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

Es sind zwei verschiedene aber zusammengehörige Fragen, zu deren Beantwortung das Folgende einen Beitrag liefern soll; nämlich 1) welche höchsten Temperaturgrade können Pflanzen ohne Beschädigung ertragen? und 2) Welche Veränderungen finden in den Zellen statt, wenn diese obere Temperaturgränze überschritten und das Gewebe durch zu hohe Temperatur getödtet wird?

Die Behandlung dieses Themas liefert die contrastirende Ergänzung zu den Untersuchungen über das Erfrieren, wobei ebenfalls zuerst die Frage nach der Temperaturänderung, welche das Erfrieren bedingt in Betracht kommt, während anderseits die Veränderungen studirt werden müssen, welche bei dem Kältetod in den Zellen eintreten. Wenn sich an die obigen Fragen ein geringeres praktisches Interesse knüpft, als an das Studium des Erfrierens, so leuchtet es dagegen auch von selbt ein, dass der theoretische Werth in beiden Fällen derselbe ist; im einen wie im anderen kommt er darauf an, die Gränzwerthe der Temperatur kennen zu lernen, in welche die Existenz der Vegetation gewissermassen eingeschlossen ist; neben der genauen Kenntniss der Organisation und der Einsicht in die Funktionen der Organe, scheint mir nichts so geeignet, den Begriff des Lebens aufzuhellen, als die Aufsuchung der äusersten Grenzen, innerhalb deren die äusseren Einflüsse die Lebensvorgänge gestatten und ausserhalb deren das Lebendige den Gesetzen der unorganischen Welt verfällt. Zum Begriff der vegetabilischen und des organischen Lebens überhaupt, gehört es u. A. als ein wesentliches Merckmal, dass es nur bei gewissen Temperaturgraden, nur bei gewissen Lichtintensitäten, nur bei gewisser Zusammensetzung des Bodens und der Luft u. s. w. möglich ist.

I. Die höchsten Temperaturen, welche Pflanzen ohne Beschädigung ertragen.

Senebier berichtet (Physiol. végét. III. 284), Secondat habe „*Tremella reticulata*" zu Dax in einem Bassin wachsen sehen, wo das Wasser 49° (ob. C. ob. R. ist nicht gesagt) warm war. Ganz unbrauchbar ist die Angabe, Sonnerot habe *Vitex agnus*

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05979-0007-1

castus [1]) neben einer Quelle von 69° gefunden [2]) und ebenso wenig Werth hat die Notiz, dass nach Forster auf der Insel Tanna am Fusse eines Vulkans dieselbe Pflanze wachse, indem der Boden 210° F. (also fast 99° C.) zeige, da nicht ausdrücklich angegeben ist, wie hoch die Temperatur zwischen den Wurzeln war. Wie wenig zuverlässig die Angaben Senebier's sind, erhellt aus der Notiz, dass in Karlsbad die „Conferva thermalis" in Wasser von 145—150° F. (d. h. 63—65° C.) wachsen, während es nach neueren Angaben erst dann Algen enthält, wenn es bis unter 55° C. und noch tiefer abgekühlt ist. Senebier macht endlich noch die Angabe, dass nach Adanson der Sand am Senegal, in welchem Pflanzen wachsen, sich bis 61⅓° R. (also 76, 7° C.) erwärme.

P. De Candolle (Physiol. übers. v. Röper II p. 661) sammelte in Balaruck *Aster tripolium*, deren Wurzeln von Wasser bespült wurden, welches 30° R. (37, 5° C.) zeigte; Ramond habe *Verbena officinalis* in Bagnéres am Ufer eines Baches, dessen Wasser 31° R. (38, 5° C.) hatte, gefunden. Bedeutungslos ist die Notiz, Desfontaine habe mehrere Pflanzen in der Nähe der heissen Quellen von Bona in der Berberei deren Wärme 77° (C.?) betrage, gesehen. In Plombiéres sollen nach De Candolle Oscillarien in Wasser von 51° (R.?) leben.

J. F. Schouw (die Erde, die Pflanze und der Mensch 1851 p. 120) sagt, Tenore habe *Cyperus polystachios* und *Pteris longifolia* in Mitten des aufsteigenden Dampfes der heissen Fumarolen auf Ischia und in einer so heissen Erde wachsen sehen, dass man sich verbrüht, wenn man sie mit den Wurzeln ausgräbt. Schouw gibt die Fumarola di Frusso und Caciotto als Standorte an.

Ehrenberg (citirt bei M. Schultze: das Protoplasma 1863 p. 49) fand auf Ischia in heissen Quellen Filze von grünen und braunen organischen Massen, welche aus lebenden Eunotien und grünen Oscillarien bestanden; das Thermometer in diese heissen Filze eingesenkt, soll 65—68° R. d. h. 81—85° C. gezeigt haben.

Dagegen fand Cohn (Flora 1862 p. 539) im Karlsbader Sprudel von 44° R. (55° C.) noch keinerlei Vegetation; erst wo das Wasser auf 43—35° (54—44° C.) abgekühlt ist, findet sich darin hellgrüne *Leptothrix lamellosa* und bei 35—25° R. (44—31° C.)

---

1) Senebier spricht im Plural von *Vitex* et *Agnus castus*.

2) Bei De Candolle (Physiol. übers. von Röper II. 661) heisst es 61° R.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05979-0008-7

wachsen Oscillarien und Mastichocladen. Dasselbe hatte Agardh 1827 gefunden. Nach einer von Hoffmann citirten Angabe Regels (botan. Ztg. 1863 p. 318) soll dort selbst bei 40° noch keine Vegetation zu sehen sein, und *Leptothrix* erst bei und unter 38° (R.?) auftreten; die Oscillarien sollen einer noch tieferen Temperatur angehören.

Alle diese Beobachtungen betreffen die Frage, ob Pflanzen oder einzelne Pflanzentheile beständig oder während längerer Zeit eine bestimmte hohe Temperatur ertragen. Hierher gehören nun auch die höchsten von mir beobachteten Keimungstemperaturen. Ich zeigte (Pringsheims Jahrb. II. 364), dass *Zea Mais*, *Phaseolus multiflorus*, *Cucurbita Pepo* binnen 48 Stunden keimten, während der neben den Samen und der Erde steckende Thermometer im Mittel 34° R. (42,5° C.) angab, wobei jedoch ein Maximum von 37° R. (46,2° C.) während einiger Stunden eintrat. Weizen keimte nicht, wenn die Temperatur bis 37° R. stieg, er keimte aber bei einer mittleren Temperatur von 30,6° R., wenn das Maximum nicht über 34,5° (43,1° C.) stieg. Für Gerste fand ich die höchste Keimungstemperatur zwischen 29—30° R. (36—37,5° C.). Erbsen keimten noch, als die Mitteltemperatur 30,6° R. betrug und das Maximum zeitweilig auf 34° R. (42,5° C.) stieg.

Wenn es sich bei den bisherigen Angaben darum handelte, ob sämmtliche oder einzelne Wachsthumserscheinungen bestimmter Pflanzen noch bei gewissen hohen Temperaturen stattfinden, so ist es dagegen eine andere Frage, wie hoch für kurze Zeit (einige Minuten bis Stunden) die Temperatur der umgebenden Luft und des Wassers steigen darf, ohne die Zellen zu beschädigen; es handelt sich hierbei nicht um das Stattfinden von Lebensvorgängen, sondern nur darum, ob die bereits vorhandene Organisation im Stande ist, einer gegebenen Temperatur während einer gewissen Zeit zu widerstehen. Die Beobachtungen von M. Schulze (a. a. O.), welche mit hierher gehören, werden indessen im zweiten Theil dieser Abhandlung noch weiter benützt werden und sollen dort ihre weitere Erwähnung finden. Dagegen entnehme ich hier einer Abhandlung von H. Hoffmann (botanische Zeitung 1863 Nro. 41 und 42) einige Mittheilungen, bevor ich meine eigenen, schon vor dem Erscheinen der Hoffmann'schen Arbeit gemachten Beobachtungen beschreibe. Er kochte Flüssigkeit, in welcher Bacterien lebten, ½—1—2 Minuten lang, während die Oeffnung des die Flüssigkeit enthaltenden Reagensrohres mit einem Baumwollenstopfen verschlossen blieb um das etwaige Ein-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05979-0009-5

dringen lebendiger Bacterien von aussen her zu hindern. In mehreren Fällen war schon ein 1 Minute langes Kochen ausreichend, um alles Bacterienleben zu vernichten (p. 306 Anm.); in der Regel aber fanden sich nach einigen Tagen in der gekochten Flüssigkeit wieder lebende Bacterien. In Flüssigkeit, welche 8—10 Minuten bis $^1/_4$ Stunde gekocht war, fand er später nur selten noch lebende Bacterien. Durch Kochen binnen 3—2—1 Stunde verschwanden sie völlig, d. h. sie waren bei dem ersten Wegnehmen dess Wollenpfropfes nicht zu finden, obwohl sie sich später nach freier Berührung mit Luft wieder einstellten. Hoffmann schliesst: „Es ergiebt sich hieraus, dass die Ammoniakbacterien mitunter selbst $^1/_2$stündiges Kochen ertragen können." Diese Folgerung wird jedoch, wie ich glaube, sehr zweifelhaft durch die weitere Angabe (p. 315), „dass das Fortleben der Bacterien niemals nach sofortigem Wiederöffnen des Wattenpfropfs unmittelbar nach geschehener Erkaltung beobachtet werden konnte, sondern erst nach mehreren, mindestens 2 Tagen." Eine definitive Deutung der Hoffmann'schen Beobachtungen halte ich dieser Bemerkung gegenüber für unmöglich. In zugeschmolzenen Röhren $^1/_2$—1—2 und mehr Minuten lang erhitzte Flüssigkeit (die Glasröhren lagen in siedendem Wasser), zeigte dann nach 1—18 Tagen niemals lebende Bacterien. Diese Angabe scheint doch entschieden dafür zu sprechen, das die Bacterien die Siedhitze nicht überdauern. Nach Pasteur sollen trockene Sporen von *Penicillium glaucum* 108°C. fast unbeschädigt überdauern und selbst nach $^1/_2$stündigem Erwärmen auf 119—121° C. grösstentheils entwickelungsfähig bleiben, doch erfolge die Keimung als dann 2—4 mal langsamer als gewöhnlich; $^1/_2$ Stunde auf 127—132° C. erwärmt, keimen sie nicht mehr. Aehnlich verhält sich *Ascophora elegans* (Vergl. De Bary in Flora 1862. 364 und die dort citirten Versuche mit erhitztem Staub.) Hoffmann fand, dass die Sporen von *Uredo destruens* und *segetum* im trockenen Zustand ohne Schaden auf 128°C. erwärmt werden können, dass im Feuchten dagegen *U. segetum* bei 58,5 bis 62°C. und *U. destruens* bei 70—73°C. getödtet wird. Nach Payen soll *Oïdium aurantiacum* selbst 120° C. im keimfähigen Zustand überdauern[1].)

Die Thatsache, dass trockene Sporen ohne Beschädigung

[1]) Auch mit Samen sind, wie ich mich erinnere, derartige Versuche gemacht worden, doch gelang es mir nicht, die Notizen darüber aufzufinden.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05979-0010-5

höhere Temperaturen aushalten, als im feuchten Zustand, beleuchtet Hoffmann durch die Angabe, dass Eiweis (welches in jenen vorkommen soll), wenn es bei niederer Temperatur getrocknet worden ist, alsdann bis über die Siedhitze des Wassers erwärmt werden kann, ohne seine Löslichkeit einzubüssen, während es im feuchten Zustand schon weit unter der Siedhitze unlöslich wird, gerinnt. Indem das Eiweiss auch in den Zellen sich so verhalte, sei damit nach Hoffmann der Unterschied zwischen trockenen und feuchten Sporen in ihrem Verhalten zu hohen Temperaturen erklärt. Dass diese Erklärung aber nicht genügt, folgt unmittelbar aus der auch von Hoffmann citirten Angabe von Lauder-Lindsay (botanische Zeitung 1861. 359), wornach in dem Wasser der Quellen von Laugarness (Jsland) zweierlei Conferven wachsen, obgleich darin Eier in 4—5 Min. gesotten werden.

Ich wende mich nun zur Beschreibung meiner eigenen Versuche, welche mit Pflanzen aus den verschiedensten Classen gemacht wurden.

Die Landpflanzen waren zum Zwecke dieser Versuche vorher in kleinen Blumentöpfen aus Samen erzogen worden. Um sie einer beliebig hohen Temperatur auszusetzen, wurden sie sammt ihrem Blumentopf in den Erwärmungsapparat gestellt, den ich zu meinen früheren Versuchen über hohe Keimungs-Temperaturen und zu den vor Kurzem in der Flora mitgetheilten Beobachtungen über die Wärmestarre bei *Mimosa* benützt hatte; eine Abbildung desselben habe ich in Pringsheims Jahrbuch II. p. 341 gegeben; doch wendete ich hier, da es sich um kurze Zeiten handelte, als Heizmittel eine oder zwei Spirituslampen an. Ein Thermometer wurde in die Erde zwischen die Wurzeln gesteckt, ein anderes kurzes so angebracht, dass sich seine Kugel zwischen den Blättern befand. Ohne die Glasglocke abzuheben, konnten beide abgelesen werden. — Um die Temperatur in dem Luftraum unter der Glocke $^1/_4$ — $^1/_2$ Stunde und länger constant auf einem bestimmten Grad zn halten, bedarf es bei der Heizung mit Spirituslampen einiger Aufmerksamkeit und Uebung. — Die Construction des Apparates bringt es mit sich, dass mit steigender Temperatur auch die Quantität des Wasserdampfs unter der Glasglocke immerfort zunimmt; während der Versuchszeit war die Luft von 45° bis 50° und mehr beinahe mit Wasserdampf gesättigt, wie aus dem Umstand hervorgeht, dass eine Temperaturerniedrigung um 0,5 — 1° C. sogleich einen dichten Wasser-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05979-0011-1

niederschlag auf der Innenseite der Glocke bewirkte Die Transpiration konnte also während der Versuchszeit nur unbedeutend sein, und die durch die angegebenen hohen Temperaturen erfolgte Tödtung darf daher auch nicht einer übermässigen Austrocknung der Blätter zugeschrieben werden; es folgt diess ohnehin aus der Thatsache, dass die Blätter während der Versuchsdauer (mit wenigen Ausnahmen) nicht welkten und selbst längere Zeit nach derselben sich frisch erhielten, selbst dann, wenn später sich zeigte, dass sie durch die Temperatur getödtet waren. Endlich zeigt der Umstand dass Blätter in Wasser getaucht bei minderer Temperatur getödtet werden, dass es nicht die Transpiration ist, welche die oberirdischen Pflanzentheile bei hohen Temperaturen in Luft tödtet, sondern dass diess einer unmittelbaren Beschädigung der organisirten Gebilde durch die Wärme zuzuschreiben ist.

Neben diesen Versuchen, wobei sich die Blätter in erwärmter Luft befanden, wurden auch andere mit gleichen Pflanzen angestellt, um das Verhalten in warmem Wasser von bestimmter Temperatur zu prüfen. Wo es Landpflanzen betraf, wurden dazu ebenfalls eingewurzelte in Blumentöpfen erzogene Exemplare verwendet. Ein grosses Becherglas wurde durch Mischnng mit Wasser von bestimmter Temperatur gefüllt und dann die Pflanze umgekehrt, so dass alle oberirdischen Theile in's Wasser tauchten, während der obere Rand des umgekehrten Blumentopfes auf zwei über den Glasrand gelegten Holzstäbchen ruhte.

Wasserpflanzen wurden im Wasser langsam erwärmt oder in solches von bestimmter Temperatur eingelegt. Um die Abkühlung des Wassers in beiden Fällen zu vermeiden, genügt es, ein Sandbad heiss zu halten und das Wassergefäss sogleich darauf zu setzen, wenn die Abkühlung sich an dem Thermometer im Wasser bemerklich macht. Durch wiederholtes Abheben und Aufsetzen bei beständiger Beobachtung des Thermometers kann man die Temperaturschwankungen nach Belieben vermindern.

Es ist wahrscheinlich, dass dieselbe Pflanze im Stande ist, einer hohen Temperatur bei kurzer Wirkungsdauer zu widerstehen, während sie durch dieselbe bei länger anhaltender Wirkung getödtet werden würde. Demnach kann also von einem höchsten bestimmten Temperaturgrad, den eine Pflanze erträgt, nicht wohl die Rede sein. Ich habe mich daher darauf beschränkt, für willkürlich gewählte kürzere Zeiten (meist 10—30 Minuten) die höchste erträgliche Temperatur kennen zu lernen; ich musste

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05979-0012-7

mich aber selbst hierbei noch auf eine blosse Annäherung beschränken. Es leuchtet ein, dass eine scharfe Bestimmung des Temperaturgrades, bei welchem für eine gegebene Zeit der Wendepunkt zwischen Tod und Leben für eine Pflanze liegt, eine grosse Zahl von Versuchen erfordert, die ihrer Natur nach viel Zeit beanspruchen; ich hielt es daher unter den obwaltenden Umständen für vorläufig genügend, jenen Wendepunkt in ziemlich enge Gränzen einzuschliessen.

Meine Versuche mit eingewurzelten Pflanzen von *Nicotiana rustica*, *Curcurbita Pepo*, *Zea Mais*, *Mimosa pudica*, *Tropaeolum majus*, *Brassica Napus* führen nun zu dem Resultat, dass keine dieser Pflanzen eine Temperatur von mehr als 51° C. in Luft auch nur 10 Minuten lang ohne starke Beschädigung oder völlige Tödtung erträgt, während sie Temperaturen zwischen 49—51° C. binnen 10 und selbst mehr Minuten ohne Beschädigung ertragen. Dagegen werden die Organe, welche die letztgenannten Temperaturen in der Luft überdauert haben, durch Berührung mit Wasser von derselben Wärme schon binnen 10 Minuten getödtet; der höchste erträgliche Temperaturgrad liegt also im Wasser für gleiche Organe niedriger als in der Luft. Dem entspricht auch das Verhalten der Wasserpflanzen: *Vallisneria spiralis*, *Ceratophyllum demersum*, *Chara* (sp.) und *Cladophora*, von denen keine eine Temperatur von 50° C. binnen 10 Minuten im Wasser erträgt; *Vallisneria* und *Chara* gehen selbst durch 45° C. — 10 Minuten lang — völlig zu Grunde.

Alter und Art der Organe wirkt bestimmend auf ihre Fähigkeit, kürzere Zeit hohe Temperaturen zu ertragen: im Allgemeinen wird zuerst die Lamina der jungen aber ausgewachsenen Blätter getödtet; die jungen noch nicht ausgewachsenen Blätter und Knospentheile sind auffallend widerstandsfähiger; am längsten widerstehen alte gesunde Blätter, die Blattstiele und die saftigen älteren Internodien.

Die Zeit, nach deren Verlauf die Tödtung bemerklich wird, ist nach der Höhe der Temperatur verschieden, je höher dieselbe ist, desto rascher erfolgt das Verderben der davon betroffenen Organe; bei Pflanzen, welche durch 50—51° C. in Luft getödtet worden sind, vergehen oft mehrere Tage, ehe man eine auffallende Aenderung wahrnimmt. Merkwürdig ist es, dass Pflanzen, welche später völlig zu Grunde gehen, während der Versuchsdauer und einige Stunden, selbst Tage lang nachher, ein auffallend gesundes Aussehen, den höchsten Turgor zeigen. Dann werden die Blätter

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05979-0013-3

welk und runzelig und vertrocknen in kurzer Zeit so, dass man sie zu Staub zerreiben kann. (Fortsetz. folgt.)

Bitte an die Bryologen Europa's und Antwort auf Herrn v. Cesati's Bemerkungen in Bezug auf einige in der Bryologia europaea und in der Synopsis Muscorum europ. mit Stillschweigen übergangene Moosarten und Standorte, von W. Ph. Schimper.

Mit den Supplementen zur Bryologia europaea und zur Synopsis Muscor. europ. beschäftigt, erlaube ich mir hiemit die Bitte an die Bryologen Europa's, mir ihre Entdeckungen im Bereiche der europäischen Moosflora, so wie ihre etwaigen kritischen Bemerkungen über beide genannte Werke gütigst recht bald mittheilen zu wollen, damit dieselben, bei der zunächst bevorstehenden Herausgabe dieser Supplemente wo möglich benützt werden können.

Ich habe es mir nämlich zur Aufgabe gestellt, so lange als es meine Kräfte erlauben werden, den begonnenen Aufbau einer vollständigen Bryologia europaea fortzusetzen; da aber dieser Aufbau eines Materials bedarf, welches allein zu sammeln mir natürlich nicht vergönnt ist, so muss ich die Freunde der Mooskunde von nah und fern zur Mitarbeit auffordern. Denn nur durch vereintes Zusammenwirken kann wahrhaft Erspriessliches erzielt werden.

Zahlreiche Entdeckungen sind auf dem Felde der europäischen Bryologie in neuester Zeit gemacht worden, denn nicht weniger als 90 neue Moosarten sind seit dem Erscheinen des letzten Bandes der Bryologia europaea 1856, und davon über 60 seit der Herausgabe meiner Synopsis, entweder ganz neu aufgefunden oder mit Sicherheit von andern, mit welchen sie verwechselt worden waren, unterschieden worden. Einige wenige derselben waren zwar schon entdeckt und zum Theil auch schon benannt und beschrieben, mir aber entweder gänzlich unbekannt oder doch so räthselhaft geblieben, dass mir ihre Aufnahme in die genannten Werke unmöglich war. Denn ich habe immer den schon früher ausgesprochenen Grundsatz befolgt, nur solche Arten aufzunehmen, von denen mir authentische und hinlänglich vollständige Exemplare zum Beschreiben und Abbilden zu Ge-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05979-0014-9

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 5-12