

## Sollen die Luftbläschen der sogenannten Jaminschen Kette in den Leitungsbahnen der Pflanzen für immobil gehalten werden?

Von

Wlad. Schaposchnikoff, Moskau.

Mit 2 Abbildungen im Text.

Die Frage von der Aufeinanderfolge von Wassersäulchen und Luftbläschen in den Leitungsbahnen (die sog. Jaminsche oder Luftwasserkette) war und ist noch bis heute von großer Bedeutung bei der Behandlung des aufsteigenden Wasserstromes in der Pflanze (Die kritische Behandlung der verschiedenen Auffassungen dieser Frage; cf. Wottchal, Die Saftbewegung in den Pflanz. 1897. [Russisch.]) Die Luftwasserkette bildet gewöhnlich den Ausgangspunkt bei Besprechung der Bedeutung des Wasserkonsumes der Blätter für das Aufsteigen des Saftes in die mehr oder weniger entfernten Teile der Leitungsbahnen (Schwendener, Dixon). Ein gleiches Interesse erweckt auch die Rolle der einzelnen Elemente in Hinsicht auf den Widerstand, den die Luftwasserkette der Zirkulation der „Luft“ an den Verengungen und bei anderen Hindernissen entgegensetzt (Janse, 1908). Trotzdem ist unsere Kenntnis der Frage noch eine äußerst dürftige, was wohl in der Unzugänglichkeit der Kette und in der Schwierigkeit, das Verhalten derselben am lebenden Objekt unter natürlichen Bedingungen sorgfältig zu studieren seine Ursache hat.

Die erste Frage, die uns entgegentritt, wenn wir unsere Aufmerksamkeit auf die Luftwasserkette lenken, ist die, was denn eigentlich diese Luft, die einen Bestandteil derselben bildet, vorstellt und woher dieselbe stammt. Schon Böhm (1879) gibt der Ansicht Ausdruck, daß „in den Tracheen . . . nur bei gehemmter Wasserzufuhr Luft eingesaugt wird.“<sup>1)</sup> Diese Anschauung wird auch von anderen Autoren geteilt. In neuester Zeit meint Janse (1908), „die äußerst dünne Membran ist nämlich bei genügendem

<sup>1)</sup> Über die Funktion der vegetabilischen Gefäße. (Bot. Ztg. 1879.)

Überdruck für Luft permeabel“.<sup>1)</sup> Doch ist eine solche Infiltration atmosphärischer Luft wohl zum mindesten unwahrscheinlich, wenn man in Betracht zieht, daß die Gefäßwandungen von Wasser durchtränkt sind und das ganze Gefäßsystem unter natürlichen Bedingungen nie in offener Verbindung mit der Atmosphäre steht, sondern von derselben durch die Masse der eng aneinanderschließenden Parenchymzellen getrennt wird. Außerdem erscheint es gänzlich rätselhaft, weshalb die Gefäße, gesetzt den Fall, eine solche Infiltration wäre denkbar, nicht früher oder später sich mit Luft ausfüllen.

Was nun die Fortbewegung der Luftwasserkette anbetrifft, so neigen wohl die meisten Forscher in neuester Zeit der Ansicht zu, die „Luftbläschen“ müssen unbeweglich an ihren Platz gebunden sein, entweder durch die auf Schritt und Tritt vorhandenen Verengungen des Gefäßlumens in Form von Resten der Zwischenwandungen oder von Verdickungen der Gefäßwandung (Janse), oder aber durch die Zwischenwandungen selbst, da die Länge eines ununterbrochenen Gefäßkanales nach Strasburger nicht mehr als im Mittel etwa einen Meter beträgt. Würden die Bläschen an der Bewegung des Wassers Anteil nehmen, so müßten sie sich im oberen Teil der Leitungsbahnen anhäufen (Janse<sup>2</sup>, Dixon<sup>3</sup>) und die weitere Wasserzufuhr hemmen. In der Regel lassen sich jedoch in den Blättern keine bedeutenderen Ansammlungen von „Luft“ beobachten und häufig fehlt dieselbe sogar ganz.

Im folgenden will ich nun den Versuch machen, die Frage zu lösen, ob die physikalischen Bedingungen der Luftwasserkette in den Leitungsbahnen der Pflanze wirklich derart sind, daß sie eine Fortbewegung derselben als Ganzes unmöglich machen.

Schon auf Grund der Entwicklungsgeschichte der Gefäße aus den Zellen kann man schließen, daß deren ursprünglicher Inhalt nicht aus der Luftwasserkette besteht, sondern dieselben ganz von Flüssigkeit ausgefüllt werden und jene nur unter gewissen Bedingungen auftritt. Dies ist umso notwendiger, als schon Volken auf die Abhängigkeit des Gasgehaltes in den Leitungsbahnen von den Transpirationsbedingungen hinwies und Böhm direkt angibt, daß „nach Sistierung der Transpiration die Gefäße vieler Pflanzen mit Saft erfüllt sind“. Schon diese Befunde weisen darauf hin, daß die Gase nicht infolge einer Infiltration der atmosphärischen Luft unter einem gewissen Druck, sondern hauptsächlich in im Bodenwasser gelösten Zustände in die Gefäße gelangen (doch nicht ausschließlich aus letzterer Quelle, denn bei Vorhandensein gewisser Bedingungen steht zu erwarten, daß die als Atmungsprodukt der Wurzel- oder Stengelzellen entstehende Kohlensäure in das Lumen der Leitungsbahnen zu diffundieren imstande ist). Ziehen wir den relativen Kohlensäurereichtum des Bodenwassers in Betracht, ebenso

<sup>1)</sup> Der aufsteigende Strom. (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XLV. 1908. p. 314.)

<sup>2)</sup> Jahrb. f. wiss. Bot. 1908.

<sup>3)</sup> Transpiration and the ascend of sap. (Progress. rei bot. Vol. III. 1909. H. 1.)



wie den Umstand, daß der Sauerstoff auf seinem Wege zu den Gefäßen durch eine Schicht lebender Zellen von bedeutender Mächtigkeit durch Kohlensäure ersetzt wird, so scheint wenigstens die Hauptbedeutung bei der Bildung der Luftwasserkette eben der Kohlensäure zuzukommen. Wenigstens enthält der bei dem Blüten ausgeschiedene Saft eine bedeutende Menge Kohlensäure.<sup>1)</sup>

So erscheint denn die Voraussetzung am meisten wahrscheinlich, daß die Luftwasserkette durch Ausscheidung des im Wasser gelösten Gases im Inneren der Gefäße bei herabgesetztem Drucke entsteht, oder was dasselbe ist, wenn der Wasserkonsum der Pflanze ein größerer ist als die Zufuhr. Bei erhöhter Zufuhr können sich die Gefäße natürlich von neuem anfüllen, wobei die Gase nach außen in die benachbarten lebenden Elemente oder in das äußere Medium diffundieren können.

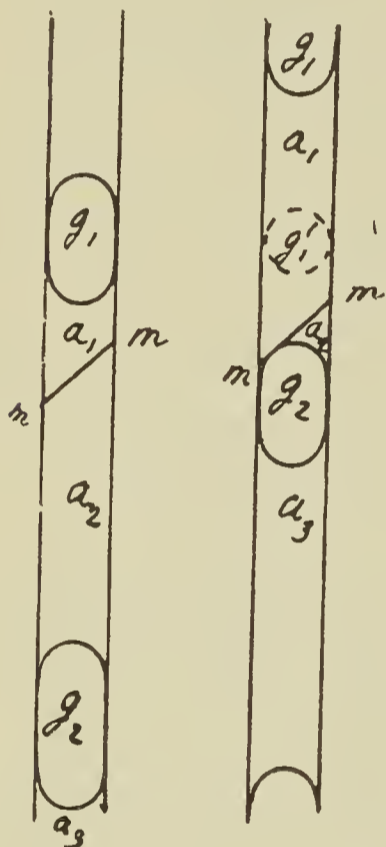


Fig. 1.

Setzen wir nun voraus, der Inhalt der Leitungsbahnen nimmt als Ganzes an der Bewegung Anteil, so muß infolge der Einteilung des Lumens derselben in einzelne Kammern durch die Querwandungen ein jedes Gasbläschen früher oder später sich einer solchen Querwandung nähern. Erweist sich dasselbe nun an seinen Platz gebunden, während das Wasser ihn auf die eine oder andere Weise umgeht, so wird in kurzer Zeit ein zweites und drittes Bläschen sich dem ersten zugesellen und das ganze Gefäß endlich mit Luft angefüllt sein. Die Möglichkeit, daß das Wasser in der stets das Bläschen von der Zellwand trennenden feinen Membran zirkuliert, ist eine bei weitem noch nicht entschiedene Frage. Wenn die Filtrierung von Wasser durch ein Aststück nicht immer von einem Austritt von Gasbläschen aus den durchschnittenen Gefäßen begleitet wird, so

kann dies noch nicht als befriedigende Lösung betrachtet werden, wie auch Janse meint, denn in jedem einzelnen Falle müßte man sich vorher von dem wirklichen Vorhandensein von Gasbläschen in den betreffenden Gefäßen, die der Wasserstrom passiert, überzeugen.

Stellen wir uns einen Gefäßabschnitt mit einer sein Lumen der Quere nach teilenden Querwandung vor. Im Gefäß wird ein gleichmäßiger Strom aufrecht erhalten (Fig. 1). Befindet sich in der Lage I das Gas in  $g_1$  und  $g_2$  (der Einfachheit halber) unter ein und demselben Druck ( $p$ ), so wird letzterer bei II, wenn  $g_2$  dank der Strömung (die Wandungen der Gefäße sind als glatt und das Lumen als völlig zylindrisch angenommen) an die Zwischenwandung  $m m$  herangetreten ist, augenscheinlich gleich  $p - \alpha$  für  $g_1$  und  $p + \beta$  für  $g_2$  sein ( $\alpha$  und  $\beta$  sind vom Moment an, wo sich

<sup>1)</sup> Wagner, M., Pflanzenphysiologische Studien im Walde. Berlin 1907.

die Gasbläschen der Zwischenwandung nähern, konstant zunehmende positive Werte, die in Abhängigkeit stehen:  $\alpha$  von der Verdünnung in den oberen Teilen des betr. Gefäßes und von der fortgesetzten Wasserentziehung seitens der transpirierenden Zellen,  $\beta$  von der weiteren Wasserzufuhr von unten). Augenscheinlich ist stets  $p + \beta > p - \alpha$  und ihre Differenz ( $\alpha + \beta$ ) stets im Anwachsen begriffen.

Infolge des herabgesetzten Druckes ( $p - \alpha$ ) im Glied *A* muß das in  $a_1$  unter dem Druck  $p$  gelöste Gas nun zum Teil ausgeschieden werden, wobei entweder  $g$ , vergrößert wird oder aber sich ein neues Bläschen  $g'$ , bildet. Im Glied *B* findet gerade das Gegenteil statt. Infolge der hier eintretenden Erhöhung des Druckes ( $p + \beta$ ) muß das Gas  $g_2$  zum Teil sowohl von  $a_3$  als von der stets zwischen dem Bläschen und der Membran  $m m$  zurückbleibenden Schicht  $a_2$  absorbiert werden.

Nun erhalten wir folgendes System: auf der einen Seite der Membran ( $m m$ ) befindet sich das Wasser  $a_1$  mit einem dem Druck  $p - \alpha$  entsprechenden Gasgehalt, auf der anderen  $a_2$  mit dem dem Druck  $p + \beta$  entsprechenden Gasgehalt. Zweifellos müssen die Gase nun aus  $a_2$  nach  $a_1$  diffundieren und dort ausgeschieden werden.

Auf diese Weise wird das Gas  $g_2$  in  $a_2$  in Lösung übergehen (unter dem Druck  $\beta$ ), nach  $a_1$  diffundieren und hier ausgeschieden werden (Druck  $-\ [\beta + \alpha]$ ). Dieser Prozeß wird so lange seinen Fortgang nehmen, bis das ganze Gas  $g_2$  absorbiert ist und sich im oberen Glied *A* ausgeschieden hat.

Um diese theoretischen Erwägungen auch in der Praxis kontrollieren zu können, konstruierte ich folgenden einfachen Apparat (Fig. 2). Seinen Hauptbestandteil bildet ein dickwandiges Kapillarrohr (innerer Durchmesser ca. 0,1 cm) mit weggebogenen Enden, von denen das eine späterhin, wenn der Apparat mit Wasser angefüllt ist, verlötet wird ( $i_1$ ), während das andere ( $i_2$ ) mit einem

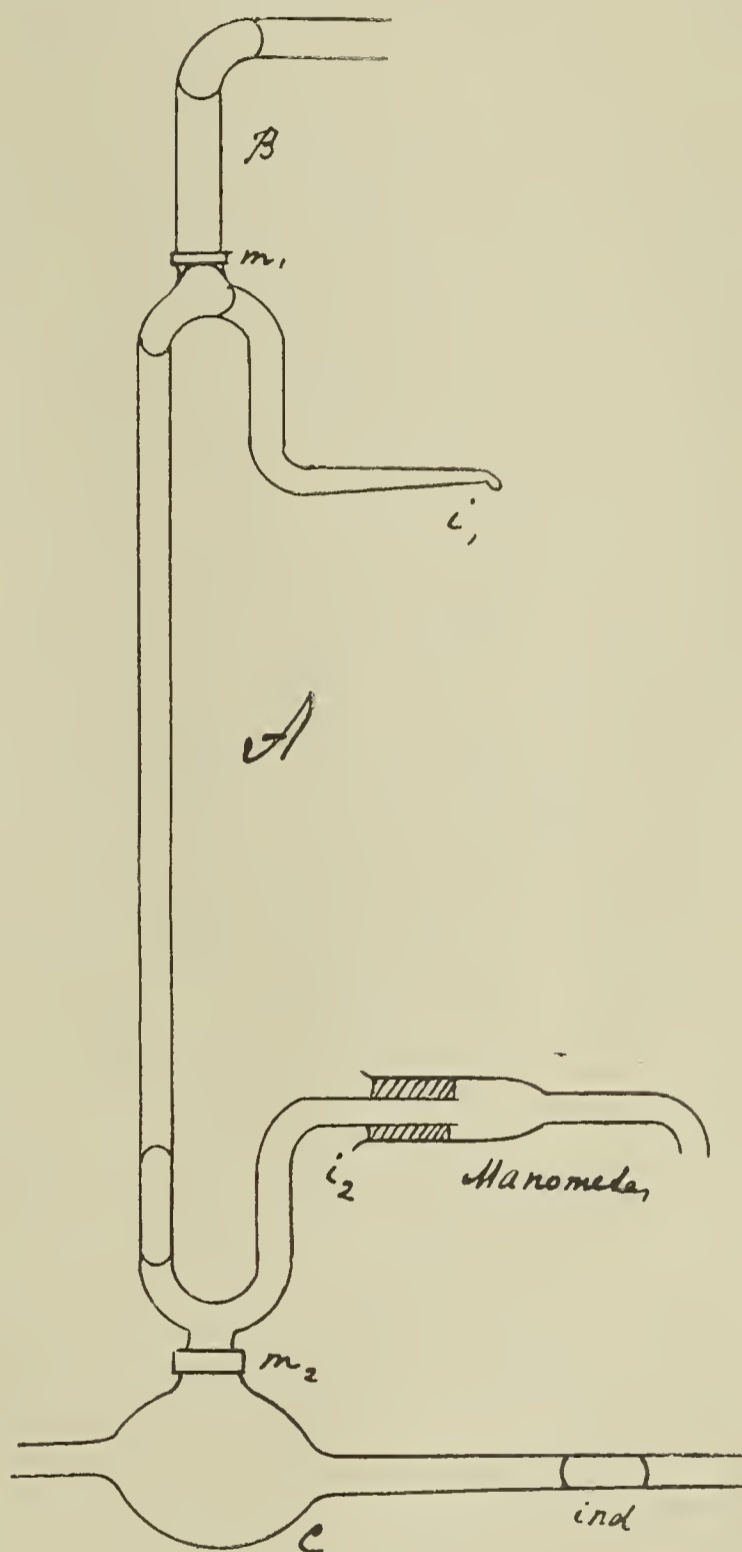


Fig. 2.



geschlossenen Quecksilbermanometer in Verbindung steht. An den Biegungsstellen ( $m_1$  und  $m_2$ ) sind Öffnungen angebracht, die von Plättchen feinporigen, schwach gebranntem Ton verschlossen sind (häufig läßt der Ton bei größeren Druckdifferenzen atmosphärische Luft durch; die Platten müssen deshalb erst jedesmal ausprobiert werden. Am besten ist es, sie aus einem Chamberlainschen Filter auszuschneiden oder sie selbst aus Skulpturton anzufertigen und zu brennen). Diese Platten werden mit Hilfe des Mendelejefschschen Kittes aufge kittet. Der untere Teil des Rohres  $A$  wird in die Öffnung der Röhre  $C$  eingekittet, die von mit Kohlensäure gesättigtem Wasser angefüllt ist und mit einem Luftbläschen (*ind.*) versehen ist, welches dazu dient, die Bewegung des Wassers zu kontrollieren. Der obere Teil der Röhre  $A$  wird in die Röhre  $B$  eingekittet, die mit einer Saugpumpe in Verbindung steht. Die Röhren  $A$  und  $B$  werden gleichfalls mit gekochtem Wasser gefüllt. Nach Füllung derselben wird das eine Seitenrohr geschlossen, während das andere mit einer Wassersaugpumpe in Verbindung gebracht wird, um alle bisweilen in den Membranen zurückbleibende Luft wegzuschaffen, da dieselbe sonst bei Herabsetzung des Druckes während des Experimentes in das Rohr austreten könnte, was eine Verdunkelung des ganzen Versuches verursachen könnte. Nach abermaliger Füllung mit ungekochtem, ebenso wie in  $C$  mit Kohlensäure gesättigtem Wasser wird das eine Seitenrohr  $i_1$  verlötet, während das andere ( $i_2$ ) mittels eines Gummiringes mit einem geschlossenen Manometer in Verbindung gesetzt wird. Bei Verbindung des Rohres  $B$  mit der Pumpenvorrichtung (welche die ganze Dauer des Experimentes über funktioniert) beginnt sogleich die Filtrierung des Wassers und eine Herabsetzung des Druckes in  $A$ , die durch das Manometer angegeben wird. Sinkt dieselbe bis zu einer gewissen Grenze ( $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$  Atmosphäre), so beginnt in  $A$  die Ausscheidung von Gasbläschen, welche nach und nach den Inhalt der Röhre zu einer Luftwasserkette gestaltet. Kaum hat eines der Bläschen die Membran  $m_1$  erreicht, so hört die Filtration durch dieselbe auf und in  $B$  macht sich eine bedeutende Gasausscheidung bemerkbar. Die Filtration durch die Membran  $m_2$  nimmt unterdessen ihren Fortgang und der vom Manometer angezeigte Druck steigt. Nach Verlauf einer gewissen Zeit<sup>1)</sup> sinkt der Druck von neuem in  $A$ , und die Filtration durch  $m_2$  wird beschleunigt. Das Bläschen an der Membran  $m_1$  hat sich aufgelöst.

Am besten eignet sich für das Experiment stark kohlenensäurehaltiges Wasser. Wenn außerdem die untere Membran der Filtration einen etwas größeren Widerstand entgegensetzt als die obere, so beschleunigen diese beiden Bedingungen den Verlauf und erhöhen die Anschaulichkeit des Experimentes.

Außerdem müssen noch folgende notwendige Bedingungen eingehalten werden: 1) die von Wasser durchtränkte Membran muß

<sup>1)</sup> Dieser Zeitraum kann in Abhängigkeit von der Wahl der Membranen ein außerordentlich wechselnder sein. Im besten Falle war derselbe gleich 10', bei anderen Membranen bedeutend länger.



für Luft wirklich impermeabel sein, 2) der Gasgehalt des Wassers muß der Zimmertemperatur, in welcher das Experiment angestellt wird, entsprechen und 3) die Membran muß vor dem Experiment völlig von Wasser durchtränkt sein, d. h. keine freie Luft in den Poren enthalten, da dieselbe bei herabgesetztem Druck in *A* austreten kann und infolge ihrer schwachen Lösbarkeit das Bild verdunkelt oder selbst ganz verwischt.

Wenn wir uns also die inneren Wandungen der Gefäße als völlig zylindrisch und glatt vorstellen, so schließt das Vorhandensein von Quermembranen, die das Innere derselben in einzelne Kammern einteilen, bei völliger Isolation der Gefäße noch keineswegs die Möglichkeit einer Teilnahme des ganzen Inhaltes, sowohl des Wassers als auch der Gase, an der Bewegung aus. Ob diese Erwägungen auch inbezug auf die Strombedingungen im Holz zutreffen, diese Frage läßt sich nur durch entsprechende Versuche lösen. Es wäre nicht unmöglich, daß bei Anwendung des dargestellten Schemas zu den Leitungsbahnen der Pflanze mit ihren verschiedenartigen Kombinationen der die Gefäße begleitenden Elemente wir es nicht mit einer Auflösung der an die Quermembranen herangetretenen Gasbläschen, sondern mit einer Passierung derselben längs der Nachbarelemente, wie dies Janse gern zugibt, zu tun haben werden. In manchen Fällen jedoch, wie im Xylem von *Salix*, wo die Gefäße die einzigen Leitungsbahnen des Wassers darstellen und außerdem isoliert verlaufen, ebenso wie in nicht besonders alten Gefäßbündeln von Sonnenblumen, wo die Gefäße voneinander durch dünnwandiges Parenchym geschieden sind (auf diesen Umstand weisen die Vertreter der Lehre von der Anteilnahme der lebenden Elemente des Stammes an der Bewegung des Wassers als auf ein Beispiel einer zweckentsprechenden Anpassung hin, cf. Frank, Lehrbuch), ist die Passierung des Wassers durch die Nachbarelemente zum mindesten zweifelhaft.

Zum Schluß will ich hier noch etwas auf die Frage eingehen, auf welche Weise die Abweichungen des Gefäßlumens von der regelmäßigen Zylinderform hemmend auf die Fortbewegung des ganzen Inhaltes einwirken können. Es wird heutzutage angenommen, daß die Reste von Quermembranen an der Verschmelzungsstelle zweier Zellen, die Spiralwindungen der Spiralgefäße und andere Störungen der Zylinderform die Gasbläschen aufhalten, während das Wasser dieselben längs der randständigen Schicht oder längs der dreikantigen Kanälchen zwischen der Spiralwindung, der Membran und der Oberfläche des Bläschens umgeht. Im Zusammenhang damit wird auch der Luftgehalt der Gefäße verschieden gedeutet. Während die einen Autoren (Janse) in den Gasbläschen die Förderer der Wasserbewegung in dem Sinne erblicken wollen, daß dieselben die Ausdehnung der Wassersäule bei gleichbleibendem Druck vergrößern, nimmt Dixon an, daß bei Vorhandensein einer wandständigen Schicht der Druck von der allgemeinen Höhe, unabhängig vom Gasgehalt, bedingt wird. Doch verfügen wir augen-

scheinlich zur befriedigenden Lösung dieser Frage nicht über eine genügende Anzahl tatsächlicher Betrachtungen, umsomehr, als uns der Widerstand, den diese außerordentlich feinen flüssigen Membranen dem Wasserstrom entgegensetzen, völlig unbekannt sind. Wenigstens wird bei Verschließung der Gefäße durch Öl, trotzdem die Wandschicht zweifellos bestehen bleibt, der Strom bekanntlich auf ein Minimum herabgesetzt.

Stellen wir uns nun ein Gefäß mit irgend welchen Verdickungen vor. Uns sind Fälle bekannt, wo Gefäße, die normalerweise außer Wasser freie Gase führen, völlig von Wasser ausgefüllt werden. Nehmen wir eben diesen Moment und setzen wir voraus, daß eine bestimmte Strömung unser Gefäß entlanggeht und daß in einem gewissen Moment ein Gasbläschen ausgeschieden wird, das entweder von einer ringförmigen Erhebung der Innenwand oder zwischen zwei benachbarten Spiralwindungen (wie dies Janse annimmt) aufgehalten wird, während der Wasserstrom dieses Hindernis längs dem zwischen der Wand und der Oberfläche des Bläschens übrigbleibenden Raum zu umgehen sucht. Augenscheinlich wird, wie dies auch Janse zugibt, der Strom ein so geringer sein, daß die Bewegung de facto als aufgehalten zu betrachten ist, ebenso als wenn das Bläschen die Quermembran erreicht hätte. Rufen wir uns nun die oben angeführten Erwägungen ins Gedächtnis zurück, so gelangen wir notgedrungen zu dem Schluß, daß, ehe das Bläschen noch Zeit hat sich zu bilden, dasselbe schon beginnen wird sich aufzulösen, bis sein Volumen ihm erlauben wird, seinen Weg fortzusetzen, ohne die skulpturellen Erhebungen der Innenwand zu berühren.

Moskau, 20. Febr. 1911.

Pflanzenphysiol. Kabin. d. K. Universität.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1910

Band/Volume: [BH\\_27\\_1](#)

Autor(en)/Author(s): Schaposchnikoff Wlad.

Artikel/Article: [Sollen die Luftbläschen der sogenannten Jaminschen Kette in den Leitungsbahnen der Pflanzen für immobil gehalten werden? 438-444](#)