FLORA.

№. 3.

Regensburg. Ausgegeben den 30. Januar. **1864.**

Inhalt. J. Sachs: Ueber die obere Temperaturgränze der Vegetation. (Forts.) — Fr. Leybold: Fünf neue Arten der Gattung Viola aus Chile. — Getrocknete Pflanzensammlungen. — Litteratur. — Botanische Notizen. — Verzeichniss der im J. 1863 für die Sammlungen der kgl. bot. Gesellschaft eingegangenen Beiträge. — Anzeige.

Ueber die obere Temperatur-Gränze der Vegetation. Von Julius Sachs.

(Fortsetzung.)

Wenn nun sämmtliche Versuche zeigen, dass für den kurzen Zeitraum von 10—30 Minuten eine Lufttemperatur von 51° C. oder wenig mehr, die verschiedensten Pflanzen tödtet, dass im Wasser sogar schon 45—46° C. binnen 10 Minuten bei einigen tödtlich wirken, so ist anzunehmen, dass für längere Zeiträume die höchsten erträglichen Temperaturen für die genannten Pflanzen um viele Grade niedriger liegen; es ist fraglich, ob irgend eine derselben in Luft oder Wasser von 40° C. vegetiren könnte. Wenn sich dem gegenüber die Angaben von Ehrenberg, Hoffmann und Lindsay bestättigen sollten (von dem Verhalten der trockenen Sporen und Samen können wir einstweilen absehen), so würde sich ergeben, dass die Temperatur-Maxima, welche verschiedene Pflanzen ertragen, sehr verschiedene Höhen erreichen. Vielleicht ist es hierbei nicht ohne tiefere Bedeutung, dass die ausserordentlich hohen Temperaturen, welche die genannten Beobachter angeben, sich sämmtlich auf sehr einfache, den niedersten Typen angehörende Pflanzen beziehen, während meine Versuche meist nur höher ausgebildete Pflanzen betreffen; doch zeigen sie auch, dass *Cladophora* ebenso gut durch 50° C.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05979-0035-7

getödtet wird, wie diese. A priori ist kaum anzunehmen, dass die höchste erträgliche Temperatur für alle Pflanzen dieselbe sein sollte, vielmehr erscheint das Gegentheil wahrscheinlicher, wenn man bedenkt, dass verschiedene Pflanzen bei ganz verschiedenen Temperaturen erfrieren, dass die besten Vegetationstemperaturen für tropische und nordische Pflanzen um viele Grade auseinanderliegen. Doch ist anderseits auch zu beachten, dass es nothwendig irgend eine höchste Temperatur geben muss, bis zu welcher vegetabilisches Leben überhaupt noch bestehen kann und über welche hinaus jede Organisation pflanzlicher Art unmöglich wird. Es wäre gewiss von grossem Nutzen, diese äusserste Temperaturgränze des Pflanzenlebens zu kennen; man würde dann z. B. angeben können, bis zu welchem Wärmegrad die Erdoberfläche mindestens abgekühlt sein musste, als die ersten Pflanzen sie zu bevölkern anfingen. Die bis jetzt vorliegenden Beobachtungen gestatten darüber noch keinen sicheren Schluss und für eine theoretische Bestimmung fehlt es an jeder festen Basis. Man ist geneigt, die Gerinnungswärme des Eiweises als eine solche oberste Gränze zu betrachten, da man annehmen darf, dass sich diese oder eine sehr ähnliche Substanz in jeder lebenden Zelle vorfindet. Aber diese Gerinnungswärme ist selbst nicht constant, sie ändert mit dem sauren oder alkalischen Charakter der Lösung; und jede Ueberlegung über diesen Gedanken erscheint einstweilen vergeblich gegenüber der Angabe, dass Pflanzen in einem Wasser leben, welches Eier binnen 4—5 Minuten siedet. — Die Annahme dass die obere Temperaturgränze der Vegetation mit der Gerinnungswärme des Eiweises zusammenfalle, liefert also weder einen bestimmten Zahlenausdruck noch wird sie durch die vorliegenden Angaben gestützt: wenn es nach Ehrenbergs, Hoffmanns und Lindsay's Beobachtungen zweifelhaft erscheint, ob selbst die Gerinnungstemperatur des Eiweises ein Hinderniss aller Vegetation sei, so ergaben dagegen meine Beobachtungen, dass die obere Temperaturgränze für viele Pflanzen tief unter der Gerinnungswärme liegt. Beides zusammen liefert den vollständigsten Beweis, dass die Gerinnung des Eiweises nicht der Punkt ist, auf dem es allein bei der Tödtung durch hohe Temperatur ankommt.

Es drängt aber auch nichts à priori zu der Annahme, dass bei der Tödtung der Zelle nur allein diejenigen chemischen und physikalischen Veränderungen massgebend sind, welche wir an

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05979-0036-3

einzelnen chemischen Bestandtheilen desselben ausserhalb der Zelle wahrnehmen. Solange die Stoffe den lebendigen Organismus der Zelle bilden helfen, besitzen sie Eigenschaften, welche ihnen abgehen, sobald sie isolirt in fremdartiger Umgebung ausserhalb des Organismus auftreten. Dass es einen lebenden und todten Zustand der Zelle gibt, beweiset hinreichend, dass es nicht bloss auf die bleibenden Eigenschaften der Stoffe ankommt, sondern auf ganz besondere Verhältnisse, unter denen sie sich zusammenfinden. — Unter den Eigenschaften, welche die Stoffe innerhalb der lebenden Zelle erwerben und welche sie mit dem Tode derselben verlieren, dürfen wir eine besondere, eigenthümliche Lagerung der Atome oder Moleküle nennen. Die bestimmte, erbliche Form der Zellhaut, des Protoplasmas, des Kerns, des Chlorophylls u. s. w. ist das Resultat einer inneren molekularen Bewegung, sie ist die äussere Erscheinung eines molekularen Gleichgewichtszustandes, der durch Kräfte bewirkt wird, welche in dem kleinsten Theilchen der Substanz thätig sind und diese in ihrer besonderen Lage festhalten. So lange die äusseren Einflüsse ein gewisses Kraftmass nicht übersteigen, sind sie auch nicht im Stande, die Molekularkräfte zu überwinden, welche die innere organische Structur zusammenhalten. Tritt aber irgend eine Kraft, z. B. die Wärme in einer Intensität auf, welche die Molekularkräfte überwindet, so werden sich die Moleküle aus ihrer normalen Lage verrücken, der innere Bau, der als Träger des Lebens diente, stürzt zusammen, ohne dass desshalb die äussere Form sich wesentlich ändert; das Ganze, die Zelle, ist dann scheinbar unverändert vorhanden und dennoch ist das innere Wesen, der molekulare Bau ein anderer geworden. Dass dem so ist, zeigt die grosse Aenderung der Diffusionseigenschaften des Schlauches (und vielleicht der Zellhaut) in dem Moment, wo eine Zelle durch 50° C. getödtet wird, wie am Ende des zweiten Theils sich findet. Die geringe sichtbare Aenderung, welche Zellhaut und Schlauch dabei erfahren, ist offenbar nicht die Ursache der veränderten Diffusionseigenschaften, sondern man kann mit mehr Wahrscheinlichkeit annehmen, dass dieselbe Störung des molekularen Gleichgewichts, welche den Schlauch permeabel für Farbstoffe macht, ihn auch zur Contraction bringt, so dass beide Erscheinungen nur Coeffecte derselben Ursache, der veränderten Lagerung der Moleküle sind. Eine solche Lagenveränderung der Moleküle braucht aber nicht gerade mit der Gerinnung zusammenzufallen. Gewiss ist auch die Ge-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05979-0037-9

rinnung eine Umlagerung der Moleküle, aber wir können annehmen, dass eine weit geringere Verrückung des molekularen Baues schon hinreicht, diejenigen Eigenschaften zu zerstören, welche den Lebensprozess der Zelle unterhalten. Ja wir können, ohne Furcht den wissenschaftlichen Boden zu verlieren, noch einen Schritt weiter gehen. Nehmen wir an, dass der besondere molekulare Bau des Protoplasmas, der Zellhaut u. s. w. durch Kräfte zusammengehalten wird, welche in jeder Pflanze ein bestimmtes specifisches Mass besitzen, so können wir folgern, dass jene specifische Kraftintensität in vielen Fällen so gering ist, dass sie durch Temperaturen unter 50° C. überwunden,[1]) und somit die organische Molekularstructur zerstört wird; es ist aber selbst denkbar, wenn auch nicht gerade sehr wahrscheinlich, dass die Molekurlarkräfte, welche den organischen inneren Bau zusammenhalten, auch so stark sein können, dass sie selbst durch 70° C. noch nicht überwunden werden, dass sie selbst dem Gerinnungsstreben des Eiweisses widerstehen. Diese letztere Annahme ist unwahrscheinlich, aber sie soll auch nur zeigen, wie schwierig es ist, über den höchsten für Pflanzen erträglichen Wärmegrad theoretisch ins Reine zu kommen. Das Vorstehende sollte eine Gedankenreihe, die sich hier von selbst darbietet, gelegentlich mit zur Geltung bringen.

Treten wir nun von dieser theoretischen Excursion wieder auf den Boden der Beobachtung über, so bleibt zur Vervollständigung des sehr lückenhaften Materials noch die Frage zu beantworten: welches sind die höchsten auf der Erde beobachteten Lufttemperaturen an solchen Orten, wo Pflanzen wachsen. Das Wenige, was mir darüber bekannt geworden ist, findet sich in der „Meteorologie" von Cornelius (Halle 1863 pag. 84). Er gibt an, dass die höchste bekannte Monatstemperatur des Juli in Nubien und Südarabien 32,5° C. beträgt; auf diesem Raume sind im Atlas der Pflanzengeographie von Rudolph u. A. folgende Pflanzen verzeichnet: Baumwolle, Dattel, Kaffee, Zuckerrohr, Pisang, Reis, Taback, Indigo. Ausserdem giebt Cornelius (pag. 90) noch eine Reihe hoher Lufttemperaturen an, welche als Extreme an verschiedenen Orten Asiens und Africas beobachtet worden sind; leider ist dabei gar nichts über das Verhalten der Vegetation gesagt. So wird als Maximum für Benares

1) Ich betrachte hierbei die Ausdrücke 50° C.—70° C. u. s. w. ohne Weiteres als Ausdrücke für Kraftintensitäten, da uns die Temperatur zunächst doch nur als ausdehnende Kraft erscheint.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05979-0038-5

44,6° C. angeführt und dort soll selbst das Mittel des täglichen Maximums während eines Monats noch 40,8° C. betragen haben. Die anderen selbst 50° C. übersteigenden Maxima können, da es an allen weiteren Angaben über ihre Dauer und Wiederkehr fehlt, hier einstweilen nicht in Betracht kommen.

II. Welche Veränderungen finden in den Zellen statt, wenn sie über die obere Temperaturgränze hinaus erwärmt werden?

An keinem anderen Gebilde der Pflanzenzelle verwirklicht sich der Begriff des „Lebendigen" in so auffallender, sichtbarer Weise wie an dem Protoplasma und wenn es darauf ankommt, den Unterschied zwischen Leben und Tod innerhalb der Zelle sichtbar zu machen, so wird man sich offenbar zuerst an das Protoplasma wenden, und wir werden sogleich sehen, dass in der That die Wirkungen der zu hohen Temperatur an diesem sich auffallend deutlich geltend machen. Es ist aber nicht unwahrscheinlich, dass auch die Zellstoffhaut in ihrer molekularen Structur, vermöge deren sie dem Leben dient, sich ändert, wenn die lebende Zelle einer Temperatur ausgesetzt wird, welche ihren Tod herbeiführt, wenigstens spricht eine von mir gemachte Beobachtung für diese Annahme. Was die anderen Bestandtheile der Zelle betrifft, so sind dieselben entweder nicht hinreichend constant, um hier in Betracht zu kommen, oder ihre Veränderungen sind so schwierig zu beobachten, dass sie bisher der Wahrnehmung entgingen.

Die bisher gemachten Beobachtungen über die Veränderungen, welche die Zelle durch Ueberschreitung der oberen Temperaturgränze erfährt, lassen sich naturgemäss in zwei Abtheilungen bringen, von denen die eine die unmittelbar sichtbaren Structurveränderungen enthält, die andere aber die Veränderung der Diffusionsvorgänge umfasst. Damit ist aber, wie leicht ersichtlich, durchaus nicht gesagt, dass hierdurch die mächtigen denkbaren Aenderungen, welche bei dem Uebergang aus dem lebenden in den todten Zustand erfolgen, irgend wie erschöpft seien.

a) Sichtbare Veränderungen des Protoplasmas und der Zellhaut bei Annäherung und Ueberschreitung der oberen Temperaturgränze.

Max Schultze (das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen 1863. p. 48) dürfte der erste gewesen sein, der

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05979-0039-2

sich die Frage stellte, bei welcher Temperatur das Protoplasma getödtet wird. Er untersuchte die Staubfadenhaare von *Tradescantia virginica*, die Brennhaare von *Urtica urens*, und die Blattzellen von *Vallisneria spiralis*. „Für alle drei stellte sich gleichmässig heraus, dass die Temperatur, welche absolut tödtlich wirkt, erst bei 47—48° C. anfängt. Bei 46° habe er immer noch einzelne Zellen unverändert gefunden, bei 45° viele und bei 44°, wie wenigstens bei *Vallisneria* und *Tradescantia* schien, alle. Die Urticahaare sind vielleicht ein wenig empfindlicher, wenigstens erschien die Bewegung hier schon bei 44° oft fast vollkommen sistirt, ohne dass aber der Tod der Zelle eingetreten war. Die Bewegung verlangsamt sich in allen Fällen von 38—40° an, kehrt aber, wenn die Temperatur nicht über 48° stieg, bei der Abkühlung meist bald zu der ursprünglichen Schnelligkeit zurück."

Es könnte zunächst als ein Widerspruch erscheinen, dass nach meinen obigen Angaben *Vallisneria* schon durch 45° C. getödtet wurde, während nach Schultze das Protoplasma derselben Pflanze erst durch 47—48° C. zu Grunde ging. Beide Angaben können aber sehr wohl als richtig neben einander bestehen, insoferne ich die Pflanze 10 Minuten lang bei 45° C. erhielt, Schultze dagegen (pag. 48) nur 2—3 Minuten lang erwärmte.

Bei schneller Erwärmung auf 40° und darüber sah Schultze bei *Urtica* oft dieselben merkwürdigen Veränderungen des Protoplasma eintreten, wie sie Brücke durch starke Schläge des Magnetelektromotors erzeugte; es wurden aus dem wandständigen Protoplasma kugelige, keulige und fadenförmige Fortsätze in den Zellsaft hineingetrieben, deren feinste oft eine schlängelnde oder wie tastende Bewegung zeigen. Bei der Abkühlung verschwinden sie allmählig wieder, doch pflegt die Bewegung der Körnchen nicht immer wieder zur ursprünglichen Schnelligkeit zurückzukehren. Wird die Erwärmung plötzlich auf 45° und darüber getrieben, so treten oft die bereits erwähnten Varicositäten an den freien Protoplasmafäden auf, besonders bei *Tradescantia*. In anderen Fällen erstarren die Fäden in der Lage, die sie einnahmen und verharren noch lange in derselben, bis sie der allmälig um sich greifenden Auflössnng des Protoplasma anheimfallen. Schultze zieht aus diesen und anderen Beobachtungen die Folgerungen 1) dass die Wärme ein mächtiges Reitzmittel für die Protoplasmabewegung ist und 2) dass das Protoplasma der

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05979-0040-3

Pflanzenzellen bei ungefähr 45° C. abstirbt. Die Bewegung erlischt, worauf eine Veränderung in dem Aussehen der Masse eintritt, welche genau derjenigen gleicht, wie sie die contraktile Substanz der Pseudopodien und der Körper der Rhizopoden unter dem Einfluss von 43° C. eingeht.

Nach meinen Beobachtungen glaube ich die Angabe über die höchste Temperatur, welche das Protoplasma erträgt, in etwas modificiren zu müssen. Es ist gewiss, dass mit der Tödtung des Protoplasma's auch die ganze Zelle abstirbt und wenn die im ersten Theil angeführten Beobachtungen zeigen, dass verschiedene Pflanzen 10 Minuten lang 50—51° C. in Luft ertragen, so kann bei diesen Pflanzen das Protoplasma unmöglich getödtet worden sein, sonst hätten sie absterben müssen, es folgt also, dass das Protoplasma unter Umständen 10 Minuten lang über 50° C. erwärmt werden kann, ohne abzusterben. Aber es ist hierbei auch zuzugeben, dass bei lang anhaltender Erwärmung dieselben Pflanzen nicht im Stand sein würden, so hohe Temperaturen zu ertragen, dass daher die Angabe eines bestimmten Temperaturgrades nur für eine bestimmte Wirkungsdauer giltig ist. Meine Beobachtungen an Zellen, welche Temperaturen von mehr als 45° C. ausgehalten hatten, haben zu folgenden allgemeineren Resultaten geführt: 1) die Resistenz gegen hohe Temperatur ist grösser, wenn das umgebende Medium Luft, als wenn es Wasser ist. 2) Bei Temperaturen, welche wenig unterhalb der tödtenden Grade liegen, erleidet das Protoplasma eine merkwürdige bisher unbekannte Veränderung, die ich als „vorübergehende Wärmestarre des Protoplasma's" bezeichne. In diesem Falle nämlich erstarrt das Protoplasma scheinbar so, als ob es für immer getödtet wäre, dabei bleibt zuweilen das Fadennetz in seiner Form erhalten, öfters aber zieht es sich auf eine oder mehrere Klumpen zusammen; in dieser Unbeweglichkeit verbleibt es nun entweder einige Minuten lang oder dieselbe dauert selbst mehrere Stunden; dann aber beginnen, nach erfolgter Abkühlung, die erstarrten Fäden wieder zu strömen oder wenn sich das Protoplasma auf Klumpen zusammengezogen hatte, so treten nun nach und nach wieder Fäden hervor, die sich endlich in der früheren Form ausbilden und die Körnchenströmung deutlich zeigen. Dieser vorübergehenden Wärmestarre entspricht, wie ich im Anhang zeigen werde, eine „vorübergehende Kältestarre des Protoplasma's." (Schluss folgt.)

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05979-0041-9

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1864

Band/Volume: 47

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

Artikel/Article: Ueber die obere Temperatur-Gränze der Vegetation 33-39