

Biologisches Centralblatt

unter Mitwirkung von

Dr. M. Reess und **Dr. E. Selenka**

Prof. der Botanik

Prof. der Zoologie

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

24 Nummern von je 2 Bogen bilden einen Band. Preis des Bandes 16 Mark.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

IX. Band.

1. August 1889.

Nr. 11.

Inhalt: **Bokorny**, Ort der Wasserleitung in den Pflanzen (Schluss). — **List**, Ueber die weiblichen Geschlechtsorgane und die Eibildung bei parasitischen Copepoden (Gastrodelphyiden). — **Breyer**, Bau der Rhizopodenschalen. — Internationaler zoologischer Kongress zu Paris 1889. — Anzeige.

Ueber den Ort der Wasserleitung in den Pflanzen.

Von **Th. Bokorny**.

(Schluss.)

Canna indica.

An dieser Pflanze gelingt es verhältnismäßig leicht, den gesamten Weg des Saftstromes direkt experimentell zu verfolgen mit Hilfe der Eisenvitriol-Methode. Topf-Exemplare derselben lassen sich leicht, ohne Verletzung der Wurzeln, aus dem Topfe nehmen und durch Abwaschen von dem größten Teil der anhängenden Erde befreien. Bringt man solche Pflanzen mit dem Wurzelsystem in 1 pro mille Eisenvitriollösung und setzt die Blätter der Sonne aus, so kann man nach 12 Stunden das Eisen in der gesamten Pflanze mikrochemisch nachweisen und hiermit den Weg des Wasserstromes erkennen.

In den Wurzelspitzen findet sich das Eisen in sämtlichen Geweben, Epidermis, Rindengewebe und zentralem Gefäßbündel vor; die Anwesenheit derselben verrät sich gegen Schluss der Versuchsdauer schon an der unverletzten Wurzel ohne Zusatz von Reagens durch schwarze Färbung der Spitze (infolge Gerbstoffgehaltes) und kann mit Ferricyankalium in den einzelnen Geweben nachgewiesen werden. Schon eine kurze Strecke weiter oben findet sich der Eisenvitriol nur mehr im zentralen Gefäßbündel vor¹⁾, und zwar im Phloem mehr als im Gefäßteil; die Gefäßwandungen schienen mir frei von Eisen zu sein. In der Knolle, von der aus die langen Wurzeln größtenteils entspringen, zeigen die Phloemteile der zerstreuten Gefäßbündel Blaufärbung mit Ferricyankalium; ebenso in dem daraus entspringenden

1) Ein direktes Eindringen des eisenhaltigen Wassers durch die Oberfläche älterer Wurzelteile findet nicht statt; das Periderm gestattet keinen Durchgang und zeigt sich immer eisenfrei.

Stengel mit seinen großen im jugendlichen Zustand tutenförmig gerollten Blättern. Von den Blattstielen ergeben nur die der entfalteten Blätter Blaufärbung in dick- und dünnwandigen Bastteilen der über den ganzen Querschnitt verteilten Gefäßbündel, ein Zeichen, wie der Eisengehalt hier wirklich den Gang des Transpirationsstromes anzeigt, da ja die eingerollten noch zum großen Teil versteckten Blätter nicht transpirieren. Unter der Epidermis der Blattstiele verlaufen kleine Sklerenchymbündel, welche durch mehr oder minder zahlreiche Vergesellschaftung mit echten Gefäßbündelelementen alle möglichen Uebergänge zu echten Gefäßbündeln zeigen; auch sie enthalten Eisen, und zwar sehr deutlich in den Wandungen, wie denn auch an den wirklichen Gefäßbündeln des Blattes hauptsächlich der sklerenchymatische Teil des Bastkörpers Eisenvitriol erkennen lässt.

Das eisenvitriolhaltige Wasser macht hier also folgenden Weg: Es wird von den Wurzelspitzen aufgenommen, wandert im zentralen Gefäßbündelzylinder der langen Wurzeln aufwärts und steigt von hier aus in den Gefäßbündeln bzw. Sklerenchymbündeln des Stengels und der mächtigen Blattstiele zu den Blattspalten empor.

Die Pflanzenteile haben dabei Turgor und überhaupt frisches Aussehen, trotzdem die Eisenvitriollösung darin emporgestiegen ist.

Als besonders wichtig ist an dem Experiment mit unverletzten *Canna*-Pflanzen hervorzuheben, dass durch dasselbe die Sklerenchymstränge als Leitungsbahnen für das Wasser direkt nachgewiesen wurden, womit eine von Sachs aufgrund theoretischer Erwägungen ausgesprochene Vermutung experimentelle Bestätigung gefunden hat. Ferner wird damit die Richtigkeit unserer üblichen Vorstellung von dem Gang des Wasserstromes in den Wurzeln ad oculos demonstriert. Das Wasser wird von den Wurzelspitzen aufgesaugt, geht durch das Parenchym hindurch in die zentrale Gefäßbündelmasse und wandert in dieser weiter. Das Rindenparenchym ist unfähig, das Wasser zu leiten; es bleibt bei den Versuchen immer eisenfrei. Die ältern Wurzelteile sind nicht fähig Wasser aufzunehmen; sie ergeben in ihren äußern Geweben keine Spur von Blaufärbung mit Ferricyankalium.

Rheum.

Rheum-Blätter empfehlen sich in zweierlei Hinsicht zu Studien über den Transpirationsstrom, erstens durch ihre starke Transpiration, zweitens auch dadurch, dass ihre Gefäßbündel gleichmäßig und nicht zu dicht über den Blattstielquerschnitt verteilt sind, so dass man hier eine klare Anschauung über den Gang des Wasserstromes in Pflanzen mit zerstreuten Gefäßbündeln bekommen kann. Letztere sind deutlich genug, um sie mit freiem Auge auf dem Querschnitt sehen zu können. Lässt man ein *Rheum*-Blatt einige Zeit in Eisenvitriol von 1:500 stehen, und schneidet dann den dicken Blattstiel in Stücke von je $1\frac{1}{2}$ cm Höhe, so kann man durch Betupfen der jeweils obern Schnitt-

fläche mit Ferricyankalium auf einfachste Weise den Gang des Transpirationsstromes zur Anschauung bringen. Die Gefäßbündelquerschnitte werden, soweit die Lösung vorgedrungen ist, tiefblau und treten als distinkte Punkte auf dem Querschnitt scharf hervor. Bei einem der von mir angestellten Versuche welkte das Blatt schon nach 12 Stunden aus unbekanntem Gründen, während andere lebhaft transpirierten und turgeszent waren; bei ersterem zeigte sich nun, dass die Lösung nur 10 cm weit, d. i. bis zur Mitte des Blattstieles vorgedrungen war. Als Sitz der Blaufärbung erwiesen sich unter dem Mikroskop die Wandungen der Gefäßbündel, insbesondere der sklerenchymatischen Scheide. Außer den Gefäßbündelwänden zeigten meist auch die des subepidermalen Collenchyms starke Blaufärbung.

Larix europaea (Lärche).

Die Coniferen sind für die vorliegende Frage in mannigfacher Beziehung von Interesse und auch schon oft in die Diskussion über das Saftsteigen hereingezogen worden. Sie besitzen eine ausgiebige Transpiration, wie Versuche mit abgeschnittenen Zweigen lehren, und weisen anderseits wesentliche Abweichungen im anatomischen Verhalten auf gegenüber der großen Mehrzahl der sonstigen transpirierenden Pflanzen, speziell der Holzpflanzen. Wie bekannt, fehlen ihnen die Gefäße¹⁾, welche vielfach als hauptsächliche Wasserleitungsorgane in Anspruch genommen worden sind; ihr Holz setzt sich aus Tracheiden zusammen, allseitig geschlossenen, wasser- und luft-erfüllten Zellen mit dicken verholzten Wandungen, welche an den radialen Flächen durch Hoftüpfel ausgezeichnet sind. Nach R. Hartig enthält jede Tracheide im Innern eine mehr oder weniger große Luftblase und um dieselbe eine Wasserhülle, welche die Innenwand der Tracheide auskleidet; durch Druckdifferenzen (die Luft der obern Tracheiden ist dünner als die der untern) soll das Wasser von den untern Tracheiden in die obern getrieben werden; der Durchgang findet nach ihm an den durch eine sehr dünne Membran ausgezeichneten Tüpfelstellen statt. Wenn das Wasser auf diese Weise in unsern Nadelhölzern gehoben wird, wandert es natürlich vorwiegend im Lumen der Tracheiden, in der Wandung nur insoweit, als die Tüpfelmembran passiert werden muss, damit das Wasser von einer Zelle in die andere gelange.

Wenn wir einen Zweig von *Larix europaea* nach dem Abschneiden unter Wasser und einige Minuten langem Belassen in diesem (zur Ausgleichung der Druckdifferenz zwischen äußerer und innerer Luft) in 1⁰/₁₀₀ Eisenvitriollösung bringen und 2 Stunden der Sonne aussetzen, so zeigt sich nachher das Eisen in allen Höhen des Zweiges. Bei einem von mir angestellten Versuch mit einem 5jährigen reichlich verzweigten Ast war dasselbe in dieser Zeit bis zu 90 cm Höhe

1) mit Ausnahme weniger Gefäße in der Markkrone.

emporgestiegen und noch unmittelbar unter dem Gipfel nachzuweisen; die Stärke der bei Zusatz von Ferricyankalium an den Querschnitten erfolgenden Blaufärbung nahm von unten nach oben ab, was überhaupt bei allen Versuchen zu beobachten war, wenn sie frühzeitig unterbrochen wurden; von der zum Aufsaugen bestimmten Lösung waren 30 cc verbraucht worden, eine Menge, welche uns einen ungefähren Begriff davon geben kann, welche Wassermengen aus einem Lärchenbaum täglich abdunsten. Wenn ein Zweig von 90 cm Länge binnen 2 Stunden 30 cc abgibt, dürfte die von einem kräftigen Baum an einem sonnigen Frühlingstage abgegebene Wassermenge nach Hunderten von Litern zählen.

Was die Verteilung der mit Ferricyankalium erfolgenden Blaufärbung anlangt, so zeigten sich allenthalben, auch schon an den untern Partien des Zweiges Rinde und Mark frei von Eisen; gefärbt war nur das Holz, und von diesem nicht alle Zonen. An dem fünfjährigen untern Teil des Astes waren die beiden innern Jahresringe frei von Eisenvitriol, von den 3 äußern erwies sich hauptsächlich das Frühjahrsholz eisenhaltig, die im Frühjahr neu angesetzte noch nicht fertige äußerste Holzlage zeigte keine Spur von Blaufärbung mit Ferricyankalium.

Wir sehen hierin eine neue Bestätigung des schon von R. Hartig gezogenen und durch Wieler's Versuche bestätigten Schlusses, wonach nur die jüngern Holzlagen als Wasserleitungswege dienen sollen. Dass das noch cambiale Holz gar nicht leitet, dürfte sich als neues Faktum von Interesse den frühern schon bekannten Thatsachen anreihen. Da ferner der Versuch mit Eisenvitriollösung binnen kürzester Zeit Aufschluss gibt — $\frac{1}{2}$ stündiges Aufsaugen derselben durch einen kräftig transpirierenden Zweig dürfte vollkommen genügen zum Nachweis jenes merkwürdigen Verhaltens der verschiedenen Holzringe — ist derselbe wohl auch geeignet, um die Wasserleitungswege im Coniferenholz während einer Vorlesung oder eines Practicums rasch zu demonstrieren.

Auffallend ist die fast gänzliche Unfähigkeit des Markes, etwas von dem eisenhaltigen Wasser unter den genannten Versuchsbedingungen aufzunehmen; es färbte sich bei jenem Versuche kaum $\frac{1}{2}$ mm hoch. Das Rindenparenchym ließ die Eisenlösung nur etwa 2 mm hoch steigen. Am merkwürdigsten aber erschien mir das fast völlige Unberührtbleiben des innersten Holzringes von dem aufsteigenden Wasserstrom; es zeigte schon 1 mm über die Schnittfläche keine Spur von Eisen mehr. Wodurch wird das abweichende Verhalten dieser nach seinem Aufbau doch mit den andern Holzringen größtenteils übereinstimmenden innersten Holzlage bedingt?

Auch das Herbstholz einzelner jüngerer Jahresringe zeigt bei solchen Versuchen eine merkwürdige Leitungsunfähigkeit, die vorläufig auch noch der Erklärung harret.

Dass auch hier die Verholzung der Wände wenigstens nicht allein bestimmend für das Wasserleitungsvermögen der betreffenden Gewebe sei, zeigte mir ein Versuch mit Indol und Schwefelsäure, wobei sich außer den sämtlichen Wänden des Holzkörpers auch die des Markes als verholzt erwiesen. Wäre die Verholzung der Wände allein maßgebend, so müsste erstens der ganze Holzkörper leiten und ferner das Mark bei der Wasserleitung beteiligt sein. Wie erwähnt, trifft beides nicht zu.

Was endlich die viel ventilirte Frage anlangt, ob das Wasser in den Wandungen oder in den Lumina der Holzfasern emporsteigt, und bezüglich welcher v. Sachs das erstere, R. Hartig (und andere) das letztere behauptet, so führen meine Versuche zur Sachs'schen Anschauung. Denn bei meinen Experimenten zeigten sich immer die Wandungen der Holzelemente als der ausschließliche Sitz des mit dem Wasser aufsteigenden Eisens; sie färbten sich mit Ferricyankalium stark grünblau; nie konnte ich eine so gefärbte Flüssigkeit in den Lumina der Zellen wahrnehmen.

Auch als ich einen Lärchenzweig unter Eisenvitriollösung abschnitt und diese somit unter Ueberdruck in das Holz eintreten konnte, fand ich das Eisen nicht im Lumen der Tracheiden auf, wenigstens nicht in der Höhe von 10 cm über der Schnittfläche.

Hingegen ist zu erwähnen, dass auch die Tüpfelmembran, insbesondere der Torus, mit Ferricyankalium blaue Farbe annahm [der Torus auf Radialschnitten als kreisrunde intensiv blaue Stelle sichtbar¹⁾].

Acer platanoides.

Ein abgeschnittener Zweig von 60 cm Höhe mit vielen eben zur Entfaltung kommenden Laubtrieben saugte binnen 24 Stunden 20 cc Eisenlösung auf, die Blätter blieben völlig turgescens. Querschnitte in verschiedenen Höhen desselben zeigten beim Betupfen mit Ferricyankalium, dass die Eisenlösung nur im Holzkörper emporgestiegen war; die Zellwände desselben wurden grünblau, und zwar die des zweiten Jahrringes (wo ein solcher ausgebildet war) stärker als jene des ersten. Rinde, Bast und Mark waren völlig frei von Eisen.

Dass auch in der unverletzten Pflanze das Aufsteigen des Saftstromes im Holzkörper stattfindet, zeigte mir ein Versuch mit einer zweijährigen Keimpflanze von *Acer platanoides*, welche mit dem gesamten Wurzelsystem aus der Erde ausgegraben und mitsamt der nach leichtem Schütteln noch anhängenden Erde in Eisenvitriol 1 : 500 gebracht wurde. Nach 24 Stunden zeigte Ferricyankalium durch starke Blaufärbung des Holzkörpers die reichliche Anwesenheit von Eisen in Wurzel und Stengel an. Die Blaufärbung betraf nur die

1) Eine wirkliche experimentelle Lösung der Frage, ob das Saftsteigen in den Wandungen der Lumina vor sich geht, ist natürlich nur von Versuchen mit unverletzten Pflanzen zu erwarten; solche sind bereits in Gang.

Zellwände, diese aber ohne Unterschied, ob sie nun den Gefäßen, Holz-, Prosenchym- oder Parenchymzellen angehörten.

An den Saugwurzeln einjähriger Keimpflanzen sah ich das Eisen im ganzen Rindenparenchym der Wurzelspitzen verbreitet, das ja von der Lösung passiert werden musste, damit es in die Gefäßbündel gelangte.

Hydrangea japonica (Hortensie).

Zweige dieser Pflanze, mit jungen Blättern, transpirieren sehr kräftig, so dass sie sich gut zu Versuchen wie den in Rede stehenden eignen. Bringt man so einen Zweig von etwa 50 cm Länge mit Blattkrone, d. h. einem frischen sich eben entfaltenden Trieb an der Spitze, in Eisenvitriol 1 : 500, so bemerkt man schon nach 1 Stunde, dass etwa 1 cc Lösung verschwunden ist, nach 24 h vielleicht ein Defizit von 20 cc Lösung. Zugleich lässt sich im Zweig das Eisen mit Leichtigkeit nachweisen. Schon nach $\frac{1}{2}$ Stunde konnte ich dasselbe mit Ferricyankalium in der Höhe von 15 cm über der Schnittfläche deutlich in Form grünblauer Färbung der Wandungen des Xylemringes nachweisen; nach 24 Stunden war das Eisen im Holzkörper des ganzen 45 cm langen Stengels deutlich nachzuweisen, oben als schwach grünliche Färbung, in der Mitte und unten als intensiv blaue Färbung des Holzkörpers. Allenthalben zeigte sich das Eisen als gleichförmige Einlagerung der Zellwände, nirgends im Lumen. Außer dem Holzkörper gab merkwürdigerweise noch ein anderes Gewebe Eisengehalt in den Wandungen zu erkennen, nämlich die äußern Lagen des dünnwandigen Bastes, welche vor dem übrigen Bast durch etwas bedeutendere Größe der Zellen und insbesondere durch hellen Glanz und schwache Verdickung der Wände an sich schon etwas hervorstachen. Sie zeigten bis in die obersten Partien des Schösslings intensive Blaufärbung der Zellwände mit Ferricyankalium. Da der gegen den Holzkörper zu vorliegende Bastteil ungefärbt bleibt (wenigstens in einiger Höhe über der Schnittfläche), muss wohl angenommen werden, dass die Lösung in diesen Wandungen selbst in die Höhe steigt und nicht vom Holzkörper aus dahin gelangt. Zu erwähnen ist übrigens noch, dass der Wassertransport in diesen Bastwänden doch etwas langsamer vor sich zu gehen scheint; denn ich bemerkte an Zweigen, die $\frac{1}{2}$ Stunde in Eisenvitriol gestanden hatten, das Eisen im Holzkörper bis zu 15 cm Höhe vorgeedrungen, im Bast erst bis 5 cm. Was die Verholzung der Zellwände bei *Hydrangea* anlangt, so sei noch hervorgehoben, dass die erwähnten Bastzellwände keinerlei Verholzungsreaktion ergaben.

Aus meinen Versuchen¹⁾ über den Ort der Wasserleitung in Pflanzen geht also hervor, dass verschiedene Gewebe daran beteiligt

1) Sie sind mit den aufgezählten bei weitem nicht erschöpft.

sein können. Vor allem sind es die Gefäßbündel, welche das Wasser leiten; durch Aufsaugen von eisenhaltigem Wasser lässt sich das sowohl bei Pflanzen mit geschlossenem Holzkörper (Holzpflanzen), als bei solchen mit isolierten (im Kreis stehenden oder über den ganzen Querschnitt zerstreuten) Gefäßbündeln leicht demonstrieren. Außerdem wurde bei einigen Pflanzen das Collenchym und das Sclerenchym als leitendes Gewebe experimentell erkannt. An den Gefäßbündeln leitet gewöhnlich der Holzkörper, bisweilen aber auch der dünnwandige Bast. Von den Bestandteilen der leitenden Zellen scheint die Wandung als Bahn für den Transpirationsstrom sehr in betracht zu kommen. Weitere Studien über diese Sache sind beabsichtigt.

Endlich darf nicht unerwähnt bleiben, wie die Wasserleitung bei denjenigen Pflanzen vor sich geht, welche keine echten Gefäßbündel besitzen. Haberlandt hat diese Frage bei den Moosen experimentell geprüft ¹⁾ und gefunden, dass der Zentralstrang des Moosstämmchens die Wasserbahn sei. „Wenn man ein frisch abgeschnittenes unbenetztes Stämmchen von *Mnium undulatum* mit seinem blattlosen untern Ende 1—2 mm in wässrige Eosinlösung tauchen lässt, so steigt dieselbe bloß im Zentralstrange und zwar mit ziemlich großer Schnelligkeit empor. Wegen der Durchsichtigkeit der Rinde kann man den roten Faden der Eosinlösung sehr deutlich mit unbewaffnetem Auge verfolgen und nach gewissen Zeitintervallen die Steighöhe der Lösung abmessen.“ „Nach einer Stunde war die Eosinlösung im Zentralstrang bis knapp unter die Spitze des Stämmchens gedrunken, während dieselbe nach gleicher Zeit in der Rinde bloß etwas über 2 mm hoch gestiegen war. Der Versuch beweist also in klarster Weise das beträchtliche Wasserleitungsvermögen des Zentralstranges.“ Vom Zentralstrang geht die Leitung in die Blattnerven über.

Die mikroskopische Untersuchung ergab Anwesenheit des Farbstoffes sowohl in den Zelllumina als in den Längswänden der Strangzellen.

Ueber die weiblichen Geschlechtsorgane und die Eibildung bei parasitischen Copepoden (Gastrodelpthyiden).

Von Dr. **Joseph Heinrich List**,

Privatdozent an der Universität Graz.

Die weiblichen Geschlechtsorgane der Gastrodelpthyiden (einem den Uebergang von den Notodelpthyiden zu den Siphonostomen vermittelnden Copepodengenus) bestehen aus paarigen Ovarien,

1) Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Laubmoose, in Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 17 S. 406 ff.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1889-1890

Band/Volume: [9](#)

Autor(en)/Author(s): Bokorny Thomas

Artikel/Article: [Ueber den Ort der Wasserleitung in den Pflanzen. 321-327](#)