. Als oberer Abschluss des Recipienten dient eine Scheibe dünnen farblosen Glases. Zur leichten Handhabung sind oben an dem Metallrahmen zwei Griffe angebracht. — Dieser Recipient wird in einen zweiten gestellt, der zur Herstellung der niedrigen Temperatur bestimmt ist. Von der Grösse abgesehen, weicht die Construction dieses äusseren Recipienten nur dadurch von der des inneren ab, dass an der einen Seite des Bodens eine Ausflussöffnung angebracht ist. Die Seite dieses Gefässes misst in horizontaler Richtung 42 cm, in verticaler 40 cm. Der lichte Raum zwischen den beiden Recipienten hat einen Durchmesser von 5 cm.

Um nun in dem inneren Recipienten die erforderliche niedrige Temperatur herbeizuführen, wird der lichte Raum zwischen den beiden Böden und ferner der Raum zwischen den Verticalwänden je nach Bedürfniss bis zu grösserer oder geringerer Höhe mit Eisstücken gefüllt. Die dadurch erreichte Abkühlung genügt in den meisten Fällen. Um aber auch, wenn erforderlich, die Wirkung der von oben einfallenden, unter Umständen störenden Wärmestrahlen möglichst herabzusetzen, ist ein flaches, oben offenes Gefäss hergestellt (*b* in der Figur), das an Stelle der Glasscheibe dem äusseren Recipienten aufgesetzt wird und das man mit kaltem Wasser oder mit einer Mischung von Wasser und Eis füllen kann. Da auch die untere Wand dieses Gefässes aus klarem Spiegelglase besteht, so werden die von oben einfallenden Lichtstrahlen nur theilweise absorbirt.

Mit dem eben besprochenen Apparat führte man in den Monaten April und Mai eine Reihe von Versuchen aus, bald bei hellem, sonnigem, bald bei kühlem Wetter. Der Apparat wurde im Freien so aufgestellt, dass die Objecte möglichst kräftig beleuchtet waren. Die Eisschicht in dem lichten Raume zwischen den beiden Recipienten reichte nie höher hinauf als bis zum Rande der Töpfe im inneren Gefässe. Von oben wurden die Recipienten nur mit Glasscheiben geschlossen, und man sorgte dafür, dass die an den Glasflächen durch Niederschlag entstehende Wasserschicht häufig entfernt wurde. Die Temperatur in mittlerer Höhe des inneren Recipienten betrug 5—6° C., sank Nachts aber auch auf 4 bis 3° C., während sie am Tage auf 8—10° C. stieg. Unten im Gefäss war die Temperatur etwas niedriger, oben etwas höher als die Zahlen angeben; doch betrug der Unterschied nicht mehr als 1—2°. — Ein bei unseren Versuchen störender Umstand liess sich leider nicht beseitigen. Die grünen Pflanzen, die Topf- und Erdoberflächen verdunsteten so reichlich, dass die Luft im inneren Recipienten stets mit Wasserdampf gesättigt war. Das Bemühen, durch Aufstellen von Schalen mit Schwefelsäure eine Aenderung herbeizuführen, erwies sich gegenüber der Menge des ausgeschiedenen Dampfes als vergeblich.

Was nun das Verhalten der Objecte anlangt, so wurde wiederholt

beobachtet, dass in höherer Temperatur aufrecht gewordene Sprosse sich abwärts krümmten; doch geschah dies nicht in dem Masse, wie erwartet war, und ferner zeigte sich die Bewegung nicht an so zahlreichen Trieben, wie es bei den einleitenden Versuchen der Fall war. Lag dies daran, dass die durch die doppelten Glaswände verursachte Lichtabsorption zu gross war, oder wirkte der Wasserdampf störend ein, oder war der Umstand von Einfluss, dass die Wurzeln in den Töpfen dauernd einer niedrigeren Temperatur ausgesetzt waren, als die grünen Theile der Pflanzen?

Das Ergebniss war also nicht so bestimmt, wie es zur Entscheidung der Frage hätte sein sollen. Als ich noch nachsann, wie man den schwer zu überwindenden Hindernissen begegnen könne, kam mir die Natur helfend entgegen.

In den letzten Tagen des April 1891¹⁾ trat nach rauher Witterung rasch ein Wechsel ein. Die Temperatur stieg und erreichte bald am Tage eine Höhe von 20° C. und mehr, und fiel Nachts nicht unter 10–12° C. Diese hohe Temperatur hielt aber nur bis zum 3. Mai an. An diesem Tage bedeckte sich der Himmel, das Thermometer stieg nicht über 15° C. und sank Nachts bis auf 7,5°. Am 4. und 5. Mai herrschten annähernd die gleichen Verhältnisse; am 6. hellte sich der Himmel für kurze Zeit auf, die Temperatur blieb aber noch niedrig und sank in der Nacht auf 7° C.

In der Erwartung, dass solche Wechsel eintreten würden, waren schon Mitte April Schalen mit kräftigen Sprossen unserer Pflanze in's Freie an einen sonnigen Ort gestellt worden, die einen frei, die andern unter Glasglocken. Jene befanden sich also unter normalem Dampfgehalt der Luft, diese im dampfgesättigten Raume. Die letzteren waren etwas weniger beleuchtet als die ersteren, denn trotz häufigen Reinigens waren die Wände der Glocken doch fast stets von Niederschlag bedeckt. Während der warmen Tage waren die Sprosse in allen Schalen emporgewachsen, am schnellsten die im dampfgesättigten Raume; sie hatten sich erhoben trotz der zeitweise herrschenden intensiven Sonnenbeleuchtung. Die theils ganz aufrechten, theils aufwärts geneigten Sprosstheile hatten eine Länge von 5–8 cm erreicht.

Als nun der Wechsel in der Witterung eintrat und die Temperatur rasch sank, geschah, was erwartet wurde: die aufrechten Sprosse aller Schalen krümmten sich, und zwar ausnahmslos in auffallender Weise; die noch kurzen bewegten sich in die horizontale Lage zurück, die schon längeren krümmten sich in ihrem apicalen Theile mehr oder weniger, selbst so weit, dass sie horizontale Stellung einnahmen. Erst

1) Die hier mitgetheilte Untersuchung wurde schon in den Jahren 1890 und 1891 ausgeführt. Auf Grund der Verfolgung anderer Arbeiten unterblieb es aber bisher, sie zu veröffentlichen.

dann begann wieder die Rückwärtsbewegung, als während einer Reihe von Tagen warmes Wetter herrschte.

Der eben beschriebene Versuch konnte in demselben Frühjahr noch einmal angestellt werden. Nach tagelanger günstiger warmer Witterung sank am 15. Mai die Temperatur so weit, dass Nachts ein Minimum von 3° C. erreicht wurde, in der folgenden Nacht fiel das Thermometer fast bis auf 0° . Unter diesen Bedingungen wiederholten sich die vorhin erörterten Erscheinungen, und gingen die Bewegungen der jähen Temperaturwechsel wegen noch rascher von Statten.

Durch diese Versuche wurde die Frage endgültig entschieden. Stellt man sie mit den früher ausgeführten zusammen, so ergibt sich mit unzweifelhafter Gewissheit, dass unsere Sprosse in dem angegebenen Lebensalter bei hoher Temperatur emporwachsen, bei niedriger dagegen horizontale Richtung behalten oder, wenn schon in die aufrechte Stellung übergegangen, wieder annehmen. Die fraglichen Richtungen treten ein, mag die Beleuchtung innerhalb gewisser Grenzen stärker oder schwächer, mag die Luft reich oder arm an Wasserdampf sein. Bei niedriger Temperatur verhalten sich die Triebe also wie plagiotrope, bei hoher wie orthotrope Gebilde.

Es hätte nun die weitere Frage beantwortet werden sollen, bei welcher Temperatur die eine Bewegungsrichtung in die andere übergeht. Wegen der grossen Schwierigkeit aber, die die Construction der erforderlichen Apparate bietet, wurde auf die Behandlung dieses Gegenstandes einstweilen verzichtet. Doch ergeben unsere Erfahrungen die Thatsache, dass die Temperaturgrenze, bei der die aufrechte in die horizontale Richtung übergeht, keine constante Grösse ist. Sprosse, die im hochtemperirten Warmhause aufrechte Theile gebildet hatten, krümmten sich schon abwärts, als sie in ein Kalthaus gestellt wurden, dessen Temperatur Nachts nicht unter $8-10^{\circ}$ C. sank. Im Freien gehaltene Sprosse erfahren bei dieser Temperatur noch keine Krümmung, wenn sie schon aufrechte Stellung angenommen haben. Bei ihnen bedarf es niedrigerer Wärmegrade, wenn sie sich abwärts bewegen sollen. Man sieht daraus, dass die Pflanzen unter den verschiedenen äusseren Bedingungen innere Aenderungen erfahren, dass sie verschiedene Prädispositionen annehmen, nach denen sie nun derselben Temperatur gegenüber ein wechselndes Verhalten zeigen, Erscheinungen, die man in ähnlicher Art auch auf andern Gebieten beobachtet hat.

Auf einen wichtigen Umstand ist hier noch besonders hinzuweisen. Den beschriebenen Einfluss übt die Temperatur auf die horizontalen Sprosse nur im Frühjahr aus, so lange die Pflanze vor dem Blühen steht. Die nach dem Blühen erzeugten kriechenden Triebe behalten ihre horizontale oder abwärts geneigte Wachstumsrichtung auch bei höchster Sommertemperatur bei. Sie sind also innerlich, der Qualität

nach, verschieden. Worin der Unterschied besteht, lässt sich zur Zeit nicht sagen. Offenbar bildet er sich zu Beginn und während der Ruheperiode aus. Ausser den angegebenen zeigen die horizontalen Frühjahrs- und Sommersprosse auch sonst Verschiedenheiten, die bei anderer Gelegenheit mitgeteilt werden sollen.

An die vorhin besprochenen Thatsachen knüpft sich noch eine weitere Erörterung. Die Sprosse erheben sich erst dann, wenn sie einer Temperatur von bestimmter Höhe ausgesetzt sind. Wie werden sie sich verhalten, wenn diese Höhe nie erreicht, das Wachsthum unter dieser Grenze aber nicht gestört wird? Es sind hier offenbar zwei Fälle möglich. Entweder die Sprosse wachsen dauernd in horizontaler Richtung und führen, da die Blüten- und Fruchtbildung an die aufrechten Triebe geknüpft ist, ein lediglich vegetatives Leben; oder sie verändern ihre innere Qualität und erlangen, vielleicht nach und nach, die Fähigkeit, auch bei der niedrigen Temperatur zu blühen und zu fruchten. Die experimentelle Entscheidung darüber, welche der beiden Möglichkeiten zutrifft, musste, so hohes Interesse der Gegenstand auch gewährt, doch unterbleiben, und zwar ebenfalls wegen der grossen praktischen Schwierigkeiten, die ihre Ausführung bietet. Doch dürfen wir mit hoher Wahrscheinlichkeit annehmen, dass die erste der beiden Möglichkeiten eintreten, die Pflanze nur noch vegetativ leben würde. Was zu dieser Annahme berechtigt, ist ein analoger Versuch, der mit derselben Pflanze angestellt und früher beschrieben wurde.¹⁾ Wir zeigten, dass die Bildung der aufrechten Sprosse und damit der sexuellen Thätigkeit an die Wirkung einer bestimmten Licht-Intensität gebunden ist. Wird diese nicht erreicht, dann erzeugt unsere Pflanze unter übrigens günstigen Bedingungen nur die kriechenden Triebe, an denen niemals Blüten entstehen. Es gelang, die geschlechtliche Fortpflanzung jahrelang zu unterdrücken.²⁾ — Analog denken wir uns den Einfluss niedriger Temperatur. Wie einer bestimmten Licht-Intensität, so bedarf es zum Blühen und Fruchten auch einer bestimmten Temperatur-Höhe. Wird

1) H. VÖCHTING, Ueber den Einfluss des Lichtes u. s. w., S. 197 ff.

2) Am Schluss unseres Aufsatzes wurde mitgeteilt, dass dies bis in die vierte Vegetationsperiode geschehen sei. Heute können wir hinzufügen, dass der Versuch sieben Jahre mit Erfolg fortgesetzt wurde, und dass erst dann die Objecte zu Grunde gingen. Wodurch dies verursacht wurde, ob in Folge der Unterdrückung des Geschlechtslebens die Constitution des Organismus nach und nach geschwächt worden war, oder ob daneben noch andere Ursachen mitwirkten, oder ob diese ausschliesslich den Tod herbeiführten, war nicht zu entscheiden. Bedenkt man aber, dass die Zimmercultur und das dadurch hervorgerufene langsame Wachsthum während des ganzen Winters mit der normalen Lebensweise der Pflanze nicht in Einklang steht, so wird man geneigt sein, besonders darin den Grund der allmählichen Schwächung zu suchen, und zwar um so mehr gegenüber der Thatsache, dass eine Reihe perennirender einheimischer Gewächse ein frisches vegetatives Leben bei mangelhafter oder selbst fehlender geschlechtlicher Thätigkeit führen.

diese nicht erreicht, so finden jene Processe nicht statt, obschon die Pflanze ihr vegetatives Leben fortsetzt. Es ist nicht wahrscheinlich, dass sie im Stande sein sollte, sich Wärmegraden unter dem zum Blühen erforderlichen normalen Minimum rasch so weit anzupassen, dass sie dabei auch die geschlechtlichen Functionen erfüllen könnte. Geschähe dies dennoch, dann veränderte sie unter der Wirkung der niedrigen Temperatur ihre innere Constitution, sie bildete eine neue Varietät, und es läge hier ein überraschender Fall von Acclimatisation vor. Gewiss haben wir allen Grund, uns zahlreiche klimatische Varietäten durch Anpassung entstanden zu denken, sicher aber ist, dass es zur Bildung einer solchen Form langer Zeiträume bedarf. Die Annahme, dass dazu schon eine oder wenige Generationen genügten, würde allen sonst gewonnenen Erfahrungen widersprechen.

Der Versuch aber, unsere Pflanze bei niedriger Temperatur lediglich vegetativ wachsen zu lassen, den wir seiner Schwierigkeit halber bisher nicht anstellen konnten, wird bei andern Arten in der praktischen Pflanzenzucht wahrscheinlich in grossem Massstabe ausgeführt. Es sei hier besonders *Helianthus tuberosus* L. genannt. In den warmen Gegenden Deutschlands und Frankreichs, wo die Pflanze gebaut wird, bildet sie ausser den Knollen reichlich Blüthen, in kälteren Gebieten dagegen erzeugt sie nur Knollen. Diese Thatsache ist schon lange bekannt. In seinem Aufsätze über unser Knollengewächs bemerkt SCHLECHTENDAL:¹⁾ „Zum andern ist es bekannt, dass diese Sonnenblume zwar in den verschiedensten Bodenarten mit Ausnahme der nassen wächst, dass sie aber vorzugsweise in einem sandigen oder leichten, selbst etwas steinigem Boden zum Blühen bei uns komme, doch ist das Erscheinen der Blumen, welches stets erst im Herbst erfolgt, auch durch warmes und länger anhaltendes gutes und trocknes Wetter bedingt, so dass schon LAUREMBERG sagt, selbst in Belgien vergingen oft mehrere Sommer, ohne dass Blumen erschienen.“ In Uebereinstimmung damit bemerkt DÖLL²⁾, dass die Pflanze in Baden nur in warmen Jahrgängen blühe. Ich selbst beobachte sie seit zehn Jahren im Tübinger botanischen Garten. Sie erzeugt hier hohe, normal belaubte Sprosse, und an diesen im Boden reichlich wohl ausgebildete Knollen. Blüthen aber wurden bisher niemals wahrgenommen. Ebenso wenig habe ich solche an Pflanzen beobachtet, die in grösserer Zahl auf Feldern in der Nähe Tübingens gebaut wurden. Dagegen sah ich reichlich Blüthenstände im Rhein-Thal und in den warmen Schwarzwald-Thälern, wo man die Pflanze häufig cultivirt.

1) D. F. L. V. SCHLECHTENDAL, Zur Geschichte des *Helianthus tuberosus* L. Bot. Zeitung 1858, S. 114.

2) J. CH. DÖLL, Flora des Grossherzogthums Baden. Karlsruhe 1859, II. Bd., S. 909.

Erwägt man die klimatischen Verschiedenheiten zwischen den genannten Orten, so ergibt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit, dass die Ungleichheiten in der Höhe und Dauer der Temperatur des Sommers das verschiedene Wachsthum des *Helianthus tuberosus* bewirken. Obwohl man bei solchen Annahmen leicht Täuschungen ausgesetzt ist, lässt sich doch in diesem Falle schwerlich bezweifeln, dass das Nichtblühen der Pflanze thatsächlich auf unzureichender Wärme beruht. Dafür spricht vor allem die von JACOB¹⁾ mitgetheilte Thatsache, dass die Pflanze in Giessen während eines Zeitraums von acht Jahren sieben Mal blühte und es nur in einem Jahre nicht zum Blühen brachte. In diesem blieb die Insulations-Summe unter dem für 13 Jahre bestimmten Mittel nicht unbeträchtlich zurück, während sie es in den übrigen acht Jahren überschritt.

Dem *Helianthus* ähnlich verhält sich die Graminee *Euchlaena*, die, im warmen Mexico heimisch, selbst im südlichen Europa nur selten blüht.²⁾ Auch *Wolffia arrhiza* gehört hierher. Sie ist nach HEGELMAIER³⁾ über einen grossen Theil der nördlichen gemässigten Zone und der tropischen Region der alten Welt verbreitet. In jener kommt sie, wie es scheint, nur vegetativ vor, indess sie in dieser blüht. Weiter ist hier noch zu nennen die Composite *Adenostyles Cacaliae*, die nach KERNER⁴⁾ in den Voralpenwäldern und selbst noch über der Waldgrenze blüht, nicht aber in der alpinen Region.

An das, was bisher über *Mimulus Tiligii* mitgetheilt wurde, knüpft sich zunächst die Frage, ob das Verhalten der Sprosse dieser Pflanze gegen die verschiedenen Temperaturen ein vereinzelteres Vorkommen oder einen besonderen Fall aus einer Klasse ähnlicher Erscheinungen darstelle. Mit einiger Bestimmtheit dürfen wir zunächst annehmen, dass die Arten der Gattung *Mimulus*, die unsern Untersuchungs-Object im Wachsthum gleichen, auch von der Wärme in ähnlicher Weise beeinflusst werden. Wahrscheinlich aber ist, dass zahlreiche andere Arten sich ihm anschliessen. Die Abwärtskrümmungen, die man beim Uebergang vom Herbst in den Winter an den Sprossen der *Sinapis arvensis*, des *Senecio vulgaris*, der *Euphorbia exigua* u. a. beobachtet, werden wahrscheinlich durch niedrige Temperatur ver-

1) G. JACOB, Untersuchungen über ein zweites und wiederholtes Blühen. Inaug.-Dissertation, Giessen 1889, S. 8 und 9.

2) E. HACKEL, Gramineae. ENGLER und PRANTL: Die natürlichen Pflanzenfamilien, II. Th., II. Abth., S. 19.

3) F. HEGELMAIER, Die Lemnaceen. Leipzig 1868, S. 124. — Vergl. A. ENGLER, Lemnaceae. ENGLER und PRANTL: Die natürlichen Pflanzenfamilien. II. Theil, Leipzig 1889, III. Abth., S. 159.

4) A. KERNER VON MARILAUN, Pflanzenleben II. Leipzig und Wien 1891, S. 449. Hier weitere Beispiele. — Vergl. ferner die Zusammenstellung aller dieser Verhältnisse in MÖBIUS' Arbeit: Beiträge zur Lehre von der Fortpflanzung der Gewächse. Jena 1897, S. 104ff.

ursacht; sie treten bei trübem wie bei hellem Wetter ein, sobald nur die Temperatur sich dem Nullpunkt nähert. Kriechende Arten, wie *Veronica Buxbaumii*, sah ich zur selben Zeit ihre Triebe dem Boden dichter anschmiegen; auch die unteren Sprosse an den Stengeln des *Senecio vulgaris* verhalten sich wie die kriechenden Formen. Die zuletzt genannten Arten weichen jedoch darin von unserem *Mimulus* ab, dass ihre Blüthen nicht an eine Sprossform mit bestimmter Lage gebunden sind, sondern sowohl an den aufrechten als an den geneigten Trieben auftreten. Formen, die sich ihnen ähnlich verhalten, sind wahrscheinlich nicht nur nicht selten, sondern sogar verbreitet. Mit gutem Grunde darf man annehmen, dass das Kriechen mancher Alpenpflanzen theilweise oder gänzlich auf dem Einflusse niedriger Temperatur beruht. Man bedenke, dass selbst in den eigentlichen Sommermonaten im Hochgebirge noch weit unter der Schneegrenze häufig Temperaturen unter 0 Grad vorkommen.¹⁾ Vielleicht wirken intensive Beleuchtung und niedrige Temperatur in demselben Sinne.

Die Annahme eines derartigen besonderen Einflusses der Wärme ist vor nicht langer Zeit schon von WARMING ausgesprochen worden. In seinem Lehrbuche der ökologischen Pflanzengeographie²⁾ findet sich folgende Stelle:

„Auch bei folgenden Formenverhältnissen spielt die Wärme eine Rolle.

„Viele der erwähnten subglacialen Pflanzen, besonders die Holzpflanzen (*Salix*, *Betula*, *Juniperus* u. a.) haben die Spalierform, d. h. ihre Stämme liegen auf dem Boden, sind ihm angedrückt und verbergen sich mehr oder weniger zwischen anderen Pflanzen, Steinen u. ähnl., erst die Spitzen richten sich auf, bisweilen unter einem fast rechten Winkel, erreichen aber nur wenige Centimeter Höhe über dem Boden. Zweifellos erlangen die Pflanzen bei diesem Wachsthum eine grössere Wärmemenge, als wenn sie aufrecht wüchsen; aber es ist die Frage, ob es nicht am ehesten die mit den trockenen kalten Winden einhergehende Verdunstung sei, die sie in der erwähnten Weise umformen.“

WARMING hebt sodann weiter hervor, dass viele Strandpflanzen im Norden ähnlichen Wuchs haben und dass man ihn ebenfalls bei Wüstenpflanzen im Süden beobachte. Der gleichen Wuchsform werde aber dieselbe Ursache zu Grunde liegen. Diese selbst aber sucht WARMING hauptsächlich in dem Unterschiede der Wärme von Luft

1) Vergleiche die Schilderung der Temperaturverhältnisse der Alpenregion in CHRIST's Pflanzenleben der Schweiz. Zürich 1879, S. 251ff., bes. 259.

2) Deutsche Ausgabe von E. KNOBLAUCH. Berlin 1896, S. 26. — Siehe auch F. KRAŠAN, Die Erdwärme als pflanzengeographischer Factor. ENGLER's botanische Jahrbücher, II. Bd., Leipzig 1882, S. 185 ff.

und Boden zu der Zeit, wo die Pflanzen sich entwickeln, und glaubt, dass deren Sprosse thermotropische Bewegungen ausführen.

Wie unsere Versuche zeigen, vermag niedrige Temperatur allein die Sprosse zum Wachsthum am Boden zu veranlassen, und es ist, wie erwähnt, wahrscheinlich, dass die Tracht mancher Pflanzen der glacialen Region mit diesem Umstande zusammenhängt. Ob man dasselbe auch für die dem Boden anliegenden Wüstenpflanzen annehmen darf, muss einstweilen dahingestellt bleiben.

So wichtig der Einfluss der Wärme auf die Bewegungen der Sprosse aber auch sein mag, er darf doch nicht überschätzt werden. Schon die Thatsache, dass Arten wie *Salix retusa*, *herbacea* u. a. in unsern botanischen Gärten sich ebenso dem Boden anschmiegen, wie im Hochgebirge, warnt vor jeder Verallgemeinerung der bei der Untersuchung krautiger Pflanzen gewonnenen Schlüsse. Vermuthlich bewirkt intensive Beleuchtung hier die Richtung der Sprosse, möglich auch, dass die Schwerkraft einwirkt, dass die Triebe diageotropisch sind. Weitere Untersuchungen müssen hierüber Aufschluss geben.

Ausser den genannten gehören vielleicht noch andere Bewegungen hierher. Es ist lange bekannt, dass die Blätter mancher krautigen Pflanzen nach Nächten mit nicht zu starken Frösten im Bogen abwärts gekrümmt sind oder sich dem Boden dicht anschmiegen. Früher wurde angenommen, dass diese Thatsachen mit dem Erfrieren in Zusammenhang ständen, dass es sich dabei um Turgorherabsetzung in Folge partiellen Gefrierens handle. Allein WILLE¹⁾ wies darauf hin, dass die fraglichen Bewegungen auch schon bei einer Temperatur über 0 Grad stattfinden, bei der von Gefrieren noch keine Rede sein kann; er betonte ferner, dass bei solchen Temperaturen gekrümmte Blätter gar nicht erschlafft sind. Die nun von WILLE gegebene neue Erklärung besteht in Folgendem. Die Stiele der untersuchten Blätter — es waren die von *Androsace latifolia*, *Geum urbanum* u. a. — führen Collenchymbündel, die auf der Unterseite stärker entwickelt sind als auf der Oberseite. Diese Stränge werden durch den Turgor des Parenchyms im Zustande passiver Spannung erhalten. Sobald nun in Folge niedriger Temperatur diese Spannung nachlässt, contrahiren sich die Collenchymbündel, und zwar die grösseren der Unterseite stärker als die kleineren der Oberseite. Daher die Abwärtskrümmung.

In die Richtigkeit dieser Erklärung möchte ich keinerlei Zweifel setzen, glaube aber doch die Frage aufwerfen zu sollen, ob nicht an jungen Blättern bei sinkender Temperatur auch erhöhtes Wachsthum der Oberseite eintrete. Aus teleologischen Gründen wäre ein solches

1) N. WILLE, Om de mekaniske Aarsager til at visse Planters Bladstille krumme sig ved Temperaturer, der naerme sig Frysepunktet. Öfversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar 1884, No. 2, Stockholm.

wohl verständlich. Je dichter die Organe dem Boden angeschmiegt sind, um so kleiner ist ihre Wärme ausstrahlende Oberfläche, um so geringer daher die Gefahr des Erfrierens. Die Bewegung stellte demnach eine zweckmässige Schutzvorrichtung dar und bildete ein Glied in der Reihe ähnlicher Vorgänge, die in zahlreichen Arbeiten der neueren Zeit behandelt worden sind.

Was endlich das Verhalten der Blätter und Sprosse beim wirklichen Gefrieren anlangt, so liegt dessen Erörterung ausserhalb des Rahmens dieses Aufsatzes. Dasselbe gilt von den Krümmungen und Senkungen der Zweige und Aeste unserer Bäume bei starker Winterkälte. Doch mag zu den Bewegungen und Lagen der Blätter einiger Arten, besonders der *Euphorbia Lathyris*, bemerkt werden, dass uns die dafür gegebene Erklärung nicht ganz sicher zu sein scheint.

Das in diesem Aufsätze besprochene Verhalten wachsender Pflanzentheile gegen den Einfluss niedriger Temperatur beruht auf einer besonderen Eigenschaft. Um sie bestimmt von anderen ähnlichen, vor allem dem Thermotropismus, zu unterscheiden, dürfte sich eine eigene Bezeichnung empfehlen. Es sei dafür Psychroklinie¹⁾ vorgeschlagen. Das Wort zeichnet sich nicht durch Wohlklang aus, allein es wollte sich ein schöneres und dem Inhalt nach ebenso geeignetes nicht finden.

8. M. Raciborski: Ein Inhaltskörper des Leptoms.

Eingegangen am 21. März 1898.

Der gespaltene Stengel von *Saccharum officinarum* verfärbt sich schnell an der Luft, ähnlich wie es zahlreiche andere Pflanzen thun. LINDET, BERTRAND, BOURQUELOT und andere haben nachgewiesen, dass es specielle Fermente, sogenannte Oxydasen sind, welche den Sauerstoff der Luft an andere Bestandtheile der Pflanzen übertragen können, so z. B. die Laccase in *Rhus vernicifera* an Laccol, die Tyrosinase (Rhodogen REINKE's?) der Zuckerrüben an Tyrosin u. s. w., wodurch die erwähnte Verfärbung zu Stande kommt. Zum Nachweis der Oxydasen benutzt man eine alkoholische Guajaklösung; diese wird

1) τὸ ψύχος, die Kälte. — In seiner Pflanzenphysiologie (II. Band, 1. Aufl., Leipzig 1881) wurden von PFEFFER Bewegungen, die durch einseitig höheren Wasserdampfgehalt der Luft verursacht werden, als psychrometrisch bezeichnet. Mir scheint aber, dass hier die Bezeichnung hygrometrisch besser am Platze wäre.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: [16](#)

Autor(en)/Author(s): Vöchting Hermann

Artikel/Article: [Ueber den Einfluss niedriger Temperatur auf die Sprossrichtung 37-52](#)