© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

63. Alexander Nathansohn: Zur Lehre vom Stoffaustausch.

(Vorläufige Mittheilung.)

Eingegangen am 9. November 1901.

Die ausserordentliche Bedeutung, die der Aufnahme anorganischer Salze durch die Pflanzen für die landwirthschaftliche Praxis zukommt, veranlasste von jeher die Botaniker, sich mit den einschlägigen Verhältnissen zu beschäftigen, und so haben uns namentlich von DE SAUSSURE an zahlreiche Untersuchungen die werthvollsten Aufschlüsse, insbesondere über das Electionsvermögen der Pflanzen gebracht. Dabei konnte aber zur Zeit jener Untersuchungen die Einsicht in die Causalität der Stoffaufnahme nur eine höchst mangelhafte sein, da die physikalischen Kenntnisse über die diosmotischen Erscheinungen noch zu lückenhaft waren, und es liegt sowohl dem sogenannten „DE SAUSSURE'schen Gesetz" als auch dessen Widerlegung durch WOLF[1]) die unrichtige Prämisse zu Grunde, dass die Menge des aufgenommenen Salzes zu dem absorbirten Wasserquantum in einer bestimmten Beziehung stehen müsse.

Wie dann namentlich durch die Arbeiten der Biologen unsere Einsicht in die Vorgänge der Diosmose eine mächtige Förderung erfahren hat, ist bekannt genug; und vielleicht sind gerade diese durch die Physiologie veranlassten Fortschritte zum Theil die Ursache davon, dass man vielfach unter den Vertretern dieser Wissenschaft der Neigung begegnet, die Erscheinungen des Stoffaustausches allzusehr vom rein physikalischen Standpunkte aus zu betrachten. Wir müssen uns fragen, ob durch eine derartige Auffassung, wie sie z. B. neuerdings auch OVERTON[2]) vertritt, indem er die diosmotischen Qualitäten der Plasmahaut durch Imprägnation mit einem Cholesterin-Lecithingemisch erklärt wissen will, den Thatsachen allseitig Rechnung getragen wird. Besondere Schwierigkeiten würden einer derartigen Anschauungsweise dann erwachsen, wenn sich zeigen liesse, dass die Permeabilität der Plasmahaut für einen bestimmten Stoff keine constante Eigenschaft, sondern je nach Umständen veränderlich ist. „Manche Erfahrungen sprechen in der That dafür, dass in der Pflanze vielfach mit Modificationen der diosmotischen Qualität operirt wird, doch lassen sich freilich ganz einwandsfreie Beweise zur Zeit nicht beibringen[3])." Namentlich muss die Erscheinung auffallen, dass

1) WOLF, Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Bd. VII (1865).
2) OVERTON, Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik, Bd. 34 (1900).
3) PFEFFER, Pflanzenphysiologie I (2. Aufl. 1897), S. 87.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Salze, deren Eindringen in das Protoplasma wir aus ernährungsphysiologischen Gründen mit Sicherheit annehmen müssen, bei plasmolytischen Versuchen das entgegengesetzte Verhalten zeigen.

Zur Entscheidung dieser Frage habe ich eine Anzahl von Versuchen an Meeresalgen angestellt, über deren hauptsächlichste Ergebnisse ich hier in aller Kürze berichten will, da sich ihre ausführliche Mittheilung aus äusseren Rücksichten ein Wenig verzögern wird.

Mein Hauptobject war *Codium tomentosum*. Zunächst konnte festgestellt werden, dass die Plasmahaut unter normalen Bedingungen für Chloride permeabel ist: bestimmen wir im ausgepressten Safte[1]) der Pflanze und in dem umgebenden Medium den HCl-Gehalt, so finden wir, dass die beiden Flüssigkeiten in dieser Beziehung sich im Gleichgewicht befinden. Bringen wir nun das Object in eine verdünntere Lösung, etwa in ein Gemisch von 75 pCt. Seewasser und 25 pCt. Leitungswasser, so stellt sich binnen Kurzem das neue Gleichgewicht her, und dasselbe tritt ein, wenn die Objecte wieder in gewöhnliches Seewasser zurückgebracht werden. Analoge Verhältnisse konnten bei Anwendung reiner NaCl-Lösung beobachtet werden, und so geht aus diesen Versuchen hervor, dass unter den beobachteten Bedingungen die Plasmahaut für Chloride, speciell für NaCl in beiden Richtungen permeabel ist.

Wir können aber mit Leichtigkeit eine durchgreifende Aenderung in diesen Permeabilitätsverhältnissen herbeiführen, nämlich, indem wir die Objecte aus dem Seewasser in chloridfreie Lösungen übertragen. Die Ergebnisse dieser Versuche lassen sich kurz folgendermassen zusammenfassen:

Versetzen wir die Versuchspflanze in chloridfreie Lösungen gewisser Stoffe, die dem Seewasser annähernd isotonisch oder hypotonisch sind, so tritt innerhalb der ersten 12—24 Stunden ein gewisser Theil der in dem Zellsafte enthaltenen Chloride aus. Sodann bleibt aber während der folgenden 4—7 Tage (bei täglichem Wechsel der Lösung), so lange die Objecte ihre volle Turgescenz bewahren, der Chloridgehalt der Objecte innerhalb der Fehlergrenzen constant. Die Höhe des Chloridgehaltes fällt je nach den Umständen sehr verschieden aus: Sie ist abhängig einmal von der Zusammensetzung der Lösung, dann von ihrer Concentration: in concentrirteren Lösungen einer Substanz wird mehr Chlorid zurückgehalten, als in verdünnteren Lösungen derselben. Die in der Aussenflüssigkeit gelösten Stoffe dringen in die Zellen ein, jedoch kommt es auch hier nicht zur Herstellung des physikalischen Gleichgewichtes. Die im Innern der

1) Näheres über dieses Verfahren, dessen sich schon de Vries [Jahrbücher f. wiss. Botanik Bd. 14 (1884)] bediente und über die angewandten analytischen Methoden soll später berichtet werden.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Zelle erreichte Concentration bleibt unterhalb derjenigen der Aussenflüssigkeit, und ihre Höhe ist gleichfalls von der Concentration des Aussenmediums abhängig.

Einige Belege mögen hier das Gesagte illustriren.

Der Chloridgehalt der Objecte entspricht gewöhnlich einem Gehalte von 2,25 pCt. HCl. Die meisten Versuche wurden mit $NaNO_3$-Lösungen angestellt, deren Gehalt sich zwischen 3 pCt. und 5,5 pCt. bewegte. Die letztere Lösung ist dem Meerwasser annähernd isotonisch. Der Chloridgehalt der Objecte in der 3procentigen Lösung entspricht im Durchschnitt 0,67 pCt. HCl, in der 5,5procentigen 1,2 pCt. HCl. Die Zahlen sind Mittelwerthe, die einzelnen Versuchsreihen weichen natürlich unter sich etwas ab, doch bleibt das Verhältniss des HCl-Gehaltes in den Lösungen verschiedener Concentration ungefähr das gleiche. Der gleichfalls sich constant erhaltende Salpetergehalt der Objecte aus 5,5 pCt. $NaNO_3$-Lösungen beträgt etwa 1,6 pCt. $NaNO_3$, aus 3 pCt. Lösungen 0,95 pCt. $NaNO_3$.

Ich will noch der Versuche, die mit Harnstoff-, Glycerin- und Traubenzuckerlösungen angestellt wurden, kurz gedenken. In Harnstofflösung von 6,5 pCt. (dem Meerwasser annähernd isotonisch) werden 0,64 pCt. HCl zurückgehalten, in Glycerinlösung von gleicher molecularer Concentration 1,0 pCt. HCl, in Traubenzuckerlösung von 16,5 pCt., deren osmotischer Druck etwa 80 pCt. desjenigen gewöhnlichen Seewassers gleichkommt, finden wir 1,45 pCt. HCl im Pressafte der Algen bei Abwesenheit von Chlorid in der Aussenflüssigkeit. Nun geht schon aus den Untersuchungen von DE VRIES, KLEBS und OVERTON[1]) hervor, dass die beiden erstgenannten Körper relativ leicht in die Pflanzenzelle eindringen, Traubenzucker dagegen sehr schwer. Es erhebt sich die Frage, ob zwischen diesem Unterschiede und demjenigen, der sich in Bezug auf die in chloridfreien Lösungen zurückgehaltenen HCl-Mengen ergiebt, ein Zusammenhang zu erkennen ist: in den Lösungen der leichter eindringenden Stoffe hält ja die Pflanze weniger, in der Traubenzuckerlösung mehr Chlorid in den Zellen zurück, als z. B. in den Salpeterlösungen von entsprechendem osmotischen Druck. Wenn nun in unseren Versuchen der in der Aussenlösung dargebotene Stoff langsamer in die Zelle eindringt als das im Innern enthaltene Chlorid austritt, so wird das nothwendiger Weise eine Senkung des Turgors, eine Abnahme des osmotischen Ueberdrucks im Innern der Zelle zur Folge haben. Diese Verhältnisse treten nun ein, wenn man das Object aus 3proc. NaCl-Lösung in eine isotonische Traubenzuckerlösung bringt: die in der

1) Vergl. KLEBS, Unters. aus dem Bot. Institut zu Tübingen, Bd. 2 (1888). DE VRIES, Bot. Ztg. 1888 u. 1889; OVERTON, Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Jahrg. 44 (1899), S. 105f.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ersten Stunde nachweisbare beträchtliche Gewichtsabnahme des Objectes (z. B. von 20,4 *g* auf 19 *g*) zeugt von dem durch die Senkung des osmotischen Druckes in der Zelle veranlassten Wasseraustritt. Es leuchtet ein, dass es nun für die Regulation des Turgors von grosser Bedeutung ist, wenn durch die Hemmung des Chloridaustrittes ein weiterer Wasserverlust verhütet wird, und wir dürfen wohl den relativ hohen HCl-Werth, den wir in den Zellen der in Traubenzuckerlösung übertragenen Objecte finden, mit der Turgorregulation in Zusammenhang bringen. Freilich kann dies nicht der einzige für die Zurückhaltung der Chloride massgebende Punkt sein, denn in den Harnstoff- und Glycerinlösungen, in denen ein solcher Turgorabfall nicht stattfindet, wird ja, wie wir sahen, ebenfalls ein Theil der Chloride von dem Protoplasten zurückgehalten.

Wenn, wie z. B. in 4 procentigen $NaNO_3$-Lösungen, die längere Cultur der Versuchsobjecte gelingt, so lässt sich nach einiger Zeit eine ganz langsame Abnahme des HCl-Gehaltes beobachten. So fand sich bei einem derartigen Object

als ursprünglicher Gehalt	2,24	pCt. HCl
nach 24 Stunden in 4 proc. $NaNO_3$-Lösung	0,92	„ „
„ 3 Tagen „ „	0,93	„ „
„ 8 „ „ „	0,90	„ „
„ 15 „ „ „	0,84	„ „
„ 25 „ „ „	0,76	„ „

Es braucht wohl kaum gesagt zu werden, dass sich diese ganz allmähliche Abnahme nicht durch die mit sinkender Concentrationsdifferenz sich verringernde Diffusionsgeschwindigkeit erklärt werden kann. Worauf beruhen nun die beobachteten Erscheinungen?

Sie können nicht etwa dadurch erklärt werden, dass die Versuchsobjecte von vornherein das Chlorid zu einem gewissen Theil in nicht diosmirender Form enthalten; denn dann könnten die grossen Verschiedenheiten in der Quantität des zurückbleibenden Chlorides nicht bestehen; zudem lässt sich aus dem Presssaft der Versuchsobjecte NaCl in beträchtlicher Menge durch Auskrystallisation erhalten, und für dieses Salz konnten wir ja zeigen, dass es im normalen Object die Plasmahaut zu passiren vermag.

Man könnte aber sagen, dass die zurückbehaltene Chloridmenge nicht im Zellsaft gelöst sei, sondern in irgend welcher Weise — physikalisch oder chemisch — an das Protoplasma gebunden, und dass es erst beim Auspressen des Saftes als Chlorid in Lösung ginge. Das lässt sich aber durch Messung des osmotischen Druckes des Presssaftes widerlegen. Denn der osmotische Werth des Zellsaftes muss nothwendiger Weise höher sein, als derjenige der Aussenlösung; dazu würde, wäre die obige Auffassung richtig, noch der osmotische Werth des sich abspaltenden Chlorides kommen müssen, und es ist

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

somit leicht einzusehen, wieso wir aus dem osmotischen Druck des Presssaftes ein Kriterium zur Entscheidung unserer Frage gewinnen können. Die Messungen wurden mit der in der thierischen Physiologie vielfach angewandten Gefrierpunktsmethode gemacht. Der osmotische Druck des Meerwassers entspricht hier gewöhnlich einer Gefrierpunktserniedrigung von 2,10° bis 2,15°, der osmotische Ueberdruck des Zellsaftes normaler Objecte einer solchen von 0,19° bis 0,20°; haben wir nun ein Object vor uns, welches 1,0 pCt. zurückgehalten hat, so würde — obige Annahme vorausgesetzt — das in Lösung gehende Chlorid (als NaCl berechnet) den Gefrierpunkt des Presssaftes um weitere 0,81° erniedrigen müssen, so dass wir, unter Hinzurechnung des osmotischen Ueberdruckes, den Gefrierpunkt dieser Flüssigkeit um etwa 1° niedriger finden müssten, als den des Aussenmediums. Das ist nun niemals der Fall. So ergab z. B. ein Object aus Glycerinlösung, mit dem Gefrierpunkt von 2,27° C., einen Presssaft mit 1,02 pCt. HCl und dem Gefrierpunkt 2,49°. Die Differenz betrug hier 0,22°, was, wie wir sehen, mit dem osmotischen Ueberdruck der normalen Objecte gut übereinstimmt. Auch über diesen Punkt soll die ausführliche Abhandlung Weiteres bringen. Wir können demnach sagen, dass die Ursache der Zurückhaltung einer gewissen Chloridmenge in einer Qualitätsänderung des Protoplasten zu suchen ist, und eine andere Erklärung liess ja das Verhalten gegenüber den eindringenden Substanzen gar nicht zu. Ob wir nun von Impermeabilität oder, wie es im Hinblick auf die Erfahrungen bei fortgesetzter Cultur richtiger erscheinen möchte, von wesentlicher Herabsetzung der Permeabilität reden wollen, darauf kommt es nicht viel an, die Hauptsache ist für uns, dass sich die diosmotischen Eigenschaften der Plasmahaut als eine regulatorisch veränderliche Grösse erwiesen haben.

Ueber weitere Versuche mit anderen Salzen, insbesondere über die Aufnahme und Speicherung von Salpeter, soll später berichtet werden; ich hoffe, daran fernere theoretische Erörterungen und Ausblicke auf die thierische Physiologie, deren Ergebnisse für uns in dieser Hinsicht sehr lehrreich sind, zu knüpfen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1901

Band/Volume: 19

Autor(en)/Author(s): Nathansohn Alexander

Artikel/Article: Zur Lehre vom Stoffaustausch 509-513