

Welcher Bedeutung der kristallisierende Gerbstoff im Leben der *Dionaea* zukommt, vermag ich nicht zu sagen. Ob er vielleicht als Schutzstoff gegen Tierfraß dient, oder ob er irgendwie in die Mechanik der Reizbewegung eingreift oder bei der Assimilation der aus dem Insektenfang sich ergebenden Verdauungsprodukte oder sonstwie eine Rolle spielt, bleibt uns vorläufig verborgen.

## 45. C. Steinbrinck: Zu den Kohäsions- und Osmose-Fragen.

(Eingegangen am 20. Oktober 1915.)

### I.

Auf dem Gebiete der pflanzlichen Kohäsionsphysik ist in letzter Zeit ein bemerkenswerter Fortschritt zu verzeichnen gewesen. Denn RENNER<sup>1)</sup> und URSPRUNG<sup>2)</sup> ist es bekanntlich gelungen, in dem Füllwasser der Farnringzellen eine Zugfestigkeit von etwa 300 Atm. festzustellen. Dieses Ergebnis ist um so wichtiger, da man annehmen muß, daß das Wasser im Farnannulus mit Luft gesättigt ist, die neueren Untersuchungen aber sämtlich (mit Ausnahme solcher von DIXON) es zweifelhaft erscheinen ließen, ob nicht die Anwesenheit einer reichlichen Menge gelöster Luft das Zustandekommen eines starken Zuges verhindere.

Die physikalische Grundlage der von RENNER und URSPRUNG benutzten Methode erscheint einwandfrei, und, was ihre praktische Anwendung betrifft, so genügt das Verfahren in seiner bisherigen einfachen Form, wenngleich es sich im einzelnen verbessern lassen wird,<sup>3)</sup> jedenfalls für jene ersten angenäherten Messungen.

1) Ztschr. „Die Naturwissenschaften“ 1915, S. 136, (vom 5. 3. 1915), Jahrb. f. Wiss. Bot. 1915, Bd. 56, S. 617 ff.

2) Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. 1915, (vom 22. 3. 1915), S. 153.

3) Für die Unveränderlichkeit der Temperatur ließe sich z. B. besser Sorge tragen. Zudem erscheint es bei RENNERS Ausführung (a. ang. Orte, S. 656, Fig. 4) nicht ratsam, das Tragplättchen der Objekte so dicht unter der Deckplatte des Behälters anzubringen. Diese geringe Entfernung hat den Nachteil, daß der Austausch der Dampfatosphären über den Pflanzenzellen einerseits und der Lösung andererseits behindert ist. Dadurch entsteht die Gefahr, daß die Dampfspannung bei der Reißbildung in den Zellen in Wirklichkeit erheblich größer sein kann als diejenige der Lösung und die Kohäsion daher überschätzt wird. Vermutlich hat RENNER jenen Abstand so gering genommen, um von seinen Objekten stärker vergrößerte Photogramme herzustellen.

Immerhin ist es zunächst verblüffend, daß das Wandmaterial der Ringzellen imstande sein soll, einem so starken Zuge Widerstand zu leisten. Daher wäre es willkommen, wenn es gelänge, auf jenes Ergebnis, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen, eine Probe anzustellen. Nun erwähnt USPRUNG einen älteren Versuch SCHRODTs, der einen plötzlichen Überdruck von mehreren Atmosphären auf trockne Farnringe einwirken ließ, ohne damit eine merkliche Formänderung derselben zu erzielen. Der Versuch ist aber in dieser Form nicht ausschlaggebend, da sein negativer Ausfall auf die Luftdurchlässigkeit der Annulusmembranen zurückgeführt werden darf. Einen Fingerzeig für eine Abänderung des Versuchs liefert vielleicht eine von mir mitgeteilte Erfahrung an Antheren und an Sonnenrosenmark (Ber. d. D. Bot. Ges. 1900, S. 282 u. 283). Während diese Gewebe nämlich ebenfalls ihre Form bewahrten, wenn sie einem Überdruck von 1 Atm. in trockenem Zustande ausgesetzt wurden, so erlitten sie eine sehr erhebliche Kompression, wenn der Überdruck auf wasser-imbibierte Wandungen traf. Es rührt dies wahrscheinlich daher, daß ihre durchfeuchteten Membranen weniger luftdurchlässig und obendrein nachgiebiger sind, als in trockenem Zustande.<sup>1)</sup> Unter Anwendung dieses Ergebnisses auf die Farnringe würde ich daher raten, dieselben zunächst in einem luftleeren Behälter „springen“ zu lassen, ihnen dann ebendasselbst etwas Wasser zuzuführen und auf sie nunmehr sofort aus einer Gasbombe einen Überdruck von mehreren Atmosphären auszuüben, während sie gleichzeitig mikroskopisch beobachtet werden. Zu einem solchen Versuche dürfte sich vielleicht der von mir in Flora 1903, Bd. 92, Tafel V, Fig. 5 abgebildete und S. 115 besprochene Apparat eignen, wenn an ihm noch ein Seitenrohr zur Zuführung des Druckgases angesetzt ist.

## II.

RENNER hat seiner im Vorigen erwähnten Arbeit eine Untersuchung seines im Felde gefallenen Schülers H. HOLLE „über Welken, Vertrocknen und Wiederstraffwerden“ (Flora 1915, Bd. 108, S. 73—126) folgen lassen, die sich hauptsächlich mit der Physik der Wasserabgabe und -Aufnahme von Parenchymen beschäftigt und meine Ausführungen darüber, soweit gleichartige Objekte in Be-

1) Diese Erfahrung läßt zugleich vermuten, daß die Angabe HOLLES über die Kohäsion im *Helianthus*-Mark [Flora 1915, Bd. 108, S. 100] nur eine ungefähre obere Grenze für den Unterbrechungswiderstand liefern soll. In Wirklichkeit ist der Widerstand, den die zarten Wände zu leisten vermögen, wohl erheblich kleiner als 10 Atm.

tracht kommen, in allen Punkten bestätigt. Eine einzige Ausnahme glaubt der Verfasser der genannten Untersuchung allerdings feststellen zu müssen, und er betont sie sogar an 3 verschiedenen Stellen der Abhandlung (S. 78, 106, 119). Er wendet sich nämlich gegen die mir zugeschriebene Auffassung, als ob in Pflanzengewebe ein höherer Kohäsionszug als der von 1 Atmosphäre — und zwar infolge undichten Luftabschlusses — nicht zustande kommen könne.

Wie Herr Prof. RENNER mir brieflich mitteilt, beruht diese Kritik aber lediglich auf einem Mißverständnis einer Stelle meines Berichts an d. D. Bot. Ges. von 1900, S. 391—393. An der beanstandeten Stelle ist nämlich die Frage als untersuchungsbedürftig bezeichnet, wie sich ein hoher Kohäsionszug mit der unter gewissen anderen Umständen festgestellten Luftdurchlässigkeit der Zellenmembran vereinigen lasse. In einem vorhergehenden Bericht (1899, S. 110 u. 112) war aber bereits darauf aufmerksam gemacht worden, daß sich die durch den Kohäsionszug verfügbar werdenden Saugkräfte der Pflanze auf viele Atmosphären belaufen könnten. Allerdings hatte ich damals stillschweigend vorausgesetzt, daß zwischen dem normalen und dem gedehnten Zustande des Wassers ein stetiger Übergang vorhanden sei und daher der Dilatationskoeffizient des Wassers von seinem Kompressionskoeffizienten nicht abweiche. Diese Übereinstimmung ist aber inzwischen durch E. RAMSTEDT<sup>1)</sup> und J. MEYER<sup>2)</sup> experimentell bestätigt worden.

Von besonderer Wichtigkeit ist es nun, daß HOLLES Untersuchungen nicht allein meine Darstellungen über die Ursache und die Erscheinungen des „Schrumpfelns“ bei lebenden und toten Geweben bestätigen, sondern auch mit meiner bereits 1899 in den soeben angezogenen Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. veröffentlichten Theorie „von der elastischen Entfaltung (Schwellung) von Geweben und der mutmaßlichen Saugwirkung gedehnten Wassers“ in vollem Einklang sind. Man vergleiche z. B. HOLLE S. 88, 89, 90 IIb, 106 IIIa, sowie auch RENNER l. c. S. 659 und 664. Meine zahlreichen Gegner sind bisher auf diesen Teil meiner Untersuchungen nicht eingegangen, sondern haben sich auf die Vorgänge bei der Wasserentziehung beschränkt. Die obengenannte Theorie bezieht sich aber auf den Rückweg des beim Wechsel des Wassergehalts

1) Vätskors Förhållande vid Uttånjning, Upsala 1910, S. 65 u. 66.

2) Zur Kenntnis des negativen Drucks von Flüssigkeiten. Abhandlungg. d. D. Bunsen-Ges. Nr. 6, S. 32 ff. und S. 53 Nr. 2.

zu durchlaufenden Kreisprozesses und wird dadurch zu einem Schlüssel für das Verständnis der osmotischen Vorgänge, auf die wir nunmehr übergehen.

### III.

In physikalischen und botanischen Schriften findet man in Kapiteln, die über osmotische Erscheinungen handeln, nicht selten den Amerikaner HULETT erwähnt als Begründer der Auffassung, daß der osmotische Druck mit einem negativen Druck des Lösungsmittels zusammenhänge. Nach HULETTs eigenen Worten (Ztschr. f. phys. Chemie Bd. 42, 1903, S. 362) „übt nämlich die aufgelöste Substanz in allen Punkten der Flüssigkeitsgrenze einen Druck nach außen aus. Dieser Druck wirkt aber darauf hin, das Volum der Flüssigkeit zu vergrößern, wird jedoch durch die Zugfestigkeit im Zaum gehalten. Der osmotische Druck kann daher als negativer Druck auf das Lösungsmittel angesehen werden.“ Gestützt hat HULETT diese Ansicht auf die bekannten Kohäsionsversuche von BERTHELOT, REYNOLDS, WORTHINGTON, DONNY, DIXON und ASKENASY. Als eigenes Experiment führt er nur eine Wiederholung des Hauptversuchs von ASKENASY in etwas verbesserter Form an, wobei er es bis auf einen negativen Druck von etwa  $\frac{1}{2}$  Atm. gebracht hat.

Dieselbe Auffassung habe ich aber schon mehrere Jahre vor HULETTs Veröffentlichung zum Ausdruck gebracht (diese Ber. 1899, S. 111 u. 175) und dann etwa gleichzeitig mit HULETT (Flora 1904, Bd. 93, S. 127 ff.) und unabhängig von ihm ausführlicher begründet. Die Grundlage, auf der ich aufgebaut habe, ist zudem eine beträchtlich breitere als die von HULETT; denn ich konnte mich nicht allein auf meine Ergebnisse mit dem Vakuumüberheber,<sup>1)</sup> sondern auch auf meine vielfältigen Erfahrungen über die elastische Schwellung in Pflanzengewebe, sowie auf den bisher unbeachtet gebliebenen zweiten Versuch ASKENASYs (vgl. Flora a. a. O. S. 142 Abb. 3) stützen. Überdies habe ich (ebenda S. 144) bewiesen, daß die erwähnte Anschauung mit VAN T'HOFFs Gesetz für verdünnte Lösungen im Einklang steht.<sup>2)</sup>

1) Mit diesem bin ich übrigens nicht bloß, wie RENNER (Handwörterbuch d. Nat. X, S. 549) angibt, bis zu negativen Drucken von 4, sondern von 5 Atm. aufgestiegen (vgl. Phys. Ztschr. VI, S. 912, Nr. 1 und Jahrb. f. Wiss. Bot. 1906, Bd. 47, S. 614 Nr. 1).

2) Es war hierzu nur die Annahme nötig, daß der Binnendruck der Lösung von dem des reinen Lösungsmittels nicht abweiche. Späterhin habe ich noch eine andere Ableitung gegeben, bei der die Annahme gemacht ist, daß die Volumenänderung bei der Auflösung vernachlässigt werden kann.

Auffällig ist es nun, daß selbst von Botanikern, die HULETT nennen, wie RENNER, meine erwähnten Darlegungen gänzlich unbeachtet gelassen sind.

Was nun die Stellungnahme zu HULETTs Ansicht betrifft, so glaubt RENNER diese Hypothese durch den Hinweis auf TAMMANNs Forschungen<sup>1)</sup> zurückweisen zu sollen. TAMMANN vertritt nämlich seit 1893 den Standpunkt, daß der Binnendruck des Lösungsmittels durch den aufgelösten Stoff nicht herabgesetzt, sondern im Gegenteil vermehrt sei. Er stützt diese Behauptung auf mehrfache Analogien im Verhalten von Lösungen und ihren Lösungsmitteln, wenn bei jenen die Konzentration, bei diesen der äußere Druck gesteigert wird.

Gegen diese Beweisführung läßt sich aber geltend machen, daß sie einseitig ist. Die von TAMMANN angezogene Übereinstimmung ist nämlich durchaus nicht allgemein gültig. Sie bezieht sich z. B. nicht auf den Dampfdruck; denn dieser wird beim Lösungsmittel durch Druckerhöhung vermehrt, bei der Lösung dagegen durch Konzentrationssteigerung vermindert. TAMMANNs Parallele paßt aber ferner namentlich nicht in der Beziehung, die den Botaniker am meisten angeht, nämlich für das Maß der Wasserbewegung. Denn die Saugkraft steigt bei einer Lösung mit der Zunahme der Konzentration, bei reinem Wasser dagegen (wie die Vorgänge des elastischen Schwellens lehren) mit der Abnahme seines Binnendrucks. Nach TAMMANNs Parallele müßte sie beim Wasser im Gegenteil bei der Zunahme des Drucks steigen. Mit anderen Worten: TAMMANNs Analogie ließe erwarten, daß der Wassereintritt in eine osmotische Zelle durch eine Erhöhung des Drucks im Außenwasser verhindert würde, während die Erfahrung lehrt, daß es hierzu im Gegenteil in der osmotischen Zelle selbst einer Drucksteigerung bedarf, die bekanntlich als Maß des „osmotischen Druckes“ dient.

Es liegt mir nun durchaus fern, mir in diesen äußerst verwickelten Fragen ein entscheidendes Urteil anmaßen zu wollen. Der Mechanismus der Osmose ist ja nach allgemeiner Ansicht noch ganz ungeklärt. Mir kam es in den vorstehenden Zeilen

---

(Ztschr. phys. und chem. Unterr. 1905. S. 82 ff.). Solche beschränkende Annahmen sind aber durchaus erlaubt, da der Nachweis ja nur für den Fall unendlicher Verdünnung geführt werden soll. Selbst die strengste mathematische Beweisführung kommt ohne eine solche Einschränkung bei VAN T'HOFFS Gesetz nicht aus.

1) S. die Zusammenstellung derselben in dem Werkchen: Über die Beziehungen zwischen den inneren Kräften und Eigenschaften der Lösungen, Hamburg 1907.

nur darauf an, zu zeigen, daß HULETTS und meine Auffassung unter den anderen Erklärungsversuchen im Prinzip auch noch ihre Berechtigung hat. Nunmehr möchte ich aber noch weitergehen und außerdem nachweisen: erstens, daß die von mir in der Flora entwickelte Vorstellung bei unseren botanischen Problemen auch zahlenmäßig zu den richtigen Resultaten führt; zweitens, daß sie das Verständnis dieser Probleme durch ihre Anschaulichkeit vielfach ungemein erleichtert. Mit anderen Worten lautet meine Behauptung: Hinsichtlich der osmotischen Wasserbewegung ist es zulässig und oft vorteilhaft, sich eine osmotische Zelle von der osmotischen Saugkraft  $P$  Atm. so vorzustellen, als ob sie reines Wasser enthielte, dessen Binnendruck um  $P$  Atmosphären herabgesetzt ist<sup>1)</sup>.

1. Der Beweis für die mathematische Zulässigkeit dieser Vorstellung wird durch die Gleichheit des Dampfdrucks des Wassers der osmotischen Zelle und des reinen Wassers von entsprechendem Unterdruck geliefert<sup>2)</sup>. Wegen dieses gleichen Dampfdrucks gelten nämlich die thermodynamischen Gleichungen, wie sie beispielsweise RENNER und URSPRUNG angewandt haben, für beide Fälle in gleichem Maße. Daher ist auch das experimentelle Verfahren der beiden Forscher, das sie zur Bestimmung des negativen Drucks der Farnzellen benutzten, ebenso gut zur Feststellung osmotischer Drucke brauchbar, wenn man im letzteren Falle als Grenzzustand den der vollen Entspannung der Membran annimmt. Von RENNER und HOLLE wird die Gleichartigkeit von Osmose und Kohäsionszug mehrfach sogar durch eine glatte Summation ihrer Wirkungen anerkannt (z. B. HOLLE, S. 78, 79, 80, 121).

---

1) Diese Größe  $P$  sei kurz als Unterdruck bezeichnet. Ist der äußere Druck (Luftdruck, hydrostatische Druck usw.) Null, so gibt  $P$  zugleich den Betrag des negativen Drucks vom Wasser (in absoluter Größe) an. Wird der äußere Druck wie gewöhnlich auf 1 Atm. beziffert, so beträgt der Wasserdruck  $(1-P)$  Atm.; ist der äußere Druck gleich  $T$  Atm., so beläuft sich der als Ersatz des osmot. Druckes  $P$  gedachte Druck des Wassers auf  $(T-P)$  Atm. (vgl. RENNER S. 620 u. 621, sowie meine Beispiele in der Flora l. c. S. 147 ff. Auf S. 150 ebenda ist allerdings ein Versehen zu berichtigen. Ich habe nämlich dort, durch die Beschäftigung mit dem Vakuumheber allzusehr beeinflusst, den negativen Gleichgewichtsdruck in den obersten Gefäßen eines 150 m hohen Baumes, unter Anrechnung von 10 m Wasserdruck auf 1 Atm., auf 15 Atm. statt auf 14 Atm. beziffert. Die vorhergehenden Beispiele auf S. 147 und S. 148 beweisen, daß dies nur ein Versehen war.)

2) Die Ableitung dieses Zusammenhangs wird u. a. an der Abb. geführt wie ich sie in der Flora S. 147 als Abb. 6 nach Ostwald wiedergegeben habe und beruht auf dem zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie.

Wasser von Normaldruck besitzt nun natürlich eine entsprechend höhere Dampfspannung. Nach FINDLAY<sup>1)</sup> hat CALLENDAR 1908 hierauf eine Dampfdrucktheorie der Osmose gegründet. Nach ihm soll das reine Lösungsmittel, durch diese höhere Dampfspannung getrieben, in Dampfform durch die Membranporen wandern und sich jenseits derselben wieder kondensieren. Dieser Vorgang soll so lange andauern, bis der hydrostatische Druck, der auf diese Art „durch Hinzufügung von Lösungsmittel zur Lösung entsteht, hinreicht, um den Dampfdruck der Lösung auf einen Wert zu bringen, welcher gleich dem des reinen Lösungsmittels ist.“ Im Vergleich zu dieser Anschauungsweise ist es doch sicherlich einfacher, sich das wandernde Wasser als flüssigbleibend vorzustellen, und als Triebkraft eine dem Dampfdruck-Unterschied entsprechende Binnendruckdifferenz zu denken. Das Resultat bleibt jedenfalls dasselbe.

2. Es ist meine Aufgabe, nunmehr noch darzulegen, daß meine Vorstellung das Verständnis der Vorgänge bei der Wasserbewegung in der Pflanze erheblich zu erleichtern vermag. Diese Erleichterung beruht nämlich darauf, daß die Wasserbewegung, mag sie im einzelnen auf osmotischer Saugung, auf Kapillaranziehung von Menisken, auf Kohäsionszug, auf Blutungsdruck usw. beruhen, auf eine gemeinsame Ursache, nämlich eine Binnendruckdifferenz zurückgeführt werden darf. Die theoretischen Auseinandersetzungen RENNERS, wie sie in seiner letzten Arbeit im Abschnitt I, Nr. 1—3, vorliegen, mögen dazu dienen, den Vorteil dieser Vereinfachung zu zeigen. Im Voraus möchte ich jedoch bemerken, daß ich mit sämtlichen theoretischen Ergebnissen RENNERS von Nr. 1—6 einverstanden bin; ich möchte nur dartun, daß sie z. T. auf anschaulichere und einfachere Weise zu gewinnen sind.

Beginnen wir mit Nr. 2 über „Wasserverschiebung im Parenchym“. Wie verzwickelt lautet das Hauptergebnis hiervon, S. 625: „Im Parenchym läuft demnach der Wasserstrom gegen das Gefälle der Turgorsenkung.“ Ein richtiger Gedanke, aber mit dreifacher Negation ausgedrückt, sodaß es längerer Überlegung bedarf, wie die Worte gemeint sind! Wie selbstverständlich und anschaulich erscheint dagegen unser genau dasselbe besagender Satz, daß der Wasserstrom in der Pflanze, wie in der freien Natur und wie jeder Gasstrom, einfach in der Richtung des Druckgefälles verläuft! Wie verschwommen müssen ferner die Vorstellungen

1) Der osmotische Druck; deutsche Ausgabe von SZIVESSY 1914, S. 90.

über den osmotischen Druck und die osmotische Saugung z. T. immer noch sein, wenn RENNER auf S. 623 und 624 eine Reihe von Autoren anführen kann, die in dieser Frage einigermaßen entgleist sind!

Auch die Abschnitte 1 und 3 von RENNER wären auf Grund meiner Veranschaulichung kürzer ausgefallen. Nach unserem Hauptsatz hängt ja die jeweilige Saugkraft einer Zelle<sup>1)</sup> von dem (in ihr vorhandenen oder den osmotischen Druck ersetzenden) Unterdruck ihres Wassers ab. Ist dieser Unterdruck durch eingedrungenes Außenwasser aufgehoben, so ist nicht nur der normale Wasserdruck, sondern auch der normale Dampfdruck wieder erreicht und zugleich die Saugkraft verschwunden. Darum ist es selbstverständlich, daß Blätter mit voller Turgeszenz nicht wasserhebend wirken können, und darum schwer faßlich, daß RENNER nach S. 634 „Die Wichtigkeit des auch überall experimentell gefundenen Sättigungsdefizits in alten transpirierenden Geweben seit 1911“ hat verfechten müssen. In der Flora 1904 habe ich mich, S. 138 und 150, bereits darüber ausgesprochen.

Verliert nun die Zelle Wasser und wird dadurch der Turgordruck von  $P$  auf  $T$  also um  $(P - T)$  Atmosphären herabgesetzt, so hängt dies nach meiner Veranschaulichung damit zusammen, daß ein Unterdruck von  $(P - T)$  Atm. im Zellwasser entstanden ist. Dieser Unterdruck stellt aber das Maß der Saugkraft  $S$  dar, also gilt für diese die Gleichung 1)  $S = P - T$ . Da ferner der Unterdruck  $H$  am Gipfel einer gehobenen und mit der osmotischen Zelle im Gleichgewicht befindlichen Wassersäule nach der Anmerkung 1, S. 456 in diesem Falle durch die Gleichung gegeben ist: 2)  $H = 1 - (P - T)$  oder  $P - T = 1 - H$ , so ergibt sich aus 1) und 2) drittens:  $S = P - T = 1 - H$  und somit dasselbe Resultat, das RENNER am Schlusse seines 3. Abschnitts aufstellt.

Was endlich die theoretischen Abschnitte 4—6 in RENNERS Abhandlung betrifft, so kommt für diese unsere Veranschaulichung weniger in Betracht, da sie sich vorzugsweise auf die Bewegung des dampfförmigen Wassers beziehen. Erwähnt sei nur noch dazu, daß unter den Botanikern ich der erste war, der auf die, den

---

1) Das Maß der Saugkraft braucht durchaus nicht dem „osmotischen Drucke“ gleich zu sein, wie ihn der Botaniker durch Plasmolyse bestimmt. Im Momente der Plasmolyse fallen beide Maße allerdings zusammen. Ist die Zelle aber noch nicht ganz entspannt, so hängt ihre Saugfähigkeit von derjenigen Wassermenge ab, durch die die Turgeszenz noch bewirkt wird. Ihre Saugkraft kann demnach je nach ihrem Wassergehalt zwischen der vollen Höhe des „osmotischen Druckes“ und Null schwanken.



rechnerischen Erwägungen jener Abschnitte hauptsächlich zu grunde liegende Formel aufmerksam gemacht hat. Bei dieser Gelegenheit (Ber. d. D. bot. Ges. 1900, S. 386 und 387) habe ich bereits die allgemeine Bedeutung der Formel für die Wasserabgabe lebender und toter Pflanzenteile hervorgehoben und im Zusammenhang mit ihr auf die gesetzmäßige Herabsetzung der Transpiration infolge Welkens und Schrumpfelns hingewiesen. Im übrigen sind meine Studien auf diesem Gebiete jedoch nicht weiter gediehen und RENNERS Ergebnisse neu. Ich freue mich daher, daß sich nach langen Jahren unfruchtbaren Streites endlich jüngere Kräfte gefunden haben, deren Sachkenntnis ich die Weiterarbeit auf dem Gebiete der Kohäsions-Fragen überlassen kann. Mögen ihnen die vorstehenden Zeilen als Fingerzeige von einigem Nutzen sein!

Lippstadt, den 18. Oktober 1915.

Nachträgliche Anmerkung vom 21. Oktober 1915.

Einerseits um zu zeigen, wie nahe Osmose und Kohäsion mit einander verknüpft sind, andererseits um darzutun, daß diese enge Verwandtschaft meine und HULETT'S Auffassung mit der Ansicht angesehener Physiker und Chemiker in Beziehung setzt, sei an die Erklärungen erinnert, die RIECKE und HOLLEMAN-MANCHOT von der Osmose gegeben haben. Zwar habe ich schon einmal in der Ztschr. f. phys. und chem. Unterricht (Jahrg. 1905, S. 83, Anm. 5) hierauf aufmerksam gemacht. Da diese Zeitschrift aber den Botanikern wenig zugänglich sein dürfte, so mag eine Wiederholung des Hinweises am Platze sein. RIECKE (Ztschr. f. phys. Chemie 1891, Bd. 7; S. 111) und HOLLEMAN-MANCHOT (Lehrb. d. anorg. Chemie 1903, S. 58, sowie 1909, S. 60) haben nämlich die Osmose auf die Stöße der gelösten Molekeln gegen die freie Oberfläche der Lösung zurückgeführt, wobei sie sich diese in einer oben offenen Glasröhre dachten, deren unteres Ende mit der halbdurchlässigen Haut verschlossen und in reines Wasser eingetaucht ist. Diese Stöße suchen die freie Oberfläche der Lösung zu heben. Da das Lösungsmittel außen und innen aber durch die Membranporen hindurch in ununterbrochener Verbindung steht, so wird es infolge der Kohäsion gewissermaßen in feinsten Fäden durch jene Poren aufwärts gezogen. Die genannten Autoren sprechen zwar den Gedanken, daß das Eindringen der Außenflüssigkeit sonach auf der Kohäsion beruhe, nicht selbst aus. Als ich jedoch Hr. Geh. Rat RIECKE brieflich diese Auffassung seiner Erklärung mitteilte, hatte er nichts gegen sie einzuwenden. Der Begriff der hohen Kohäsion der Flüssigkeiten

war vor Jahrzehnten den Physikern fremder als jetzt. Heutzutage dürfen wir die Vorgänge im Heber, sowie die der elastischen Schwellung und der Osmose sowohl auf Binnendrucksdifferenzen zurückführen als auch als Kohäsionserscheinungen auffassen. Im einen Falle kommt mehr die Analogie der Flüssigkeiten zu den Gasen, im anderen diejenige mit festen Körpern zur Geltung. (Vgl. Flora 1904 l. c., S. 131 und diese Ber. 1899, S. 110.)<sup>1)</sup>

---

1) Dementsprechend könnte man sich auch bei einer Pflanzenzelle das Zustandekommen der Osmose auch so vorstellen, daß die Stöße der gelösten Molekeln gegen das Grenzhäutchen jeder Vakuole den Zellraum zu erweitern suchen, und das Außenwasser infolge seines festen Zusammenhangs mit der Innenflüssigkeit von dem auswärtsgedrängten Oberflächenhäutchen durch die Wandporen hindurch in die Zelle hineingezogen wird, solange, bis die wachsende Spannung der Zellmembran das weitere Eindringen hemmt.

Nach der „Naturwiss. Wochenschrift“ vom 7. Nov. dies. Jahres (Nr. 45, S. 716—718) hat der bekannte Physiker LENARD (Sitzungsber. d. Heidelberg. Akad. 1914, math.-phys. Abt., Abhandlg. 27, 28 u. 29) eine ganz neue Theorie des osmotischen Druckes aufgestellt, die man kurz als Ventiltheorie kennzeichnen könnte. Nach ihr sollen als „Ventile“ die „komplexen“ Molekeln des gelösten Stoffes dienen, die durch Anlagerung von Molekeln des Lösungsmittels vergrößert sind. Indem diese sich nämlich vor die Porenöffnungen der Membran legen, sperren sie diese Ausführungsgänge und verhindern so den Austritt des Lösungsmittels. Dahingegen sollen sie nach innen ausweichen und das reine Lösungsmittel somit eindringen lassen, wenn sie von außen durch die Wärmestöße desselben getroffen werden. M. E. kommt auch diese Vorstellung nicht ohne Zuhilfenahme eines äußeren Überdrucks im reinen Lösungsmittel aus. Denn die geschilderte Ventilwirkung ist an die Bedingung gebunden, daß die Wärmestöße, die von außen auf sie einwirken, in ihrer Gesamtheit stärker sind, als diejenigen, die von innen auf sie treffen sonst könnten die Ventile nicht einwärts gedrückt werden.

---

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [33](#)

Autor(en)/Author(s): Steinbrinck Carl

Artikel/Article: [Zu den Kohäsions- und Osmose-Fragen 451-460](#)