©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Oesterreichische Botanische Zeitschrift.

Gemeinnütziges Organ

für

Botanik und Botaniker,

Gärtner, Oekonomen, Forstmänner, Aerzte, Apotheker und Techniker.

Nº. 8.

Die österreichische botanische Zeitschrift erscheint den Ersten jeden Monats. Man pränumerirt auf selbe mit **8 fl. öst. W.** *(16 R. Mark.)* ganzjährig, oder mit **4 fl. ö. W.** *(8 R. Mark.)* halbjährig.
Inserate die ganze Petitzeile 15 kr. öst. W.

Exemplare die **frei** durch die Post bezogen werden sollen, sind **blos** bei der **Redaktion** *(V. Bez., Schlossgasse Nr. 15)* zu pränumeriren. Im Wege des Buchhandels übernimmt Pränumeration **C. Gerold's Sohn** in Wien, so wie alle übrigen Buchhandlungen.

XXVI. Jahrgang. **WIEN.** **August 1876.**

INHALT: Einfluss des Frostes auf das Chlorophyll. Von Dr. Haberlandt. — *Dianthus Jaczonis.* Von Dr. Ascherson. — Vegetations-Verhältnisse. Von Dr. Kerner. — Ueber Pflanzen der österr.-ungar. Flora. Von Freyn. — *Orchis Spitzelii.* Von Dr. Halacsy. — Algen des Triester Golfes. Von Hauck. — Ueber Ausscheidung von Wasserdampf. Von Dr. Burgerstein. — Pflanzen auf der Weltausstellung. Von Antoine. (Fortsetzung.) — Literaturberichte. — Correspondenz. Von Csato, Dr. Borbas, Stein, Thümen, Burbach. — Botanischer Tauschverein. — Inserate.

Ueber den Einfluss des Frostes auf die Chlorophyllkörner.

Von G. Haberlandt.

Spezielle Untersuchungen über die Einwirkung des Frostes auf bestimmte Inhaltskörper der Pflanzenzelle wurden bis jetzt meines Wissens noch nicht angestellt. Man berücksichtigte gewöhnlich bloss ganze Pflanzentheile — vor Allem die Blätter — und fasste, als es sich um eine befriedigende Erklärung des Erfrierens der Pflanze handelte. aus naheliegenden Gründen bloss die Hauptbestandtheile des Zellleibes, das Protoplasma, den Zellsaft und die Wandung der Zelle in's Auge. Zur Vervollständigung unserer Kenntnisse über den Einfluss des Frostes auf das Pflanzenleben erschien es mir daher wünschenswerth, auch nach der vorhin angedeuteten Richtung hin einige zusammenhängende Beobachtungen zu sammeln. Dass ich hierbei mein Augenmerk vorzugsweise auf die Chlorophyllkörner richtete, war wohl selbstverständlich.

Die Einwirkung des Frostes auf die genannten Inhaltskörper der Zelle kann sich in zweierlei Weise bemerkbar machen. Erstens durch die Zerstörung oder Umänderung des grünen Farbstoffes

©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

und zweitens durch gewisse molekulare und gestaltliche Veränderungen seiner protoplasmatischen Unterlage. Auf jenen Vorgängen beruht z. B. das Braunwerden gefrorner Blätter von *Oxalis acetosella* beim Aufthauen *) und ein Theil der winterlichen Verfärbungserscheinungen ausdauernder Blätter; genauere Untersuchungen über diesen Gegenstand habe ich an einem anderen Orte mitgetheilt**). Hier möge bloss jene zweite Reihe von Erscheinungen besprochen werden, welche im innigsten Zusammenhange steht mit dem eigentlichen Erfrieren der Blätter.

Vorerst will ich jedoch einiges Wenige über das Gefrieren organisirter Körper überhaupt, sowie über gewisse hier in Betracht zu kommende Eigenschaften der Chlorophyllkörner vorausschicken.

Während man noch bis in die Sechziger-Jahre der Eisbildung als solcher die Tödtung der Pflanzenzelle zuschrieb, und durch die Ausdehnung des gefrierenden Zellsaftes ein Zerreissen und Zersprengtwerden ihrer Membranen zu Stande kommen liess, hat bekanntlich Sachs auf Grund zahlreicher Beobachtungen***) das Irrige dieser Ansicht dargelegt und eine neue, befriedigendere Erklärung an ihre Stelle gesetzt. Er wies zu diesem Behufe einerseits auf das Gefrieren von Salzlösungen, andererseits auf das Verhalten gefrornen Stärkekleisters beim Aufthauen hin: „Vor dem Gefrieren eine homogene Masse, erscheint er nach dem Aufthauen als ein schwammiges, grobporöses Gebilde, aus dessen groben Hohlräumen das aufthauende Wasser klar abläuft.“ Aehnlich verhält sich geronnenes Eiweiss, ähnlich verhalten sich wohl auch das Protoplasma und die Zellwandungen saftiger Gewebe. Ein Theil des imbibirten Wassers gefriert und bewirkt dadurch eine Aenderung in der Gruppirung der Moleküle, welche den organisirten Körper zusammensetzen. Beim Aufthauen fliesst dann das Wasser ab, die frühere Gleichgewichtslage ist nicht wieder herstellbar. Aus einer gleichmässig homogenen Substanz ist ein „wasserarmes Netzwerk“ geworden. „Die Zellwandung widersteht nun nicht mehr dem Druck des Zellsaftes, sie lässt denselben selbst bei geringer Pression durchfiltriren.“ Die erfrornen Organe werden schlaff, durchscheinend, und ein ganz geringer Druck reicht hin, um aus denselben Wasser zu pressen.

---

*) Vergl. J. Wiesner, die natürlichen Einrichtungen zum Schutze des Chlorophylls etc. Festschrift der k. k. Zoolog.-Botan. Gesellsch. in Wien, 1876, p. 24. Die Zerstörung des Chlorophylls ist hier eine Folge der durch die Frostwirkung bedingten Durchlässigkeit des Protoplasmas für die im Zellsafte vorhandenen organischen Säuren. Dieselbe kommt natürlich dem eigentlichen Protoplasma wie dem Chlorophyllkorne in gleicher Weise zu, kann übrigens bloss aus ihrer vorhin erwähnten Folge erschlossen werden. Letztere aber fällt ausser den Bereich dieser Abhandlung.

**) Vergl. G. Haberlandt, Untersuchungen über die Winterfärbung ausdauernder Blätter. Sitzungsberichte der kais. Akademie d. Wissenschaften, 1876, Aprilfheft.

***) Vergl. Landwirthschaftliche Versuchsstationen 1860, Heft V. p. 167 ff. — Sitzungsber. der k. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1860. — Handbuch der Experimentalphysiologie 1868, p. 56 ff.

©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Auf diese Weise wird also auch in der chlorophyllführenden Zelle eine gewisse Menge von Imbibitionswasser ausgeschieden, welches gemeinschaftlich mit dem infiltrirten Zellsafte die einzelnen Chlorophyllkörner gleichsam umspült. Es können hier demnach unter einer später noch zu erörternden Voraussetzung ganz ähnliche Veränderungen vor sich gehen, wie bei den aus künstlich verletzten Zellen austretenden Chlorophyllkörnern: bald treten zahlreiche, kleine Vacuolen auf, welche schliesslich immer grösser werdend, eine vollständige Desorganisation des Chlorophyllkorns herbeiführen; bald ist bloss eine einzige seitliche Vacuole bemerkbar, die an Umfang rasch zunehmend, das Chlorophyllkorn zu einer durchsichtigen Blase umgestaltet, welcher seitlich eine dunkelgrüne Protoplasmakappe aufsitzt. Diese Eigenthümlichkeit der Chlorophyllkörner, oder präciser gesagt, ihres protoplasmatischen Bestandtheiles, kann bei Gefrierversuchen insofern zu Täuschungen Veranlassung geben, als man vielleicht der Frostwirkung zuschreibt, was eine Folge der Präparation in Wasser war. Sobald aber die zu untersuchenden Quer- und Flächenschnitte nicht gar zu dünn sind, wenn man stets nur vollkommen unverletzte Zellen berücksichtigt und sie in allen Fällen mit denjenigen unerfrorner Blätter vergleicht oder nöthigenfalls in Oel präparirt, so darf man wohl zuversichtlich annehmen, dass in dieser Hinsicht jede Täuschung ausgeschlossen sei.

Zur Herstellung konstant niedriger Temperaturen verwendete ich einen zwar einfachen, aber sehr brauchbaren Kältemischungsapparat, dessen Einrichtung mit wenigen Worten beschrieben ist. In ein mässig grosses Becherglas von 15 Ctm. Durchmesser wurde ein ungefähr 3 Ctm. breiter Korkring eingepasst, der wieder zur Aufnahme eines zweiten kleineren und mit Papier ausgefütterten Bechergläses bestimmt war. In letzteres brachte man die zum Versuche bestimmten Blätter, verschloss es sodann mit einer Korkscheibe, durch welche ein Weingeistthermometer gesteckt wurde, und füllte nun den Zwischenraum zwischen beiden Gläsern mit der jeweiligen Kältemischung *) aus. Der ganze Apparat wurde schliesslich in ein grösseres Gefäss gebracht und rings mit Strohhäcksel umgeben, so dass nur die Thermometerröhre daraus hervorragte. Es gelang derart jede beliebige Temperatur von 0—15° C. während der ganzen Versuchsdauer vollkommen konstant zu erhalten. Letztere betrug jedesmal sechs Stunden. Nach Entfernung des kleinen Bechergläses aus der Kältemischung erfolgte das Aufthauen der gefrorenen Blätter ziemlich rasch. Doch vergingen immerhin 10—15 Minuten, bis die Weingeistsäule um ebensoviele Theilstriche der Skala gestiegen war. Ein langsames Aufthauen lässt sich bloss im Kältemischungsapparate selbst erzielen, wobei allerdings die Dauer der Frostwirkung in's Unbestimmte verlängert wird. Bei der Vergleichung der Resultate muss hierauf selbstverständlich Rücksicht genommen werden. Die nach-

*) Für meine Zwecke genügte zerkleinertes Eis und Kochsalz in verschiedenen Mischungsverhältnissen.

©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

folgenden Temperaturangaben beziehen sich übrigens ausschliesslich auf Versuche, deren Abschluss in einem raschen Aufthauen der Blätter bestand. Bei langsamem Aufthauen war zur Erzielung desselben Effektes eine durchschnittlich um 2—4° C. weiter gehende Temperaturerniedrigung nöthig.

Die Versuche wurden mit den Blättern folgender Pflanzen durchgeführt:

Mnium cuspidatum, *Allium Cepa*, *Triticum vulgare*, *Avena sativa*, *Zea Mais*, *Viola odorata*, *Brassica oleracea*, *Beta vulgaris*, *Sempervivum globiferum*, *Sedum acre*, *Taraxacum officinale*, *Nicotiana Tabacum*, *Hedera Helix*. Es waren hier demnach mancherlei Gegensätze im Bau und in der Empfindlichkeit der Blätter vertreten.

Mässige Temperaturerniedrigungen von 0—2° C. bewirkten selbst nach raschem Aufthauen noch keine nennenswerthe Veränderung in der Constitution des Zellinhaltes, und was uns hier zunächst interessirt, der Chlorophyllkörner. Selbst das so empfindliche Blatt des Tabaks blieb vollkommen turgescent. Die Chlorophyllkörner behielten ihre wandständige Lage und erschienen bloss schwach kernig. Durch schwächere Frostwirkungen kann eben noch keine dauernde Störung der Gleichgewichtslage zwischen den Molekülen des Imbibitionswassers und denjenigen der organischen Substanz bewirkt werden.

Von merkbarem Einflusse auf das Chlorophyllkorn sind erst Temperaturen unter 3° C. und macht sich derselbe in sehr verschiedener Weise geltend. Am häufigsten tritt Vacuolenbildung auf, welche in ihrem Anfangsstadium den Chlorophyllkörnern ein feinkerniges Aussehen *) verleiht: *Viola odorata*, *Taraxacum officinale*, *Avena sativa*, *Allium Cepa* u. a. Nach einem Froste von 6—8° C. erscheint dann das Chlorophyllkorn sehr deutlich punktirt oder mit einer seitlichen Vacuole versehen. Bei *Allium Cepa* sind nicht selten zwei Vacuolen vorhanden, die sich schliesslich vereinigen und nun ein farbloses Bläschen mit grünem Protoplasmagürtel darstellen. Es waren hier überhaupt alle diejenigen Veränderungen erkennbar, welche an frei im Wasser befindlichen Chlorophyllkörnern zu beobachten sind. Das übrige Protoplasma dagegen zeigte mit seltenen Ausnahmen gar keine mikroskopisch wahrnehmbare Vacuolenbildung.

Es fragt sich nun, auf welche Weise die durch den Frost bewirkte Entstehung von Vacuolen in den Chlorophyllkörnern zu erklären sei? Es lässt sich hier folgende Alternative stellen: Entweder stammt das zur Vacuolenbildung erforderliche Wasser von aussen, d. h. aus dem die Chlorophyllkörner umgebenden Protoplasma, oder es tritt das Imbibitionswasser des Chlorophyllkorns selbst zu Vacuolen zusammen. Die Wahrscheinlichkeit des ersteren Falles wurde bereits oben angedeutet; doch ist derselbe nur unter der Voraussetzung denkbar, dass der Frost die Diffusionseigenschaften des Chlorophyllkorns im Gegensatze zum übrigen Protoplasma nicht beeinflusse, dass seine

*) Nicht zu verwechseln mit dem ebenfalls kernigen Aussehen bestimmter Partien des Protoplasmas im normalen Zustande.

©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Molekularstruktur im Wesentlichen unverändert bleibe. Der zweifellos sichergestellte geringere Wassergehalt des Chlorophyllkorns stimmt hiermit vollkommen überein. Auch ist die oft bedeutende Volumsvergrösserung der Chlorophyllkörner erfrorner Blätter, namentlich beim Auftreten seitlicher Vacuolen, bloss durch die Aufnahme von Wasser durch Diffusion erklärbar. Andererseits wäre es wohl kaum verständlich, warum sich das Imbibitionswasser des Chlorophyllkorns, nachdem es durch den Frost von der protoplasmatischen Unterlage abgeschieden worden, in Vacuolen sammeln und nicht vielmehr aus der „porös" gewordenen Substanz vollständig abfliessen sollte.

Ein wesentlich anderes Verhalten, als das so eben geschilderte, zeigten die Chlorophyllkörner von *Sedum* und *Sempervivum*. Selbst nach Temperaturen von min. 8—12° C. trat keinerlei Vacuolenbildung auf, und ihre Form blieb auch bei vollständiger Contraction des Protoplasmaschlauches ganz unverändert. Nur hie und da verschmolzen zwei benachbarte Körner zu einem einzigen biscuitförmigen Korne. Nicht selten waren sie, so lange der Protoplasmaschlauch noch intakt blieb, ringsum von einem Vacuolenkranze umgeben. Es dürfte bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse über die Struktur und die physikalischen Eigenschaften des Protoplasmas ziemlich schwer fallen, das eben besprochene abweichende Verhalten in befriedigender Weise zu erklären. Vielleicht hängt es mit der immergrünen Natur der Blätter zusammen.

Auch die Chlorophyllkörner des Maisblattes sind selbst nach starken Frösten vacuolenfrei, unterscheiden sich aber von den früher genannten durch die grosse Veränderlichkeit ihrer Form. Schon nach einer Temperatur von 4° C. erscheinen die früher schön runden Körner arg verzerrt, in die Länge gezogen oder dreieckig, ohne dass die Contraction des Protoplasmaschlauches bereits erfolgt wäre. Nichtsdestoweniger ist diese Verzerrung der Chlorophyllkörner zweifelsohne eine Folge der geänderten, ungleichen Spannungsverhältnisse im gesammten Protoplasma des Zellleibes. Dass diese Erscheinung mit der Contraction des Protoplasmaschlauches in näherem Zusammenhange stehe, ist übrigens nicht so ganz gewiss, als es anfänglich erscheinen mag. Ich erinnere nur an das Verhalten der Chlorophyllkörner von *Sedum* und *Sempervivum*, deren kreisrunder Contour auch nach vollständiger Contraction des Protoplasmaschlauches keine Veränderung erleidet.

Nicht selten tritt in Folge der Frostwirkung eine Ballung der Chlorophyllkörner ein. So wurde bereits von Kraus*) beobachtet, dass die Chlorophyllkörner der Coniferennadeln im Winter sich gegen das Innere der Zelle zurückziehen, sich dort anhäufen und derart eine ganz charakteristische Winterstellung einnehmen. Bei *Nicotiana*, *Viola*, *Taraxacum* und anderen reicht schon eine Temperatur von

*) G. Kraus, Beobachtungen über die winterliche Färbung immergrüner Gewächse. Sitzungsbericht der phys.-med. Societät zu Erlangen. Botan. Zeitg. 1872, p. 558 ff., 1874, p. 406.

©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

4—6° C. hin, um das Zusammentreten von 3—5 Chlorophyllkörnern zu einem kleinen Klümpchen herbeizuführen. Doch findet hierbei kein Verschmelzen derselben statt; die Umrisse der an ihren Berührungsflächen etwas abgeplatteten Körner sind stets deutlich zu erkennen. Auch geht die Ballung keineswegs in allen Zellen vor sich. Wie in anderen Fällen ist wohl auch hier die Ursache der Bewegung im Protoplasma zu suchen und nicht etwa in den Chlorophyllkörnern selbst.

Auch die von Frank*) als Apostrophe bezeichnete Seitenwandstellung der Chlorophyllkörner, im Allgemeinen verursacht durch ungünstige äussere Umstände, kann in Folge der Frostwirkung zu Stande kommen. Ich beobachtete sie ganz deutlich bloss an *Mnium cuspidatum* und *Allium Cepa*, und zwar erst bei ziemlich tiefen Temperaturen (10—12° C.).

Lässt man die Blätter bei einer Temperatur von 12—15° C. unter Null gefrieren, so sind die Veränderungen, welche mit den Chlorophyllkörnern vor sich gehen, zumeist schon so tiefgreifende, dass man von einer mehr oder minder vollständigen Zerstörung derselben sprechen kann. Gewöhnlich (*Allium*, *Triticum*, *Avena*, *Beta* etc.) ist dann die Zelle von einer grünen, krümeligen Masse erfüllt, in welcher nur mehr stellenweise die Contouren einzelner Chlorophyllkörner zu sehen sind. Sie erscheinen dann stets bedeutend kleiner als im normalen Zustande, halbmond- oder S-förmig verzerrt, dunkel und gleichsam wie ausgepresst. Mechanische und molekuläre Aenderungen vereinigten sich, um ihre Zerstörung zu vollenden.

Den Chlorophyllkörnern gewisser Pflanzen vermag übrigens selbst die intensivste Frostwirkung, welche bei unserem Klima möglich ist, kaum etwas anzuhaben. Jedes thatsächlich immergrüne Blatt führt auch im Winter durchaus unversehrte Chlorophyllkörner. Es ist diess nach dem Vorausgegangenen eigentlich selbstverständlich, da derlei Blätter durch den Frost überhaupt keinen Schaden erleiden, und die Zerstörung jener Inhaltskörper der Zelle ja erst bei viel niedrigeren Temperaturen erfolgt, als das Erfrieren der Blätter.

Nicht alle Chlorophyllkörner ein und desselben Blattes sind durch den Frost in gleichem Masse zerstörbar. Diejenigen z. B., welche grössere oder kleinere Stärkeeinschlüsse enthalten, zerfallen merkwürdig rasch, indem sich ihre grüne Umhüllung im farblosen Protoplasma auflöst, und die einzelnen Stärkekörnchen auseinandertreten. An Veilchenblättern konnte ich diesen Vorgang schon nach einer Temperaturerniedrigung auf 4—6° C. beobachten. — Auch die Chlorophyllkörner der verschiedenen Gewebsformen des Blattes zeigen solch ein verschiedenes Verhalten. Diejenigen des Schwammparenchyms sind ausnahmslos bedeutend resistenter, als die des Pallisadenparenchyms; noch widerstandsfähiger sind die Chlorophyllkörner der Spaltöffnungszellen, was namentlich schon an den sonst so empfind-

---

*) B. Frank, Ueber die Veränderung der Lage der Chlorophyllkörner etc. Jahrb. f. wissensch. Botanik, 1872, p. 216 ff.

©Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

lichen Blättern des Tabaks ersichtlich wird. Die genannten Zellen enthalten hier selbst nach einer Temperatur von — 12° C. durchgehends noch unversehrte Chlorophyllkörner, während die Zellen des eigentlichen Mesophylls schon längst mit grüngefärbten, krümeligen Protoplasmamassen erfüllt sind.

Um zu bestimmen, ob auch das Alter der Blätter auf die Zerstörbarkeit des Chlorophyllkorns einen merklichen Einfluss ausübe, liess ich Blätter von *Viola odorata* in fünf verschiedenen Entwicklungsstadien bei einer Temperatur von —10° C. gefrieren. Es stellte sich jedoch, was einigermassen überraschen muss, durchaus kein Unterschied im Erhaltungszustande der Chlorophyllkörner heraus. Sie waren alle, mochten sie dem ältesten oder dem jüngsten Blatte angehören, zwar sehr stark kernig, im Uebrigen aber unverändert. Die grosse Empfindlichkeit junger Blätter gegenüber der Wirkung des Frostes scheint also bloss auf der grösseren Zartheit ihrer Zellmembran und nicht auch des Protoplasmas zu beruhen. —

Die Resultate der vorliegenden Untersuchung lauten demnach in Kürze zusammengefasst folgendermassen:

1. Die Chlorophyllkörner erleiden erst bei einer Temperatur von min. 4—6° C. eine merkbare Veränderung und werden bei 12—15° C. vollständig zerstört. Ausgenommen sind hiervon die Chlorophyllkörner immergrüner Gewächse. 2. Der Einfluss des Frostes macht sich bemerkbar: a) durch Vacuolenbildung, b) durch Formverzerrung, c) durch Ballung der Körner in grössere oder kleinere Klümpchen, d) durch das Zustandekommen der Seitenwandstellung. 3. Die mit Stärkeeinschlüssen versehenen Chlorophyllkörner werden leichter zerstört, als die stärkefreien. 4. Die Chlorophyllkörner des Pallisadenparenchyms sind leichter zerstörbar als diejenigen des Schwammparenchyms, und diese leichter als die der Spaltöffnungszellen. 5. Das Alter der Blätter übt auf die Zerstörbarkeit der Chlorophyllkörner — bei *Viola odorata* wenigstens — keinen wahrnehmbaren Einfluss aus.

Dianthus Jaczonis (*deltoides* × *superbus*).

Ein neuer Nelkenbastart.

Beschrieben von Dr. P. Ascherson.

Am 2. d. M. machte ich in Begleitung meines verehrten Kollegen Dr. O. Brefeld und einer Anzahl Studirender einen Ausflug nach den Umgebungen des 12 Kilom. südöstlich von hier an der Spree gelegenen Städtchens Köpnick, wo sich uns der Lehrer G. Lehmann von dort, ein um die Flora der Provinz bereits durch mehrfache interessante Funde verdienter junger Mann, anschloss. Das Ziel unserer Exkursion war eine räumlich ziemlich beschränkte trockene

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Österreichische Botanische Zeitschrift = Plant Systematics and Evolution

Jahr/Year: 1876

Band/Volume: 026

Autor(en)/Author(s): Haberlandt Friedrich

Artikel/Article: Ueber des Einfluss des Frostes auf die Chlorophyllkörner. 249-255