FLORA.

№ 2.

Regensburg. Ausgegeben den 31. Januar. **1862.**

Inhalt. ORIGINAL-ABHANDLUNGEN. J. Sachs, über die Wirkung des Frostes auf die Pflanzenzellen. — W. Nylander, De scriptis Friesianis novae animadversiones. — PFLANZENSAMMLUNGEN.

Zu Nägeli's Abhandlung „Ueber die Wirkung des Frostes auf die Pflanzenzellen" (in den Sitzungsberichten der königl. bayr. Akademie der Wissenschaften zu München vorgetragen am 9. Februar 1861). Von Julius Sachs.

„Es sind zwei Fragen, sagt der Verf., über welche die Botaniker noch ungleicher Meinung sind: 1) Giebt es Zellen, deren Säfte ohne Gefahr für ihre Lebensfähigkeit gefrieren können? 2) Welche Veränderungen bewirkt der Frost in der Membran und im Inhalte?"

Bevor ich auf eine speciellere Betrachtung derjenigen Sätze eingehe, durch welche Nägeli die oben gestellten Fragen beantwortet, sei es erlaubt daran zu erinnern, dass ich um ein Jahr früher dieselben Fragen zum Gegenstand einer längeren Untersuchung gemacht habe, deren Resultate ich in zwei Abhandlungen veröffentlichte; die erste derselben erschien unter dem Titel „Krystallbildungen bei dem Gefrieren und Veränderung der Zellhäute bei dem Aufthauen saftiger Pflanzentheile" in den Berichten der königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften 1860. (Am Ende mit dem Datum des 9. Februar 1860); die andere „Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen" wurde im 5. Hefte der Zeitschrift „die landwirthschaftlichen Versuchsstationen" Dresden 1860) ver-

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0019-3

öffentlicht. Ich führe diese Abhandlungen darum an, weil ich mich im Folgenden mehrfach darauf beziehen muss und hier manches nur kurz andeuten kann, was dort weiter ausgeführt und mit den nöthigen Beweisen belegt ist.

Die Frage „giebt es Zellen, deren Säfte ohne Gefahr für ihre Lebensfähigkeit gefrieren können?" betrachtet der Verfasser durch die Beobachtungen von Linné, Du Hamel, Dupetit-Thouars, Schübler, Treviranus, Göppert u. A. als erledigt, und zwar in dem Sinne „dass viele Pflanzengewebe gefrieren können ohne zu leiden, dass andere dagegen dadurch getödtet werden". In dieser Fassung kann ich den Satz ebensowenig für den Thatsachen entsprechend, als den Ansichten der genannten Autoren conform betrachten. So viel steht allerdings fest, dass sehr viele Pflanzen und Pflanzentheile vollständig gefrieren können, ohne dann, nach dem Aufthauen getödtet (erfroren) zu sein; ich habe diese Frage in meiner zweiten Abhandlung unter der Ueberschrift (p. 173) „verursacht das Gefrieren jederzeit ein Erfrieren?" behandelt und mit dem Satze geschlossen „es steht also fest, dass das Gefrieren nicht jederzeit ein Erfrieren bewirkt; das Erfrieren muss also durch besondere Umstände bedingt werden, welche von dem Gefrieren mehr oder weniger unabhängig sind". Mein Widerspruch bezieht sich vielmehr auf den zweiten Theil von Nägeli's Satz „dass dagegen andere dadurch getödtet werden"; es ist nämlich sehr zweifelhaft, ob überhaupt jemals eine Zelle oder Pflanze durch das Gefrieren an und für sich getödtet wird, denn es giebt Erscheinungen, welche entschieden darauf hinweisen, dass nicht das Gefrieren, sondern das Aufthauen zerstörend auf das Leben der Zellen wirkt. Zahlreiche Beobachtungen, sogar die Praxis in manchen Gegenden zeigt, dass gefrorene Pflanzen, welche sich selbst überlassen rasch aufthauen und dann todt sein würden, dadurch vollständig unversehrt erhalten werden können, dass man sie möglichst langsam aufthauen lässt. Ich habe in meiner zweiten Abhandlung die betreffenden Aeusserungen Du Hamel's, Göpperts, Hoffmann's angeführt und meine eigenen gerade speciell auf diesen Punkt gerichteten Untersuchungen in der erstgenannten Arbeit beschrieben. Nägeli's Ansichten würden sich gewiss wesentlich modificirt haben, wenn er die Thatsache, dass das Aufthauen gefrorener Pflanzenzellen den Ausschlag über Tod oder Leben derselben giebt, mit berücksichtigt hätte. Ich will nicht behaupten, denn die Beobachtungen gingen noch nicht so

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0020-3

weit, dass alle Zellen ohne Ausnahme nur insofern durch das Gefrieren getödtet werden, als sie zu rasch aufthauen; da diess aber für viele Fälle vollständig erwiesen ist, so muss wenigstens die Vermuthung noch gehegt werden, dass auch in den übrigen Fällen, wo es noch nicht gelungen ist, durch langsames Aufthauen die gefrorenen Zellen zu retten, doch die Art des Aufthauens und nicht das Gefrieren an sich den Tod herbeiführe. Den Gegensatz, den Nägeli in Bezug auf die Fähigkeit der Pflanzenzellen, dem Frost zu widerstehen, annimmt, kann ich aus zwei Gründen nicht gelten lassen, denn einmal handelt es sich hierbei gar nicht um das Gefrieren, sondern um das nachherige Aufthauen, (der Gegensatz müsste sich also hierauf beziehen) und anderseits lässt sich auch darum kein Gegensatz aufstellen, weil die Pflanzengewebe gegen Kälte sehr verschiedene Gradstufen der Reaktion zeigen, wodurch die beiden Extreme vereinigt werden. Nicht immer tritt nach der Einwirkung des Frostes wirklicher Tod der gefrorenen und aufgethauten Gewebe ein, es zeigt sich, wie ich diesen Herbst beobachtete (an *Robinia Pseudacacia*) eine krankhafte Affektion, die das ganze Blatt gleichförmig trifft und die ihm noch ein mehrwöchentliches Leben zulässt. Als gewiss betrachte ich, dass es Pflanzen giebt, die jedem Frost und jeder Art des Aufthauens siegreich widerstehen; sie sind aus Zellen gebildet, welche überhaupt nicht durch Erfrieren zu tödten sind; dahin gehören gewiss die meisten Flechten, viele Laubmoose und manche lederartige oder holzige Pilze;[1]) zweitens giebt es Pflanzen, welche fest gefrieren und dann ziemlich rasch aufthauen können ohne im geringsten zu leiden, wenn sie aber im gefrorenen Zustande sehr schnell z. B. mit der warmen Hand erwärmt werden, so erleidet das Gewebe die dem Kältetode eigene Umänderung; dahin gehören z. B. *Lamium purpureum*, *Urtica*, *Faba*, *Brassica*, manche Gramineen; drittens giebt es Pflanzentheile, die wenn sie gefroren sind nur dann unversehrt bleiben, wenn sie äusserst langsam aufthauen, dahin gehört das Tabakblatt, das Fleisch der Kürbisfrucht und die Kürbisblätter. Ob es endlich auch Zellen giebt, die nach dem Gefrieren jederzeit zu Grunde gehen, auch wenn sie noch so langsam aufthauen, ist nicht erwiesen und scheint mir unwahrscheinlich. Es ist jedesmal Gegenstand einer besonderen Untersuchung, ob ein Pflanzengewebe durch das Gefrieren unrettbar dem Verderben preisgegeben ist, oder ob es nicht durch

[1]) Vergl. E. Fries Annales des sciences XII. 5.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0021-9

eine besondere Art des Aufthauens noch lebendig erhalten werden kann. Wir sind also noch keineswegs in der Lage, von einem Gegensatz, wohl aber von einem wesentlich verschiedenen Verhalten der Zellen gegen Kälte zu sprechen.

Dagegen stehe ich ganz auf Seiten des Verfassers der vorliegenden Abhandlung, wenn es gilt die Ansichten derer zu widerlegen, welche das Gefrieren lebendiger Pflanzen leugnen, oder welche behaupten, die Pflanzen hätten besondere Fähigkeiten, sich vor dem Gefrieren zu schützen, oder welche so weit gehen, anzunehmen, die Bäume nordischer Länder, wo das Thermometer zuweilen Monate lang unter 0° bleibt, könnten, von ihrer Rinde geschützt, innerhalb nicht gefrieren. Die Versuche von Schübler, die leider nicht so bekannt sind wie sie es verdienen, lassen hier nicht den geringsten Zweifel übrig. Ich habe die betreffende Literatur in meiner zweiten Abhandlung (p. 170) unter der Ueberschrift „Nachweis, dass Pflanzen im Innern gefrieren können" kurz zusammengestellt.

In Bezug auf die Veränderungen, welche das Gefrieren in der Membran und im Inhalt der Pflanzenzellen bewirkt, berührt Nägeli zunächst die früher allgemeine Annahme, als ob der Frost die Zellhäute zerreisse, indem die erstarrenden Zellinhalte sich ausdehnen. Mit Recht weiset er darauf hin, dass die mikroskopische Untersuchung erfrorener Zellen keine vollkommene Ueberzeugung gewährt. Nägeli schlug dagegen einen anderen Weg ein um zu erfahren, ob die erfrorenen Zellen zerrissen sind, er untersuchte ihr diosmotisches Verhalten, was ich an grösseren Gewebemassen in einer längeren Versuchsreihe um ein Jahr früher durchgeführt hatte[1]) (meine erstgenannte Abhandlung). Er liess die Zellen von *Spirogyra orthospira* Näg. in einem Wassertropfen auf dem Objekträger gefrieren; nach dem Aufthauen war der Primordialschlauch contrahirt und der Inhalt hatte seine regelmässige Anordnung verloren. Die Zellen hatten auch deutlich ihre Turgescenz eingebüsst und somit einen Theil ihrer Zellflüssigkeit abgegeben[2]); dabei wurden die Zellen auch kleiner.

---

[1]) Ich habe gezeigt, dass erfrorene Zellhäute, indem sie permeabler und filtrationsfähig werden, zugleich eine Geschwindigkeitsänderung und eine sehr bedeutende Aenderung des endosmotischen Aequivalentes der diffundirenden Flüssigkeiten erzeugen.

[2]) Was ich ebenfalls in meiner genannten Abhandlung nach Gewichtsbestimmungen an grösseren Gewebemassen schon angegeben habe.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0022-5

Von Rissen in der Membran war nichts wahrzunehmen. Als er die Zellen mit Zucker, Glycerin, Dextrin, Salzen in Berührung brachte, fielen sie zusammen, eine Wirkung der Exosmose, welche unmöglich hätte eintreten können, wenn die Zellhaut gerissen gewesen wäre. Dieser Versuch ist wohl völlig entscheidend für die vorliegende Frage und ich betrachte ihn als einen werthvollen Nachtrag zu den von mir veröffentlichten Versuchen.

Auch hebt Nägeli die rein physikalische Seite der Frage hervor, die ebenfalls zu dem Resultat führt, dass Zerreissungen der Zellhäute bei dem Gefrieren nicht eintreten müssen[1]). Die Zellhaut braucht sich, wenn ihr Inhalt gefriert nur um $^1/_{11}$ ihrer Oberfläche auszudehnen, und die Ausdehnung braucht nicht einmal ganz so gross zu sein, weil das Wasser bevor es gefriert (und sich dabei ausdehnt) zunächst eine Contraction erfährt, wenn es sich von der Vegetationstemperatur aus abkühlt, d. h. die z. B. 20° C. warme Zellflüssigkeit zieht sich zusammen, wenn sie sich auf 0° abkühlt und kann somit die Ausdehnung des Eises bei dem Gefrieren um eben so viel geringer angesehen werden in Bezug auf die nöthige Ausdehnung der Zellhaut. Indessen ist diese Beweisführung meiner Ansicht nach nur so lange gültig, als man zugiebt, dass die Zellflüssigkeit zuerst gefriert, wenn man dagegen Grund zu der Annahme hätte, dass die Zellhaut zuerst und dann der Inhalt gefriert, so würde Nägeli's Beweis nicht mehr hinreichen; denn wenn die Zellhaut zuerst gefriert, so hört sie auf dehnbar zu sein und wird von dem gefrierenden Inhalte ebenso gesprengt, wie eine Flasche, in welcher Wasser gefriert. Indessen bezieht sich das nur auf die Beweisführung; das Resultat halte ich für vollkommen richtig, vorzüglich desshalb, weil gefrorene Zellen wieder aufleben können, was nach erfolgter Zerreissung unmöglich wäre. Nägeli weiset ferner darauf hin, dass die Turgescenz (ich denke mir darunter den Wassergehalt der Zellen) um so mehr abnimmt, je niedriger die Temperatur wird (was ich nicht für bewiesen halte); dazu brauche sich die Zellhaut auch nicht sehr über ihr gewohntes Maas auszudehnen, wenn der Inhalt gefriert.

„Die Veränderungen, fährt Nägeli fort, welche im Inhalt und in der Membran der Pflanzenzelle vor sich gehen, wenn die-

[1]) Ich glaube der schlagendste Beweis, dass keine Zerreissungen stattfinden, liegt in dem Umstand, dass die Zellen wieder nach erfolgtem Aufthauen lebensfähig sind, was ja nach Zerreissung der Häute unmöglich wäre.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0023-1

selben durch den Frost getödtet werden, sind die nämlichen, welche überhaupt beim Absterben eintreten", es contrahire sich nämlich der Primordialschlauch, es träten durch Humification braune Töne auf; Membran und Primordialschlauch haben andere diosmotische Eigenschaften angenommen „sie haben die ihnen früher eigenthümliche Resistenz gegen das Austreten der Zellflüssigkeit verloren, die Ausgleichung des Zellinhalts mit einer umgebenden Flüssigkeit geschieht jetzt wie durch todte Membranen." Ich stimme nach meinen Versuchen mit dieser Ansicht Nägeli's vollkommen überein, so weit es die Umänderung der Zellhäute durch das Gefrieren betrifft, ich glaube aber, dass es wenig Gewinn bringt, zu sagen, diese Umänderung sei dieselbe, wie überhaupt bei todten Zellhäuten.

Dem zunächst wissen wir noch sehr wenig über den Unterschied zwischen lebenden und todten Zellhäuten und vor allem glaube ich, dass gerade an den erfrorenen Häuten dieser Unterschied bisher am besten studirt ist. Auch scheint diese Vergleichung etwas zu allgemein, denn wenn auch die Veränderung der Zellhäute z. B. durch heisses Wasser, durch Säuren und Alkalien ähnliche Resultate giebt, wie durch das Erfrieren, so giebt es doch noch andere Todesarten der Zellen, bei denen wir die Art der Veränderung, die dabei in der Haut stattfindet, nicht kennen, z. B. bei den durch Austrocknung getödteten Zellen.

Wenn Nägeli weiter sagt: „Mit Rücksicht auf die Einwirkung des Frostes auf die Pflanzenzellen müssen wir also sagen, dass dieselben gefrieren, sobald die Temperatur so tief gesunken ist, als es die in der Regel ziemlich geringe Concentration der Zellflüssigkeit verlangt. Diess muss für die einigermassen exponirten Pflanzentheile (die nicht in der Erde sich befinden oder mit einer dicken Schneelage bedeckt sind[1]) jeden Winter bei uns eintreten", so ist das gewiss als richtig hinzunehmen, wenn er aber fortfährt „das Gefrieren hat auf die einen Gewebe keinen nachtheiligen Einfluss, andere werden dadurch getödtet", so steht er hierbei, wie ich oben gezeigt zu haben glaube, auf einem unrichtigen und überwundenen Standpunkt. „Ob das Eine oder das Andere der Fall sei, hängt von specifischen oder individuellen Verhältnissen ab." Es wird dieser letzte Satz an einem von Schacht falsch gedeuteten Beispiele in Anwendung gebracht[2]) und dann

[1]) Auch diese gefrieren zuweilen vollständig und bilden keine Ausnahme.

[2]) Es handelt sich in diesem Falle z. Th. um das Abfallen der Lärchen-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0024-7

auf das Erfrieren der Zweigenden vieler Sträucher als auf ein Phänomen hingewiesen, welches den Beweis liefert, dass die „allergeringsten Verschiedenheiten in der Beschaffenheit der Gewebe hinreichen, um eine schädliche oder unschädliche Wirkung des Frostes zu bedingen. Ich möchte nicht unterlassen, hierbei an die klassische Abhandlung von H. v. Mohl „über das Erfrieren der Zweigspitzen mancher Holzgewächse“ in der botanischen Zeitung 1848. 6. zu erinnern, wo diese Erscheinungen eingehend beschrieben sind, und wonach die Reife des Holzes, welche von der Länge und Intensität des Sommers abhängt die Ursache dieses Abfrierens der Zweigspitzen ist. Auch gehört hierher die Bemerkung des Oelhafen von Schöllenbach (Uebersetzung von Du Hamel's Naturgeschichte der Bäume 1764 p. 271), dass auch die Wallnuss im Winter an den Zweigen leidet, wenn der feuchte Herbst die Vegetation zu sehr in die Länge zieht; auch das Entlauben der Bäume, welches schon bei Göppert angeführt wird, zum Schutz gegen Winterkälte, weiset auf eine ähnliche Deutung hin; wir kennen also schon einige von den Verschiedenheiten in der Beschaffenheit der Zellhaut, wodurch sie dem Froste besser widersteht, wenigstens einigermassen. Auch in anderer Richtung lassen sich solche Verschiedenheiten, die mit dem Erfrieren in einem gewissen Zusammenhange stehen, nennen; z. B. erfrieren im Allgemeinen die älteren Blätter leichter als die Knospentheile; so giebt Göppert (Wärmeentw. in d. Pfl. p. 23) an, dass die Blumen verschiedener Gewächse noch lebten, wenn auch die Blätter schon von Frost zerstört waren; ferner ist bekannt, dass oft (wie im Mai 1861 in Bonn) an den Kirschenblüthen die Pistille in den Blüthen erfrieren, während alles Uebrige unversehrt bleibt.

„Wenn ein Pflanzentheil, fährt Nägeli fort, für den Frost empfindlich ist, so genügt es, dass das Wasser in demselben sich vollständig in Eis verwandle, um ihn zu tödten. Es ist gleichgleichgültig, ob das Gefrieren bei gelinderer oder strengerer Kälte erfolgt, ob es längere Zeit andauert oder nicht.“ Den ersten dieser Sätze muss ich entschieden in Abrede stellen, denn viele gegen den Frost höchst empfindliche Pflanzentheile können,

---

nadeln nach einem Nachtfrost, was wohl überhaupt nicht eigentlich unter die Phänomene des Erfrierens zu zählen ist, sondern unter die von H. v. Mohl beschriebenen Wirkungen des Frostes auf das Abfallen der Blätter zu stellen sein dürfte. Siehe Mohl: botan. Zeitung 1860 S. 15 u. 16.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0025-3

wenn sie fest gefroren sind doch noch zum Leben gebracht werden, wenn sie sehr langsam aufthauen; zum Erfrieren genügt es also keineswegs, dass das Wasser in den Zellen sich vollständig in Eis verwandle. Auch der zweite Satz muss mindestens anders hingestellt, eingeschränkt werden, wenn er wahr sein soll. Nägeli verwirft Meyen's Ansicht, dass die gefrorenen Blätter sich wieder erholen könnten, wenn der Frost nicht zu lange angehalten habe; „denn es gebe zu viele Thatsachen, welche beweisen, dass wenn einmal ein Gewebe vollkommen gefroren ist, es für die Wirkung ganz gleichgültig bleibt, ob dasselbe nach wenigen Stunden oder nach Tagen und Wochen wieder aufthaue, und ob der gefrorene Theil einer Kälte von —2° oder — 20° ausgesetzt sei." In dieser strengen Fassung kann Nägeli's Ansicht nicht festgehalten werden, und Meyen behält wenigstens zum Theil Recht. Schon Göppert führt in seinem von Nägeli mehrfach erwähnten Buch (Wärmeentw. in d. Pfl. p. 60) seine Beobachtungen über die namhafte Verdunstung aus gefrorenen Pflanzentheilen an, denen ich eigene Beobachtungen an die Seite stellen könnte, und er weiset dann darauf hin, dass bei lang anhaltendem Froste und besonders bei Wind die gefrorenen Zweige bis zu einem Grade austrocknen können, der ihnen nachtheilig wird. Es ist diess einer von den Fällen, welche zeigen, wie complicirt die Wirkungen des Frostes auf Pflanzen sind und dass es nicht genügt, wenn man Lebenserscheinungen erklären will, allgemein gefasste Lehrsätze der Physik auf die Pflanze zu übertragen.

Die hier besprochene Abhandlung Nägeli's ist nur 7 Seiten lang und trägt den Charakter einer gelegentlichen Mittheilung; man kann daher nicht erwarten, dass hierbei die Thatsachen und die Literatur, welche hierher gehören, ausführlich berücksichtigt seien, auch halte ich das für keinen grossen Uebelstand. Der Verfasser hat aber einige der bekannten Thatsachen, welche den entschiedensten Einfluss auf seine Frage nehmen mussten, nicht berücksichtigt und begnügt sich theilweise mit allgemeinen mehr apriorischen Andeutungen, wo wir bereits sicheren Aufschluss geben können, aus dem vorhandenen Beobachtungsmaterial. Was im Allgemeinen die Beantwortung der Frage: welche Veränderungen gehen im Inhalt und der Zellhaut bei der Einwirkung des Frostes vor sich, betrifft, so behandelt Nägeli nur einen einzelnen hierher gehörigen Fall. Die Einwirkungen des Frostes auf Pflanzenzellen sind aber sehr mannichfacher Art und ich erlaube mir zum Schluss auf einige von Nägeli nicht berührte

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0026-9

Wirkungen, die mit zur Beantwortung seiner Frage gehören, hinzuweisen. Zunächst verdient die Zusammenziehung der Gewebemassen im Momente des Gefrierens unsere Beachtung: H. Hoffmann, Grundzüge der Pflanzenklimatologie 1857 S. 327—329 und meine erstgenannte Abhandlung S. 19—22.

Aus dieser zuweilen ungleichmässigen Zusammenziehung der Zellhäute folgen eigenthümliche Bewegungserscheinungen der Blätter auf welche Linné, Göppert und ich hingewiesen haben. Manche Beschädigungen der Bäume dürften sich einfach aus der Zusammenziehung der Rinde durch den Frost erklären; wenn diese erstarrt und sich zusammenzieht, so übt sie einen bedeutenden Druck auf die noch nicht erstarrten Gewebe der Bastschicht und des ganzen Holzes, wodurch diese möglicherweise zerquetscht werden können. Wenn dagegen nach anhaltendem Froste, wo Rinde und Holz erfroren sind, die Rinde bei eintretendem warmem Wetter aufthaut, sich schnell ausdehnt, so wird sie zu gross für das Holz, es erfolgt eine Spannung zwischen Rinde uud Holz, welche dahin führen kann, jene von diesem abzureissen, es können so an der Grenze von Holz und Rinde Zerreissungen eintreten, die äusserlich nicht zu bemerken sind (siehe meine zweite Abhandlung p. 183). Ferner gehört hierher das Entstehen der Längsspalten an Stämmen, wie es Du Hamel und Caspary beobachtet haben; aus Caspary's Angaben folgt, dass eine Ungleichförmigkeit der Zusammenziehung der Zellhaut in verschiedenen Richtungen auftritt.

Auch kann hier noch auf eine Möglichkeit hingewiesen werden, welche, wie ich glaube, einige Beachtung verdient. Es kann nämlich unter Umständen eine Zerquetschung der Zellhäute bei dem Gefrieren der grösseren Gewebemassen eintreten. Denken wir uns eine Kartoffel in sehr kalte Luft gebracht, so wird die äussere Schicht derselben zuerst erstarren und einen unnachgiebigen Panzer um das innere noch nicht gefrorene Gewebe bilden. Gefrieren nun auch die inneren Zellen, so dehnt sich ihr erstarrender Inhalt aus, wenn nun auch die Zellhäute dieser Ausdehnung folgen können, so ist doch für alle zusammen durch den zuerst erstarrten äusseren Theil, der Raum, den sie einnehmen können, fest begrenzt. Die benachbarten, sich ausdehnenden Zellinhalte werden die zwischen ihnen liegenden Zellhäute von zwei Seiten her zusammendrücken; vielleicht so stark, dass die Zellhaut unter Umständen zermalmt wird oder wenigstens in ihrer molekularen Organisation beschädigt wird.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0027-5

Es darf auch nicht übergangen werden, dass sich das Problem bei den gefrierenden Gewebemassen viel complicirter stellt, wenn man bedenkt, dass jeder Zellinhalt sich ausdehnt im Momente des Erstarrens und dass gleichzeitig die ganze Gewebemasse in vielen Fällen (nicht immer) sich zusammenzieht.

Was ferner die eigenthümliche Veränderung der Zellhaut durch das Erfrieren (nicht durch das Gefrieren) anbetrifft, so steht sie nicht isolirt da: ich habe in meiner erstgenannten Arbeit schon darauf aufmerksam gemacht, dass die Veränderung des erfrorenen Stärkekleisters eine gewisse Aehnlichkeit damit hat, dass auch der gefrorene und aufgethaute Humus eine Veränderung darbietet, die sich dem Ausstossen des Wassers aus erfrorenen Pflanzentheilen anschliesst; endlich habe ich nachträglich mich überzeugt, das auch geronnenes Eiweiss, wenn es nach dem Gefrieren aufthaut, einen Theil seines Wassers fahren lässt.

Auf eine eigenthümliche Affektion der Gewebe durch Frost hat Göppert „in Wärmeentwickelung in der Pflanze S. 69" aufmerksam gemacht: manche härtere Pflanzen halten darnach das Gefrieren und Aufthauen mehrmals aus, wenn es aber zu oft wiederholt wird, so gehen sie endlich ein.

Ferner habe ich Versuche mitgetheilt (bot. Zeitung 1860 Nr. 14) welche zeigen, dass die aufsaugenden Wurzeln mancher südlicheren Pflanzen schon bei 4° über Null ihre Thätigkeit einstellen, was bei den nordischen Pflanzen nicht geschieht. Hierher gehört auch das Erfrieren gewisser Pflanzen bei Temperaturen über Null (meine zweitgenannte Abhandlung; p. 194). Endlich in Bezug auf die Veränderung des Zellinhaltes durch Kälte ist auch die von H. v. Mohl beschriebene „winterliche Färbung der Blätter" (Verm. Schriften) und eine Mittheilung von Boussingault (in Landwirthschaft II. p. 401) mit in den Kreis der Betrachtung zu ziehen, wenn es sich darum handelt, die Phänomene des Erfrierens zu studiren; auch alle diejenigen Umstände, welche die Gärtner bei dem Erfrieren der Pflanzen in Anschlag bringen, z. B. Luftfeuchtigkeit (schon von Du Hamel hervorgehoben), Gewöhnung der Pflanzen (Göppert: Wärmeentwickelung S. 63) u. s. w. müssen mit berücksichtigt werden.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0028-0

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1862

Band/Volume: 45

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

Artikel/Article: Zu Nägeli's Abhandlung „Ueber die Wirkung des Frostes auf die Pflanzenzellen" (in den Sitzungsberichten der königl. bayr. Akademie der Wissenschaften zu Manchen vorgetragen am 9. Februar 1861). 17-26