Ueber Eisbildung in Pflanzen mit Rücksicht auf die anatomische Beschaffenheit derselben.

Von
Moritz Dalmer.

Wenn die Temperatur der Luft tiefer unter Null Grad sinkt, gefriert der Saft in den Bäumen und Sträuchern. Erst im Anfang dieses Jahrhunderts wandte sich das Interesse der Botaniker in höherem Maasse dieser Erscheinung zu. Um jeden Zweifel zu zerstreuen, stellte man anfangs etwas umständliche Experimente an. Göppert[1]) liess zum Beispiel bei grosser Kälte Stämme von Birken und Erlen umhauen und brachte sie in ein Fruchthaus von $+10^0$ und sägte sie in der Mitte durch. Es zeigten sich dann bei diesem Versuche ebenso wie bei dem Experiment im Freien Eiskrystalle im Innern. Es war hierdurch der Einwand widerlegt, dass dieselben sich etwa erst nach dem Durchsägen an der Oberfläche gebildet hätten aus dem selbst bei grosser Kälte flüssig bleibenden Saft.

Jetzt kann man etwas einfacher und schneller das Gleiche beobachten. Man braucht bloss ein gefrornes Stammstück von beliebiger Dicke von Aristolochia Sipho in kalter Luft zu durchschneiden. Schon mit der Lupe kann man dann in den weiten Gefässen die Eiskrystalle sehen. Oder man macht mit einem kalten Rasirmesser einen Querschnitt durch ein Stammstück der genannten Pflanzenart und beobachtet denselben auf abgekühltem Objectträger im kalten Raume unter dem Mikroskope, dann wird man in den weiten Gefässen die schönsten Eiskrystalle an den Wänden sehen. Bringt man das Mikroskop mit dem Präparat in ein warmes Zimmer, so sieht man das Eis nach kurzer Zeit schmelzen.

Von Sachs[2]) wurde beobachtet, dass sich auf der Oberfläche von durchschnittenen Pflanzentheilen, Kürbisfrüchten, Runkelrüben u. s. w. bei einer Temperatur von -3^0 bis -6^0 unter Null Eiskrystalle bilden, falls die Verdunstung verhindert wird, während die Pflanzentheile selbst ungefroren bleiben. Da sich die Krystalle hier bequem untersuchen liessen, suchte der genannte Forscher an diesem

---

1) Ueber die Wärmeentwickelung in den Pflanzen, Breslau 1830, S. 160, 161. Hier ist die ältere Litteratur zusammengestellt. Das Fehlende vergleiche bei Sachs, Untersuchungen über das Erfrieren. Landwirthschaftl. Versuchsstationen, 1860, S. 167.

2) Krystallbildungen bei dem Gefrieren und Veränderung der Zellhaut bei dem Aufthauen saftiger Pflanzentheile. 1860. Gesammelte Abhandlungen Bd. I. S. 3.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0440-6

Material hinter die Art und Weise der Bildung zu kommen. In den Krystallen bildeten nämlich Luftblasen Längsreihen senkrecht auf der Unterlage, eine von der anderen immer gleich weit entfernt. Die Breite der Krystalle war unabhängig von den darunter befindlichen Zellen. Die Schlüsse, die sich hieraus ziehen lassen, fasst er selber in die Worte zusammen: „Demnach scheint es, dass die Dicke der Krystalle allein von den Molekularkräften abhängt, welche die Eisbildung überhaupt bedingen, nicht aber von der organischen Struktur der Unterlage. Es führt dies auf die Vorstellung, dass die auf der Oberfläche sich ausbreitende Imbibitionsflüssigkeit eine continuirliche Schicht bildet. Bei dem Gefrieren derselben treten dann gewisse Mittelpunkte der Krystallisation auf, wodurch die dünne Eisschicht eine parkettartige Struktur erhält, in der neuen unterhalb sich ansetzenden Schicht verdickt sich dann jede Platte für sich und nach und nach wird die Dicke der Platte grösser als ihre Breite. Die regelmässigen Abstände der Luftblasen in den Längsreihen stimmen sehr gut mit der Annahme dieses schichtenweisen Ansatzes. Offenbar wurde die Luft im Moment des Erstarrens von der Flüssigkeit ausgestossen. Die Regelmässigkeit der Reihen zeigt, wie bei jeder neuen Ansatzschicht dieselben Kräfte in derselben Weise thätig sind.“

In der ersten Auflage seines Lehrbuchs beschrieb Sachs[1]) sodann ähnliche Krystallbildungen zwischen den Zellen im Innern langsam gefrorner Blattstiele von Cynara Scolymus. Prillieux[2]) zeigte, dass bei einer ganzen Reihe von Pflanzen die gleiche Eisbildung im Innern beobachtet werden kann. Besonders Blattstiele sind geeignete Objecte, wie z. B. Blattstiele des Epheu, die sich ohne Mühe im Winter auftreiben lassen. Ebenso zeigte Müller-Thurgau[3]), dass die Krystallbildung bei gefrornen Runkelrüben, Kartoffeln, Dahlienknollen u. s. w. in den Intercellularräumen stattfindet. Beide Forscher stellten ausserdem fest, dass die Krystalle im Innern der Pflanzentheile nach Form, Struktur und Entstehungsweise mit den von Sachs beschriebenen Eisbildungen völlig übereinstimmen.

Bei der Bildung von Eiskrystallen können bekanntlich Molekularkräfte von derartiger Intensität zur Entfaltung kommen, dass hölzerne, gläserne, ja eiserne Wände zersprengt werden. Was Wunder, dass

1) Sachs, Lehrbuch der Botanik I. Aufl. 1868.

2) Sur la formation de glaçons à l'intérieur des plantes. Annales des sciences naturelles; Botanique XII, 1869, 5. Série.

3) Landwirthschaftliche Jahrbücher 1880, S. 134 u. f. und 1886. Ueber das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0441-2

man früher allgemein annahm, die Pflanzen würden bei der Eisbildung im Innern zerrissen? Von Göppert[1]) wurde jedoch mikroskopisch bewiesen, dass bei einer ganzen Reihe von Pflanzen diese Annahme mit den anatomischen Beobachtungen in Widerspruch steht und Nägeli[2]) hat experimentell bewiesen, dass die Zellwände von Spirogyren beim Gefrieren keine Risse bekommen. Seitdem sind diese Anschauungen maassgebend gewesen bei der Beantwortung der Frage, warum können Pflanzen beim Gefrieren sterben, d. h. erfrieren. Ich habe hier nicht die Absicht auf dieses Problem näher einzugehen, dessen Lösung bekanntlich für die Praxis nicht ohne Bedeutung ist, je nachdem man annimmt, dass der Tod der Pflanze schon durch das Gefrieren oder durch die Art und Weise des Aufthauens eintritt.

Auf der anderen Seite gibt es auch eine Reihe Angaben in der Litteratur, welche beweisen, dass durch die Eisbildung wichtige Gewebetheile der Pflanze zerrissen werden können. Einer der ersten, welcher derartige Beobachtungen gemacht zu haben scheint, ist der Astronom und Director der Münze Sir John Herschel[3]). Er berichtet von eigenthümlichen Eisbildungen, die er an den Stümpfen abgestorbener Disteln (decaying thistles), also in England wild wachsender Pflanzen, und an den Stümpfen von Heliotropen beobachtet hat (abgebildet l. c. Pl. II A, B, C). Er sagt, dass in den Fällen, wo die Rinde dem Stamme fester auflag, sie die freie Ausbildung dieses Eises gehindert zu haben scheine und in den Fällen bot der Stamm die auffallende Erscheinung einer dicken massiven Lage von Eis dar, welche zwischen dem Holz und seiner Rinde lag, die aufgetrieben und zersprengt war. In dem Bericht von Treviranus[4]) über eine Abhandlung von le Conte heisst es: Eine Pflanze, Helianthemum canadense, werde geradezu Frostkraut genannt, weil im Winter dünne Eiskrystalle aus der geborstenen Rinde nahe der Wurzel austreten. Bei Pluchea bifrons und camphorata sollen Eiskrystalle dem Holz aufsitzen und die Rinde zerrissen werden. Das Eis soll immer tiefer am Stumpf heraustreten und zwar an dem Theil, welcher vom Frost der vorigen Nacht nicht angegriffen, d. h. nicht getödtet war. Sodann

1) Wärmeentwickelung, 1830, S. 24—30. Ueber das Gefrieren, Erfrieren der Pflanzen und Schutzmittel dagegen, 1883, S. 23.

2) Sitzungsberichte der königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften zu München, München 1861, I, S. 264.

3) Notice of a remarkable disposition of ice round the decaying stems of vegetables during frost. Lond., Edinb. u. Dubl. phil. mag. and journ. of sc. II. Jan. u. Juni 1833 p. 110.

4) Botanische Zeitung 1850, S. 606.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0442-8

sind uns sehr zuverlässige Mittheilungen von Caspary[1]) überliefert, nebst zwei Zeichnungen, die an Ort und Stelle bei einer Temperatur unter 0° in einem offenen Gewächshause gegen 8 Uhr Morgens ausgeführt wurden. Caspary beobachtete nämlich am 14. November 1853 eigenthümliche Eisbildungen an ausländischen im freien Lande stehenden Pflanzen, theils faserige, theils blättrige, die auf dem Holzcylinder aufsassen. Durch die erste Art der Eisbildung war die Rinde der Länge nach durch ein oder zwei Spalten geöffnet. Das Eis liess sich durch die Spalte gut sehen. Solche fasrige compacte Eisbildung zeigten nur wenige Pflanzen, wie z. B. Lautana aculeata, Tagetes bonariensis. Viel mehr in die Augen fallend und wirklich zierlich war die zweite Art der Eisbildung, die blättrige. Die Eisblätter hatten die Rinde und das Cambium abgetrieben, die erstere der Länge und der Quere nach zerspalten und die Fetzen derselben hingen an den Rändern der Eisblätter. Der Holzcylinder war oft und durch mehrere Spalten zersprengt. Folgende Pflanzen zeigten diese Erscheinung: Perilla arguta, Alonsoa incisifolia, Cuphea cordata, tubiflora, platycentra, Heliotropium peruvianum, Manulea oppositifolia, Calceolaria perfoliata. Nach einer Notiz von Caspary[2]) in der Botanischen Ztg. 1855 wurde bei einer grossen Anzahl von etwa $1^1/_2$'' und mehr dicken Stämmen von Thuja occidentalis im Winter 1852/53 im botanischen Garten zu Berlin die Rinde durch Gefrieren des Saftes zersprengt. Prillieux[3]) gibt ferner an in der oben erwähnten Abhandlung, dass bei Nonea flavescens die Rinde durch Eisbildung zerrissen werde und ebenso bei Hydrangea hortensia, falls der Frost die Pflanzen in voller Vegetation überrascht im Anfang des Winters. Das gleiche soll nach ihm Dunal im „jardin du Montpellier" an den Stämmen exotischer Labiaten beobachtet haben.

In allen diesen beschriebenen Fällen scheint die Krystallbildung in gleicher Weise sich abgespielt zu haben, wie bei den von Sachs genauer untersuchten Objecten, an der Oberfläche durchschnittener Pflanzentheile.

Caspary hat auch über die anatomische Beschaffenheit der ebengenannten Pflanzen etwas mitgetheilt, aber nur Lückenhaftes; vor allem fehlen genauere Beobachtungen über die Beschaffenheit der Rinde. Im Folgenden sollen diese Lücken ergänzt werden. Es stand mir leider nur wenig Material zur Verfügung, und zwar aus dem botanischen Garten zu Jena, Cuphea platycentra Benth., Heliotropium

1) Botanische Zeitung 1854, S. 665. Auffallende Eisbildung auf Pflanzen.
2) Botanische Zeitung 1855 S. 489.
3) l. c. S. 129 u. 130.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0443-4

peruvianum, Hydrangea hortensia, Thuja occidentalis, und doch regt vielleicht das Beobachtete zu neuen Untersuchungen an. Ich bemerke vorher, dass mir von Hydrangea hortensia und Cuphea platycentra nur in Töpfen gezogene Exemplare zur Verfügung standen, daher erklärt es sich vielleicht, dass meine Angaben über den Inhalt abweichen von den Notizen Caspary's. Bei Cuphea platycentra ist das weitzellige stärkereiche Mark von einem Holzcylinder umgeben, die stark verdickten prosenchymatischen Holzfaserzellen sind in radiale Reihen geordnet und führen theilweise Stärke. Zwischen ihnen liegen mässig zahlreiche Gefässe. In der Markgegend sind besonders auf Radialschnitten die zuerst angelegten Schraubengefässe, das Protoxylem, zu erkennen. Der zartwandige Siebtheil umgibt den Holzcylinder und wenn die Triebe jung sind, d. h. noch Blätter tragen, ist derselbe von einem zartwandigen Parenchymmantel umschlossen, der nach aussen durch die Epidermis abgegrenzt wird. Der innere Rand dieses Mantels besteht in der Basis der jungen Triebe aus Zellen, deren Wände etwas verdickt sind, aber erstens bilden dieselben keinen geschlossenen Ring, sondern sie lassen ab und zu Lücken dünnwandiger Zellen zwischen sich, und zweitens erreicht die Verdickung keineswegs diejenige typischer Bastzellen. Dieser Mantel vertrocknet jedoch sammt den zuletzt besprochenen Zellen und der Siebtheil ist bloss von zarten verkorkten Zellen, die sich inzwischen gebildet haben, nach aussen abgegrenzt. Bei Heliotropium peruvianum ist der Holzcylinder schmäler, die getüpfelten Gefässe zahlreicher, auf eine breite Cambiumzone folgt der Siebtheil mit krystallführenden Zellen, zu äusserst ein Kreis sehr feiner Bastzellen. Die feinen Bastzellen treten entweder einzeln auf oder mehrere ein zartes Bündel bildend, jedes Bündel wird von dem nächsten durch mehrere dünnwandige Parenchymzellen getrennt. Das Ganze wird umgeben von einer Parenchymzone mit der Epidermis, nach aussen zu sind die Wände der Parenchymzellen verdickt. Bei dem Material, welches ich im Spätsommer in Alkohol eingelegt hatte, hatten sich bereits zartwandige Korkzellen am innern Rande der zuletzt genannten Zone gebildet. Dadurch vertrocknet dieselbe nach und nach, so dass die älteren Stammtheile derselben entbehren. Wahrscheinlich war dieselbe bei dem von Caspary untersuchten Material im November auch an den jüngsten Zweigspitzen bereits vertrocknet, soweit ihre Rinde wenigstens zerrissen war. Bei Hydrangea hortensia ist der Holzring ebenfalls etwas lockerer, d. h. die Gefässe zahlreicher, Markstrahlen deutlich zu unterscheiden und zwar aus vier Zellreihen bestehend.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0444-9

Die Tüpfel der Gefässe haben die Form von Querspalten, wie sie Mohl[1]) für Chilianthus arboreus abbildet. Der zartwandige Siebtheil wird von einer schmalen Schicht verkorkter zartwandiger Zellen nach aussen abgeschlossen, denn ein Mantel sehr grosslumiger Parenchymzellen, welcher den jungen Trieb umgibt, ist später nur noch theilweise erhalten. Bastzellen fehlen. Bei Thuja occidentalis sind bekanntlich Bastfasern in der Rinde. Dieselben bilden tangentiale einzellige Reihen, die mit drei Reihen Weichbast abwechseln. Die Bastfasern scheinen aber seitlich nicht stark mit einander verkittet zu sein, sie sind auch durch Markstrahlen mehrfach unterbrochen. Den letzteren Fall will ich unberücksichtigt lassen, da über die Eisbildung von Caspary hier nichts Näheres angegeben ist. Als Resultat ergibt sich, dass in all den untersuchten Fällen, wo die Rinde durch Eisbildung zerrissen wird, die Widerstände in derselben gering sind, es fehlen die starkausgebildeten mechanischen Elemente, Bastring, Bastplatten, starkes Collenchym, feste Periderme, wie sie sich bei unsern einheimischen Bäumen und Sträuchern vorfinden.

Es bilden sich wahrscheinlich Eiskrystalle in den Intercellularräumen der Rinde, weil in denselben der Widerstand am geringsten ist, dieselben dehnen sich sodann in der Richtung des geringsten Widerstandes aus, d. h. nach aussen zu, indem sie an der nach dem Holz gekehrten Seite wachsen, das Wasser beziehen sie durch Imbibitionsthätigkeit aus dem Holzkörper, der noch nicht gefroren ist und in dessen Gefässen die Flüssigkeit fortfährt zu steigen. Die Rinde wird hierdurch zerrissen. Caspary nimmt an, dass dabei noch ein Druck thätig ist, welchen die Kraft des aufsteigenden Saftstromes auf die in den äussersten Intercellularräumen gebildeten Eismassen ausübt. Das ganze Phänomen scheint bloss bei geringer Abkühlung unter 0^0 einzutreten; die Temperatur der Luft war -3^0 R.; es stimmt mit der Eisbildung auf durchschnittenen Pflanzentheilen überein, wie sie von Sachs zuerst beobachtet worden ist und mit der Eisbildung auf dem Erdboden, wie sie le Conte zuerst beschrieben hat. Caspary hat leider versäumt zu beobachten, ob auch die Gefässe Eiskrystalle enthielten und in welcher Ausdehnung. Wäre der Widerstand in der Rinde grösser gewesen, so würde wahrscheinlich das Wasser hauptsächlich in den Gefässen auskrystallisirt sein.

Es kann natürlich auch der Fall eintreten, dass Eisschollen in

1) Vermischte Schriften botanischen Inhalts Tafel XII, Fig. 18.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0445-5

der Rinde, besonders in der Cambialgegend sich ausscheiden und dabei das Zellgewebe zerreissen, ohne jedoch die Rinde bis an die Oberfläche zu zerspalten, so dass nur durch Zufall derartige Wunden entdeckt werden können.

Ein solcher Fall ist ganz sicher constatirt durch Prillieux[1]) bei Evonymus japonicus. Erstens hat er die Eiskrystalle im Innern des Stammes gesehen, zweitens bildet er in Figur 10 einen Querschnitt des Stengels ab, der deutlich erkennen lässt, dass das Gewebe ringsum das Holz in der Cambialgegend auseinander getrieben ist. „Coupe d'une tige Evonymus japonicus montrant une grande lacune circulaire dans laquelle s'était déposé un cylindre complet de glace". So heisst es in der Figurenerklärung. Versuche, die ich im December dieses Jahres mit Evonymus japonicus angestellt habe, bestätigten die Angaben Prillieux's. Ich liess Zweigstücke gefrieren und härtete das Material in Alkohol. Die Zellreihen waren aber nicht auseinander gedrängt, wie es Prillieux für die übrigen von ihm beobachteten Beispiele beschreibt, sondern die Radialwände der Zellen waren zerrissen. Ebenso konnte ich die Beobachtungen von Caspary ein wenig bestätigen. Ich liess Zweigstücke von Cuphea platycentra gefrieren und härtete das Material in Alkohol. Das Gewebe zeigte sich bei näherer Untersuchung vielfach zerklüftet, besonders in der Cambialgegend, die Zellwände waren dabei zerrissen. Alle übrigen Angaben in der Litteratur über Risse im Cambium, die im Winter entstehen, lassen sich natürlich nicht eher auf die angegebene Weise mit Sicherheit erklären, als bis die Eisschollen direct beobachtet worden sind. Das gilt z. B. auch von der Notiz Caspary's[2]): „Ich besitze Stämme von Thuja occidentalis und Juglans regia, die diese Art von Frostschaden zeigen, welche mir von so aufmerksamen Beobachtern, als den verstorbenen Dr. Pet. Bouché, dem Inspector des botanischen Gartens in Berlin Charles Bouché und dem Handelsgärtner Lorberg in Berlin gegeben worden sind, aber weder die genannten Herrn, noch ich habe je Gelegenheit gehabt, davon den factischen Beweis zu beobachten, dass wirklich der Frost diesen Schaden herbeigeführt hat; die Beschädigung wurde immer erst mehrere Wochen, nachdem sie schon geschehen war, entdeckt".

Bei den Bäumen und Sträuchern, die bei uns einheimisch sind oder in Gärten cultivirt werden, ist, soweit meine Litteraturkenntniss reicht, noch nie beobachtet worden, dass die Rinde bis an die Ober-

1) l. c. S. 127 u. 128.

2) Botanische Zeitung 1857, S. 153.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0446-1

fläche zerrissen wird und das Eis heraustritt in Fasern oder Lamellen. Das Eis bildet sich vielmehr in grossen Massen in den Gefässen, wie schon im Anfang der Abhandlung hervorgehoben wurde, und in der Rinde. Die Bildung des Eises in den Gefässen hat schon Müller-Thurgau[1]) genauer beschrieben. Am deutlichsten konnte er die Erscheinung bei einjährigen Trieben der Rebe beobachten, ausserdem sollen einjährige Triebe von Syringa, Cornus und Birne geeignete Objecte sein. In der Rinde gefrorner Gewächse soll es leicht gelingen Eisdrusen zu beobachten, er sagt, dass dieselben im Bast zwischen den Zellen des Weichbastes sich ausbilden. Bestimmte Pflanzennamen hat jedoch Müller-Thurgau für diesen Fall nicht genannt. Es gelang mir sehr schön, die Krystalle abschmelzen zu sehen, in der Rinde von Acer Negundo und zwar an einjährigen Trieben. Die Zellreihen waren vielfach auseinander gedrängt, so dass Tangentialspalten entstanden waren, die Lücken waren mit Eis angefüllt. An Alkoholmaterial, welches während starker Frostzeit gesammelt und eingelegt wurde, liessen sich ebenso überall die Lücken beobachten. In der Rinde ist ein Bastring vorhanden, und die Aussenwand der Epidermis ist ausserordentlich stark verdickt. Leider habe ich versäumt, die Eismasse in den Gefässen genauer zu untersuchen. Wahrscheinlich können aber selbst im günstigsten Falle die Krystalle nicht nach Aussen wachsen und die Rinde vollständig zersprengen, weil die Widerstände zu gross sind. Vielleicht kann auch die Flüssigkeit in den Gefässen nicht rasch genug steigen, um das nöthige Material für grössere Eismassen zu liefern. Unsere einheimischen Bäume und Sträucher stehen ja meistens nicht in voller Vegetation, wenn die ersten Fröste kommen, wie die von Caspary untersuchten Pflanzen. Immerhin beweist eine Beobachtung Prillieux's an Blattstielen, auf die ich noch kurz eingehen will, dass geringe Differenzen des Widerstandes bei diesen Vorgängen von Belang sind. Prillieux[2]) sagt: „Wenn man bei Frostwetter einen Blattstiel vom Veilchen, von der Schwarzwurz, vom Schöllkraut oder von jeder andern Pflanze, deren Vegetation während des Winters fortdauert, beobachtet, so sieht man, dass er angeschwollen ist und einen ungewöhnlichen Anblick darbietet, statt daher auf seiner Oberseite eine Vertiefung in Gestalt einer Rinne aufzuweisen, zeigt er einen Buckel, eine Erhöhung im Sinne des Blattstiels verlängert". Die anatomische Untersuchung des Blatt-

1) Landwirthschaftliche Jahrbücher 1886, S. 481.

2) l. c. S. 126.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0447-7

stiels einer Veilchenart ergibt nun, dass die Epidermis sammt der darunter liegenden Collenchymschicht gerade auf der Oberseite in der Rinne am leichtesten abgehoben und ausgestülpt werden kann. Der Widerstand ist hier am geringsten. Die Angaben Prillieux's sind nicht genau genug, als dass sie hier weiter benutzt werden können. Es liegt mir fern, eine umfassende Erklärung geben zu wollen von der Art und Weise, wie das Eis sich in unsern einheimischen Bäumen und Stäuchern ausbildet, wie es die Rinde exotischer Gewächse durchbricht. Es kam mir bloss darauf an, auf einen Factor hinzuweisen, der bisher nicht genügend berücksichtigt worden ist, der aber sicher eine Rolle spielt in den geschilderten Erscheinungen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0448-2

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: 80

Autor(en)/Author(s): Dalmer M.

Artikel/Article: Ueber Eisbildung in Pflanzen mit Rücksicht auf die anatomische Beschaffenheit derselben. 436-444