

Biologisches Centralblatt

unter Mitwirkung von

Dr. M. Reess und **Dr. E. Selenka**

Prof. der Botanik

Prof. der Zoologie

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

24 Nummern von je 2 Bogen bilden einen Band. Preis des Bandes 16 Mark.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

IV. Band.

1. April 1884.

Nr. 3.

Inhalt: **Wortmann**, Ueber die Wirkung der Wärme auf das Längenwachstum von Pflanzenteilen. — **Obersteiner**, Das Verhalten der Furchen und Windungen an der Großhirnoberfläche. — **Lustig**, Zur Kenntniss des Faserverlaufes im menschlichen Rückenmarke. — **Rosenthal**, Die spezifischen Energien der Nerven (Fortsetzung). — **C. Voit**, Ueber die Ursachen der Fettablagerung im Tierkörper. — **Léon Fredericq** und **J. P. Nuel**, Elemente der menschlichen Physiologie. — **Albrecht**, Offener Brief an W. Krause.

Ueber die Wirkung der Wärme auf das Längenwachstum von Pflanzenteilen¹⁾.

Von **Julius Wortmann** (Strassburg i. E.).

Das Leben aller Organismen, der pflanzlichen sowohl als der tierischen, ist nur innerhalb bestimmter Temperaturgrade möglich; die Energie der Lebenserscheinungen, bei einer gewissen Temperatur am größten, beginnt von hier aus sowohl mit steigender als mit fallender Temperatur abzunehmen, um bei Erreichung bestimmter Temperaturgrenzen auf Null zu sinken.

Die Grenzwerte der Vegetationstemperatur, d. h. derjenigen Temperatur, innerhalb welcher pflanzliche Lebenserscheinungen überhaupt sich abspielen, sind jedoch nicht für alle pflanzlichen Organismen dieselben, sondern sind ziemlich beträchtlichen Schwankungen unterworfen; auf der einen Seite in manchen Fällen bis zum Gefrierpunkt herabsinkend, können sie auf der andern Seite wiederum ebenso wohl die Gerinnungstemperatur des Eiweißes übersteigen. Abgesehen aber von solchen, als Ausnahmen anzusehenden Fällen, beginnt die Mehrzahl der Pflanzen bei Temperaturen zu vegetieren, welche einige Grade über Null liegen, um bei etwa 50° C. ihre obere Temperaturgrenze zu erreichen.

1) Das Referat bezweckt, in freierer Form die Resultate einer von mir in Nr. 28 und 29 der bot. Ztg. 1883 publizierten Arbeit wiederzugeben.

Selbstverständlich kann man, sobald es darauf ankommt, einen Einblick in die durch Temperaturwirkungen hervorgerufenen Lebenserscheinungen zu gewinnen, sich nicht damit begnügen, jene allgemeinen unteren und oberen Temperaturgrenzen festzustellen, sondern es müssen einzelne bestimmte Vegetationsprozesse, zunächst derselben Pflanzenart, für sich ins Auge gefasst und in bestimmte Temperaturgrenzen eingeschlossen werden. Hierbei zeigt sich nun, dass eine einzelne Pflanze nicht bloß eine untere und obere Temperaturgrenze hat, sondern dass jeder von ihr unterhaltene physiologische Prozess zwischen bestimmten aber von anderen Prozessen verschiedenen, unteren und oberen Grenzwerten sich abspielt. Es gibt demnach für jede Pflanze gewisse, mittlere, zwischen den Grenztemperaturen gelegene Temperaturgrade, bei welchen alle die von ihr unterhaltenen Prozesse normal ineinander greifen, in harmonischer Weise sich vollziehen.

Durch den Umstand, dass den verschiedenen Funktionen verschiedene untere und obere Nullpunkte zukommen, kann es sich ereignen, dass bei einem Verweilen des pflanzlichen Organismus in der Nähe jener allgemeinen Grenztemperaturen einzelne Funktionen, weil ihre spezifischen Nullpunkte überschritten sind, nicht mehr zur Geltung kommen und infolge dessen eine Disharmonie, ein krankhafter Zustand der ganzen Pflanze sich einstellt. Da z. B. bei vielen Gewächsen die untere Temperaturgrenze für das Wachstum tiefer liegt, als die entsprechende, zur Bildung des grünen Farbstoffes notwendige, so lässt sich oft die Beobachtung machen, dass Pflanzen bei niederen Temperaturen im freien zwar wachsen, auch Blätter erzeugen, allein kein Chlorophyll bilden, infolge dessen die Produktion neuer Pflanzsubstanz unmöglich gemacht ist.

Sehen wir uns den Verlauf irgend eines speziellen physiologischen Prozesses zwischen seinen beiden Grenztemperaturen etwas näher an, so machen wir die Beobachtung, dass die Energie, mit welcher derselbe unterhalten wird, durchaus nicht in gleicher Proportion mit der Temperatur zunimmt etwa derart, dass sie vom untern Nullpunkt an allmählich steigend kurz vor oder mit Erreichung des obern Nullpunktes ihren größten Wert erhalte, sondern wir haben, und das trifft ganz allgemein zu, einen mehr oder weniger in der Mitte zwischen beiden Nullpunkten gelegenen Temperaturgrad zu konstatieren, bei welchem die Energie des zu beobachtenden Prozesses am größten ist, um sowohl nach der obern als nach der untern Temperaturgrenze stetig abzunehmen und bei Erreichung derselben auf Null zu sinken. Diese drei, für die Individuen verschiedener Spezies sowohl, als auch für die verschiedenen Funktionen verschieden gelegenen Kardinalpunkte der Temperatur bezeichnen wir als das Minimum, Optimum, und Maximum.

Wie alle anderen Funktionen lässt auch das Längenwachstum

pflanzlicher Organe in seiner Abhängigkeit von der Temperatur und unter sonst gleich bleibenden äußeren Bedingungen, Licht, Feuchtigkeit etc. jene drei Kardinalpunkte deutlich erkennen: von einer untern Temperaturgrenze, dem Minimum, anfangend, steigert sich die Energie eines im Längenwachstum befindlichen Organes bis zum Optimum, um bei noch stärkerer Wärmezufuhr wieder abzunehmen und bei Erreichung der obern Temperaturgrenze, dem Maximum, zu erlöschen. Die Lage des Optimums fällt nicht genau in die Mitte zwischen derjenigen des Minimums und des Maximums, sondern sie ist in den meisten Fällen und speziell bei hoch gelegenen Minimum näher an das Maximum gerückt. Einige Beispiele mögen uns das zuletzt Gesagte veranschaulichen. Am meisten sind wohl in bezug auf Abhängigkeit des Wachstums von der Temperatur die Keimpflanzen untersucht, bei welchen man als Minimum denjenigen Temperaturgrad festsetzte, bei welchem die Keimung unterblieb. Für *Triticum vulgare* z. B. liegt das Minimum bei $+ 5^{\circ}$ C., das Optimum bei $28,7^{\circ}$ C. und das Maximum bei $42,5^{\circ}$ C. Die entsprechenden Kardinalpunkte für *Phaseolus multiflorus* liegen bei $9,5^{\circ}$ C., $33,7^{\circ}$ C., und $46,2^{\circ}$ C. und für *Cucurbita Pepo* bei $13,7^{\circ}$ C., $33,7^{\circ}$ C. und $46,2^{\circ}$ C. Zur bessern Veranschaulichung dieser Beziehungen zwischen Temperatur und Längenwachstum kann man auch die graphische Darstellungsweise zu Hilfe nehmen, indem man auf einer Abszissenachse in gleichen Abständen die Temperaturgrade aufträgt und die den betreffenden Temperaturen entsprechenden in gleicher Zeit erreichten Längenzuwächse als Ordinaten errichtet. Verbindet man dann die Enden dieser Ordinaten durch eine zusammenhängende Linie, so erhält man eine (Wachstums-) Kurve, welche, beim Minimum von der Abszissenachse sich erhebend, beim Optimum den höchsten Punkt trifft, um von da an steiler gegen die Abszissenachse zu sinken, welche beim Maximum wieder erreicht wird. Denken wir uns nun etwa für *Triticum* diese Wachstumskurve errichtet, so erkennen wir, dass die Wachstumsenergie dieser Pflanze bei gewissen zwischen Minimum und Optimum gelegenen Temperaturen und anderen, zwischen Optimum und Maximum gelegenen, die gleiche sein muss. In einer bestimmten Zeit wird z. B. ein solches Keimpflänzchen bei 20° C. grade so schnell wachsen als in derselben Zeit bei einer Temperatur von etwa 32° C.

Was aber wird geschehen, wenn wir die eine Seite unserer Keimpflanze auf das Optimum erwärmen, die andere Seite aber auf einen zwischen Optimum und Minimum gelegenen Temperaturgrad? Wird jetzt die stärker erwärmte Seite der minder erwärmten im Wachstum voraneilen? Trifft das zu, dann muss notgedrungen an der Keimpflanze eine Krümmung entstehen derart, dass die stärker erwärmte Seite die konvexe wird. Wie aber, wenn wir den Versuch so einrichteten, dass die eine Seite zwar wieder auf das Optimum, die andere dagegen über dasselbe hinaus, auf einen zwischen Optimum und

Maximum gelegenen Temperaturgrad oder gar auf das Maximum selbst erwärmt würde? In diesem Falle könnte man sich wiederum eine Krümmung entstehen denken, bei welcher aber im Gegensatz zu der frühern nunmehr die schwächer erwärmte Seite der Versuchspflanze die konvexe wurde. So hätte man es demnach ganz in der Hand, durch ungleiche Erwärmung zweier antagonistischer Seiten einer Pflanze, die letztere zu Krümmungen zu veranlassen, deren Konvexität bald auf der wärmern bald auf der kältern Seite der Versuchspflanze liegen würde.

Geht man daran, die hier angedeuteten Erscheinungen experimentell zu prüfen, so erkennt man sehr bald, dass in der That den pflanzlichen Organen die Fähigkeit innewohnt, unter dem Einfluss verschiedener Erwärmung Krümmungen auszuführen; allein ein Zusammenhang mit der durch verschiedene Temperatur hervorgerufenen Wachstumskurve lässt sich dabei in keinem Falle konstatieren, sondern die ungleich erwärmten Organe krümmen sich konstant in demselben Sinne entweder so, dass die der Wärmequelle zugekehrte Seite stets die konvexe oder aber bei anderen Versuchsobjekten stets die konkave wird, gleichgiltig, (falls überhaupt Krümmungen auftreten) wie die Temperaturen variieren.

Die Versuche, die ich zur Prüfung der angeregten Frage anstellte, waren so eingerichtet, dass in der Mitte eines geräumigen, auf annähernd konstanter Temperatur erhaltenen Zimmers eine große, vorn beruhte Eisenblechplatte aufgestellt wurde, welche durch ihr genährte Gasbrenner in beliebiger Weise erhitzt werden konnte. Vor dieser Platte wurden dann in bestimmter wünschenswerter Entfernung die Versuchsobjekte aufgestellt, welche entweder unter dem einseitigen Einfluss der Schwerkraft belassen oder aber durch Rotation um horizontale, zur Fläche der Eisenblechplatte senkrechte Achse von demselben befreit wurden. In unmittelbarer Nähe der Versuchspflanzen befanden sich Thermometer. Setzt man nun z. B. Keimpflanzen von *Lepidium sativum* auf diese Weise der Wirkung der von der erhitzten Platte ausgehenden strahlenden Wärme aus, so beobachtet man in allen Fällen, in denen überhaupt eine Reaktion eintritt, eine Krümmung der Pflänzchen, welche so gerichtet ist, dass allemal die konvexe Seite der Krümmung die der Wärmequelle zugekehrte ist, mit anderen Worten: die Versuchspflanzen wachsen stets von der erwärmten Platte fort. Für *Lepidium sativum* liegt das Wachstumsminimum bei $+ 1,8^{\circ}$ C., das Optimum bei $27,4^{\circ}$ C. und das Maximum bei $37,2^{\circ}$ C. Wenn man nun, um ein Beispiel anzuführen, bei einer Zimmertemperatur von 10° C. auf die Versuchspflanzen einseitig Wärmestrahlen von 37° C. auffallen lässt, so beobachtet man ebenfalls eine, und zwar energische Krümmung im angedeuteten Sinne. Unter der Voraussetzung, dass diese Krümmungen in Beziehung ständen zu den von der Temperaturkurve hervorgerufenen Differenzen in der Energie

des Längenwachstums, hätte man in dem oben erwähnten Falle eine schwache, aber grade entgegengesetzte Krümmung zu erwarten gehabt. Lässt man ferner unter gleich bleibender Zimmertemperatur Wärmestrahlen von 43° C. auf die Versuchspflanzen fallen, so treten ebenfalls die erwähnten Krümmungen auf. Da eine Temperatur von 43° C. eine über dem Wachstumsmaximum gelegene ist, so würde man in diesem Falle, von unserer Voraussetzung ausgehend, auf der der Wärmequelle zugekehrten Seite der Versuchspflanze zum mindesten ein gänzliches Unterbleiben des Wachstums erwarten; statt dessen wächst nicht allein diese Seite, sondern sie wächst sogar stärker als die gegenüberliegende. Schon aus diesen beiden angedeuteten Versuchen resultiert mit Sicherheit, dass es zur Hervorrufung dieser „thermotropischen“ Krümmungen überhaupt nur darauf ankommt, dass Wärmestrahlen von genügender Intensität einseitig die Versuchspflanze treffen. Hierbei muss jedoch vorausgesetzt werden, dass die Zimmertemperatur 20° nicht übersteigt, da bei allen Versuchen, in denen dieses eintraf, die Krümmungen überhaupt unterblieben, gleichgiltig, wie hoch die Temperatur der auffallenden Wärmestrahlen war.

Die Erfahrung, dass diese thermotropischen Krümmungen in gar keinem Zusammenhang mit den durch ungleiche, aber allseitige Erwärmung erzielten Wachstumsbeschleunigungen respektive Verlangsamungen stehen, wird nun noch erhärtet durch das Verhalten einer andern untersuchten Pflanze (*Zea Mays*), bei welcher zwar ebenfalls Krümmungen eintreten, allein konstant im entgegengesetzten Sinne, wie bei *Lepidium*, also immer so, dass die der Wärmequelle zugekehrte Seite die konkave wird. Die Maispflanze wächst also stets nach der erwärmten Platte hin. Bei *Zea Mays* liegt das Wachstumsminimum bei + 9,5° C., das Optimum bei 33,7° C. und das Maximum bei 46,2° C. Bringt man nun z. B. Maispflänzchen bei einer Zimmertemperatur von 11° C. der erwärmten Platte so nahe, dass die Temperatur in unmittelbarer Nähe der Pflanzen 35° (also etwas mehr als das Optimum) beträgt, so erhält man zwar eine Krümmung, bei welcher aber die erwärmtere Seite die konkave wird. Diese Versuche kann man nun in beliebiger Weise variieren; immer findet man eine im analogen Sinne eintretende Krümmung.

In seinem „Traité de Botanique“ vertritt van Tieghem die eingangs angegebene Anschauungsweise, dass Pflanzen durch ungleiche Erwärmung zweier antagonistischer Seiten zu Krümmungen veranlasst werden könnten, deren Konkavität bei derselben Pflanze bald auf der wärmern bald auf der kältern Seite liegen würde; er nennt diese postulierte, übrigens von ihm experimentell nicht zu beweisen versuchte Eigenschaft „Thermotropismus“. Hiernach hätte man es ganz in der Hand, eine beliebige Pflanze bald positiv (der Wärmequelle zu-) bald negativ (der Wärmequelle abgewendet) thermotropisch sich krümmen zu lassen. Damit stehen nun unsere Versuchsergebnisse in

direktem Widerspruch, insofern sie zeigen, dass zwar durch einseitig auffallende Wärmestrahlen Krümmungen ausgelöst werden können, die aber, und das ist der Schwerpunkt, stets in demselben Sinne erfolgen.

Wie ist nun diese Erscheinung zu erklären? Wir wissen, dass durch den einseitigen Einfluss gewisser uns bekannter Kräfte oder Agentien (Schwerkraft, Licht, elektrische Ströme etc.) Krümmungen an wachsenden Pflanzenteilen hervorgerufen werden können, die dahin streben, den betreffenden krümmungsfähigen Pflanzenteil in eine zur Richtung des einwirkenden Agens ganz bestimmte Lage, seine Gleichgewichtslage, zu bringen. Wenn wir einen heliotropisch krümmungsfähigen und noch im Wachstum begriffenen Pflanzenteil einseitig beleuchten, d. h. von einer Seite her Lichtstrahlen in bestimmter Richtung auf denselben fallen lassen, so tritt eine Krümmung ein, welche, falls keine anderen Kräfte gleichzeitig und einseitig auf den Pflanzenteil einwirken, schließlich dahin führt, dass derselbe in der Richtung, in welcher die Lichtstrahlen ihn treffen, weiter wächst; mit anderen Worten ein einseitig beleuchteter Pflanzenteil krümmt sich, indem er auf der beleuchteten Seite konkav wird, der Lichtquelle zu. Da nun gewöhnlich solche positiv heliotropischen Pflanzenteile im dunkeln schneller wachsen als im Licht, so glaubte man lange Zeit dieses heliotropische Verhalten hierdurch erklären zu können, und man sagte, durch die Differenz der Intensität des Lichtes auf der beleuchteten und beschatteten Seite wird ein ungleiches Wachstum derselben hervorgerufen, welches notwendig zu der oben beschriebenen Krümmung führen muss. Es ist nun ein großes Verdienst von Sachs, die Unrichtigkeit dieser Anschauungsweise schlagend dargelegt zu haben, indem er zeigte, dass es bei der heliotropischen Krümmung gar nicht auf eine Differenz in der Intensität des Lichtes ankommt, sondern nur auf die Richtung, in welcher der betreffende Pflanzenteil von den als Reiz wirkenden Lichtstrahlen getroffen wird. Ohne hier auf eine nähere Darlegung der Erwägungen, welche Sachs zur Aufstellung seiner Heliotropismustheorie veranlassten, näher eingehen zu können, mag nur auf ein Hauptargument hingewiesen sein, welches allein schon genügt, die Unhaltbarkeit der frühern Theorie zu beweisen. Außer den eben geschilderten positiv heliotropischen Organen kennt man auch negativ heliotropische, d. h. solche Organe, welche grade ein umgekehrtes Verhalten an den Tag legen, indem sie, auf der beleuchteten Seite stärker wachsend, sich von der Lichtquelle hinwegkrümmen. Die Richtigkeit der frühern Theorie vorausgesetzt, sollte man erwarten, dass solche Organe im dunkeln langsames Wachstum zeigten als im Licht. Das ist aber, wie Versuche von Schmitz, Müller-Thurgau und Fr. Darwin lehren, nicht der Fall, sondern auch die negativ heliotropischen Organe zeigen grade so wie die positiv heliotropischen im finstern ein beschleunigtes

Wachstum. Hieraus geht mit Evidenz hervor, dass die durch allseitige Beleuchtung hervorgerufene Wachstumsverzögerung mit dem Heliotropismus in gar keinen Zusammenhang gebracht werden darf. Wenn wir nun von diesem Gesichtspunkte aus die angestellten thermotropischen Versuche betrachten, so ergibt sich sofort eine auffällende Analogie zwischen den heliotropischen und thermotropischen Erscheinungen zu erkennen. Ein ähnliches Verhalten wie bei den negativ heliotropischen Organen ließ sich auch bezüglich des Thermotropismus bei der Kresse konstatieren: obwohl die Keimpflänzchen von einer Seite her über das Optimum und sogar über das Maximum hinaus erwärmt wurden, zeigten sie doch grade an dieser Seite das intensivste Wachstum. Dass die thermotropischen Krümmungen mit der durch allseitige Erwärmung hervorgerufenen Beschleunigung bzw. Verlangsamung des Längenwachstums nichts zu thun haben, wurde schon wiederholt hervorgehoben. Nach alledem kam es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass wir es beim Thermotropismus mit einer dem Heliotropismus durchaus analogen Reizerscheinung zu thun haben, und dass es daher, um thermotropische Krümmungen hervorzurufen, sich ebenfalls nur darum handeln kann, in welcher Richtung Wärmestrahlen (von genügend hoher Intensität) den betreffenden Pflanzenteil treffen.

Das Verhalten der Furchen und Windungen an der Großhirnoberfläche.

Broca, Description élémentaire des circonvolutions cérébrales de l'homme. Revue d'Anthropologie 1883. 1. 2. 3. II. u. 1884. 1. H. — Zuckerkandl, E., Beiträge zur Anatomie des menschlichen Körpers (Medizin. Jahrb. der k. k. Ges. der Aerzte in Wien 1883. 3. u. 4. II.). — Rogner, V., Ueber das Variieren der Großhirnfurchen bei *Lepus*, *Ovis* und *Sus*. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 39. B.

Das Thema, welches in den drei oben genannten jüngst erschienenen Arbeiten behandelt wird — das Verhalten der Furchen und Windungen an der Großhirnoberfläche — ist derart, dass eine referierende Besprechung schon durch den Mangel an Abbildungen in hohem Grade erschwert wird. Ferner handelt es sich dabei auch immer um eine so große Reihe von Detailfragen, dass durch ein Eingehen in dieselben das Referat wenig kürzer ausfallen würde, als die Originalarbeit selbst. —

Ich werde mich daher darauf beschränken müssen, mit wenigen Worten jene allgemeineren Sätze, die sich aus den in Rede stehenden Arbeiten ergeben, darzulegen. —

Broca hat bei seinem Tode ein ziemlich umfangreiches Manuskript hinterlassen, welches zu vollenden ihm aber nicht vergönnt war;

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1884-1885

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Wortmann Julius

Artikel/Article: [Ueber die Wirkung der Wärme auf das Längenwachstum von Pflanzenteilen. 65-71](#)