

# Biologisches Centralblatt.

Unter Mitwirkung von

**Dr. K. Goebel**      und      **Dr. R. Hertwig**

Professor der Botanik

Professor der Zoologie

in München,

herausgegeben von

**Dr. J. Rosenthal**

Prof. der Physiologie in Erlangen.

---

Vierundzwanzig Nummern bilden einen Band. Preis des Bandes 20 Mark.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Die Herren Mitarbeiter werden ersucht, alle Beiträge aus dem Gesamtgebiete der Botanik an Herrn Prof. Dr. Goebel, München, Luisenstr. 27, Beiträge aus dem Gebiete der Zoologie, vgl. Anatomie und Entwicklungsgeschichte an Herrn Prof. Dr. R. Hertwig, München, alte Akademie, alle übrigen an Herrn Prof. Dr. Rosenthal, Erlangen, Physiolog. Institut, einzusenden zu wollen.

---

**XXVII. Bd.      1. Januar 1907.**

**№ 1.**

---

Inhalt: **Ursprung**, Studien über die Wasserversorgung der Pflanzen. — **Kauitz**, Der Einfluss der Temperatur auf die pulsierenden Vakuolen der Infusorien und die Abhängigkeit biologischer Vorgänge von der Temperatur überhaupt. — **Arnim-Schlagenthin**, Aeltere und neuere Selektionsmethoden. — **Loeb**, Vorlesungen über die Dynamik der Lebenserscheinungen. — **Ders.** Untersuchungen über künstliche Parthenogenese.

---

## Studien über die Wasserversorgung der Pflanzen.

Von **A. Ursprung**.

Meine bisherigen Untersuchungen<sup>1)</sup> führten mich zum Schlusse, dass bei meinen Versuchspflanzen lebende Zellen am Saftsteigen beteiligt sind. Schon die ersten Versuche hatten gezeigt, dass die Funktion der lebenden Zellen eine verschiedene sein kann und es geht aus der Geschichte des Problems des Saftsteigens zur Genüge hervor, wie schwierig die genauere Ermittlung dieser Funktionen ist. Um nun die Frage nach der Art und Weise der Tätigkeit der lebenden Zellen zu fördern, scheint es mir zweckmäßig, denselben Weg zu verfolgen, den ich schon früher eingeschlagen hatte. Es sollen zuerst die a priori denkbaren Möglichkeiten aufgestellt und diese dann an Hand der vorliegenden Tatsachen geprüft werden. Mit dieser Methode glaube ich am ehesten eine Übersicht über die komplizierten Verhältnisse zu erlangen und zugleich auch der Kritik die Aufdeckung allfälliger Fehler zu erleichtern.

Von der Ansicht ausgehend, dass sich unsere Frage erfolgreicher wird behandeln lassen, wenn man neben der Leitung auch

---

1) A. Ursprung, Untersuchungen über die Beteiligung lebender Zellen am Saftsteigen. Beitr. z. Bot. Centralbl. 1904, p. 147. — Ders., Die Beteiligung lebender Zellen am Saftsteigen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1906, p. 503. — Ders., Über die Ursache des Welkens. Beitr. z. Bot. Centralbl. 1906.

die Aufnahme und Abgabe des Wassers studiert, wurde der zu behandelnde Stoff in die folgenden drei Hauptabschnitte geteilt.

- I. Aufnahme des Wassers und der gelösten Stoffe durch die absorbierenden Teile der Wurzel, Wanderung durch die Wurzelrinde und Abgabe an die Leitungsbahnen.
- II. Bewegung des Wassers und der gelösten Stoffe durch das Blattparenchym und Abgabe des Wassers an die Luft.
- III. Wanderung des Wassers und der gelösten Stoffe von der Stelle der Aufnahme in die Leitungsbahnen bis zur Stelle der Abgabe aus denselben.

### **I. Aufnahme des Wassers und der gelösten Stoffe durch die absorbierenden Teile der Wurzel, Wanderung durch die Wurzelrinde und Abgabe an die Leitungsbahnen.**

Es handelt sich hier darum, zu untersuchen, inwieweit sich die genannten Vorgänge der Aufnahme, Wanderung und Abgabe des Wassers und der gelösten Stoffe rein physikalisch erklären lassen.

#### **1. Aufnahme des Wassers und der gelösten Stoffe und Wanderung bis zu den Leitungsbahnen.**

##### **a) Aufnahme und Bewegung des Wassers.**

Am einfachsten gestaltet sich der Wasseraustausch bei einer isolierten, allseitig von wässriger Lösung umgebenen Zelle. Aus rein physikalischen Gründen werden hier das Wasser und die gelösten Stoffe sich zu bewegen streben<sup>1)</sup>, sobald und solange das Diffusionsgleichgewicht gestört ist. Eine solche Störung kann hervorgerufen werden durch Verschiedenheiten der Konzentration bzw. des osmotischen Wertes oder der Temperatur<sup>2)</sup>. Bei semipermeablen Membranen kann der Gleichgewichtszustand auch durch Aufhebung oder Herstellung der Permeabilität<sup>3)</sup> aufgehoben werden.

Da Membran und Plasma für Wasser permeabel sind, so muss die Zelle so lange Wasser aufnehmen, bis der Gegendruck der Membran nicht mehr überwunden werden kann<sup>4)</sup> oder bis der

1) „Streben“, weil eine auf Ausgleich hinzielende Kraft auch dann vorhanden ist, wenn infolge eines Hindernisses der Ausgleich nicht erfolgen kann.

2) Ludwig, Wien. Akad. Ber. 20, 1856; Soret, Arch. des sc. phys. et natur. 1879. In Wirklichkeit sind die Temperaturdifferenzen so gering, dass sie übergangen werden können.

3) Veränderungen in diesem Sinne sind experimentell nachgewiesen von Nathanson (Jahrb. f. wiss. Bot. 1903, Bd. 38 und 1904, Bd. 39). Der Einfluss der Temperatur bezieht sich nach van Rysselberghe (Recueil de l'Inst. Bot. de Bruxelles, Tome V, 1902) nur auf die Geschwindigkeit der Wanderung und nicht auf die Gesamtmenge des wandernden Stoffes.

4) Ist die Widerstandsfähigkeit der Membran gering genug und eine ausreichende Menge osmotisch wirksamer Substanz im Innern, so kann die Wasseraufnahme bis zum Sprengen der Membran erfolgen.

osmotische Wert des Zellinhaltes gleich ist dem der umgebenden Lösung. Die Zelle muss Wasser abgeben, wenn der Gegendruck der Membran größer ist als der osmotische Druck oder wenn der osmotische Wert der umgebenden Lösung größer ist als derjenige des Zellinhaltes. Somit lässt sich der Ein- oder Austritt von Wasser qualitativphysikalisch erklären, wenn eine entsprechende Störung des osmotischen Gleichgewichtes nachgewiesen werden kann und wenn die Membran die nötigen elastischen Eigenschaften besitzt.

Das Wurzelhaar grenzt zum Teil an den Boden, zum Teil an die benachbarten Parenchymzellen; da unter gewöhnlichen Umständen der osmotische Wert der Bodenlösung kleiner ist als der des Zellsaftes, so wird die Absorption von Wasser durch das Wurzelhaar ganz oder zum größten Teile aus dem Boden erfolgen. Diese Aufnahme muss, bei Vorhandensein der notwendigen osmotischen Betriebskraft, nach rein physikalischen Gesetzen vor sich gehen; das wichtigste aber, die Erzeugung und Erhaltung dieser Kraft ist in doppelter Hinsicht an die Lebenstätigkeit gebunden, in Beziehung auf die Herstellung der osmotisch wirksamen Substanz sowohl als auch der Semipermeabilität. Die physikalische Erklärbarkeit der Wasseraufnahme ist somit eine eng beschränkte, sie hört da auf, wo die Hauptsache beginnt.

Die benachbarten Rindenzellen werden dem Wurzelhaar Wasser entzogen, wenn ihr Zellsaft einen höheren osmotischen Wert besitzt und der Gegendruck der Membran nicht zu groß ist. Ähnlich verhalten sich alle zwischen Wurzelhaar und Gefäß gelegenen Zellen der Wurzel. Wenn also der osmotische Wert des Zellsaftes der Parenchymzellen von den Wurzelhaaren bis zu den Gefäßen hin zunimmt, so ist die Wasserwanderung durch die Wurzelrinde, unter der vorhin genannten Einschränkung, qualitativphysikalisch verständlich. Da noch nicht experimentell untersucht wurde, ob diese Forderung tatsächlich erfüllt ist, so lässt sich zurzeit auch nicht sagen, ob eine physikalische Erklärung auf diesem Wege gegeben werden kann. Wir werden später sehen, dass wir zur Erklärung der Salzwanderung durch Diffusion ein Gefälle annehmen müssen, das dem zur Wasserwanderung erforderlichen entgegenläuft; bei dem ersten liegt das Minimum im Zentrum der Wurzel, bei dem zweiten in der Peripherie. Unmöglich ist das gleichzeitige Bestehen beider Gefälle nicht, da diese durch verschiedene Stoffe hervorgerufen werden können; entscheidend wirkt auf die Wasserbewegung ihr Größenverhältnis, das, je nachdem es größer oder kleiner als Eins ist, eine Bewegung in zentrifugaler oder zentripetaler Richtung hervorzurufen strebt. Der Einfluss der Temperatur ist ein relativ so geringer, dass den kleinen, event. vorkommenden Differenzen keine Bedeutung für die in Frage stehende Wasserwanderung zukommen kann.

Ein Wassertransport ist nun aber nicht nur dadurch zu erreichen, dass jede Zelle der vorausgehenden Wasser entzieht, sondern auch dadurch, dass jede Zelle in die darauffolgende Wasser einpumpt. Eine solche Pumpwirkung kann auf ebenso mannigfache Art zustande kommen wie das Bluten und soll später, bei der Behandlung der Wasserabgabe an die Gefäße besprochen werden.

Endlich muss eine Filtrationsbewegung des Wassers durch ein eingeschaltetes Gewebe erfolgen, sobald auf den beiden Seiten des Gewebes eine Druckdifferenz von genügender Größe vorhanden ist. In der Außenlösung steht das Wasser unter Atmosphärendruck<sup>1)</sup>, während in den sekundären (nicht in den primären) Gefäßen der Wurzel nach Strasburger<sup>2)</sup> häufig ein negativer Druck sich findet. Ob diesen Druckdifferenzen in gewissen Fällen ein Einfluss zukommt, ist durch spezielle Untersuchungen zu ermitteln; jedenfalls beweist aber das Bluten der Wurzelstücke, dass die genannten Druckdifferenzen keine allgemeine Bedeutung haben können, da sie ja in dem eben erwähnten Falle in umgekehrtem Sinne verlaufen.

Zusammenfassend können wir sagen, dass zurzeit keine Tatsachen vorliegen, die eine qualitative Erklärung der Wasserwanderung durch die Wurzelrinde auf rein physikalischem Wege ausschließen, dass aber andererseits die Verhältnisse noch viel zu wenig bekannt sind, um entscheiden zu können, ob eine solche Erklärung zutreffend ist.

Eine tiefere Einsicht dürfte durch das Studium der quantitativen Verhältnisse zu erzielen sein. Wenn die Bewegung des Wassers durch die Wurzelrinde ein reiner Diffusionsvorgang ist, dann kann sie natürlich nur verhältnismäßig sehr langsam vor sich gehen. Dies zeigen die Berechnungen Stefan's<sup>3)</sup> sehr deutlich, denen die Versuche von Graham<sup>4)</sup> zugrunde liegen. Hiernach braucht 1 mg NaCl 319 Tage, um sich aus einer 10%igen Lösung durch Diffusion 1 m weit im Wasser fortzubewegen; für Rohrzucker sind hierzu, *ceteris paribus*, 2 Jahre und 7 Monate, für Eiweiß 14 Jahre nötig. Wenn sich auf dem Boden eines Zylinders eine NaCl-Lösung befindet, die 10 g Salz enthält und eine Höhe von 0.005 cm erreicht,

1) Wenigstens trifft dies zu für Wasserkulturen. In den Kapillarsystemen des Bodens können Jamin'sche Ketten entstehen, die natürlich eine beträchtliche Reduktion des Luftdruckes herbeizuführen imstande sind.

2) Strasburger, *Leitungsbahnen*, p. 716.

3) Stefan, Über die Diffusion der Flüssigkeiten. *Sitz.-Ber. d. Wien. Akad.* Bd. 79, Abt. II, 1879, p. 161.

4) Graham, Anwendung der Diffusion der Flüssigkeiten zur Analyse. *Ann. d. Chem. u. Pharm.* Bd. 121, 1862.

so sind — nach den Tabellen Stefan's<sup>1)</sup> — 7 Sek. nötig, damit 1 mg NaCl sich in das angrenzende Wasser auf eine Strecke von 0,05 cm bewegt. Wenn die verwendete NaCl-Lösung 10<sup>0</sup>/<sub>100</sub> war, so musste der Querschnitt des Versuchszylinders einen Flächeninhalt von 20'000 cm<sup>2</sup> besitzen<sup>2)</sup>. Stellen wir uns vor, diese Lösung finde sich in 0,005 cm dicker Schicht in der inneren Partie der 0,05 cm dicken Wurzelrinde, so würde etwa 1 mg NaCl<sup>3)</sup> in 7 Sekunden durch die Rinde nach außen treten. Umgekehrt ca. 1 mg Wasser von außen nach innen hin die Rinde durchwandern können. Damit ein in der inneren Wurzelrinde befindlicher Zylindermantel den verlangten Flächeninhalt von 20000 cm<sup>2</sup> besitzen kann, muss der absorptionsfähige Teil der Wurzeln mindestens 1 km lang sein. Unter diesen Voraussetzungen werden dann in 7 Sek. 1 mg und, falls die Diffusionsbedingungen dieselben bleiben, in 1 Tag ca. 13000 mg = 13 cm<sup>3</sup> transportiert. Vergleicht man damit die pro Tag transpirierte Wassermenge, die für die Sonnenblume 1 l, für große Bäume aber mehrere 100 l betragen kann, so ist leicht ersichtlich, dass hier keine Proportionalität herrscht. Wenn auch die Gesamtlänge aller Wurzeln nach den vorliegenden Schätzungen oft bedeutend mehr als 1 km erreichen kann, so ist dabei eben die gesamte Länge in Betracht gezogen, während wir oben nur die äußersten absorptionsfähigen Spitzen berücksichtigten. Wie wenig auch durch eine starke Steigerung der Wurzellänge erreicht würde, ist hieraus leicht ersichtlich. Rascher würde der Transport bei einer dünneren Wurzelrinde vor sich gehen. Wenn wir aber auch die Rindendicke auf die Hälfte des oben genannten Wertes reduzieren, so erfolgt die Wanderung doch nur ca. 7mal rascher<sup>4)</sup>, wodurch das Missverhältnis in nur ganz unwesentlichem Maße gebessert wird. Zudem war bei der oft relativ beträchtlichen Länge der Wurzelhaare die erste Annahme der Rindendicke eher zu niedrig

1) Nehmen wir die Höhe (h) einer Schicht zu 0,0025 cm an, so enthält die Strecke von 0,05 cm 20 Schichten, wofür die Stefan'sche Tabelle den Wert

$$\frac{h}{2\sqrt{kt}} = 0,14 \text{ ergibt. Hiernach ist } kt = \frac{1}{12544} \text{ Tage} = \text{ca. 7 Sek.}$$

2) Da die Lösung 10<sup>0</sup>/<sub>100</sub> ist, so müssen, damit sie 10 g NaCl enthält, 100 cm<sup>3</sup> vorhanden sein; die Höhe der Lösung beträgt 0,005 cm, woraus sich dann die Querschnittsfläche zu  $\frac{100}{0,005} = 20000 \text{ cm}^2$  berechnet.

3) Es handelt sich hierbei natürlich nur um rohe Annäherungswerte. Da es uns vor allem darauf ankommt, die maximale Geschwindigkeit zu ermitteln, die auf diese Weise erreichbar ist, so dachten wir uns an Stelle der Wurzelzellen reines Wasser.

4)  $\frac{h}{2\sqrt{kt}} = 0,34$ ;  $h = 0,0025$ ; Schichtenzahl = 10.

als zu hoch gegriffen. Auch die Größe des Wassertransportes, die wir gleichmäßig über den ganzen Tag verteilt, muss natürlich zu den Zeiten stärkster Transpiration noch viel bedeutender sein, so dass dann eine noch raschere Wanderung nötig ist. Ferner finden wir in der Wurzel statt NaCl andere, meist viel langsamer diffundierende Stoffe und die Konzentrationsdifferenzen sind in Wirklichkeit bedeutend kleiner. Trotzdem also die durch Diffusion hervorgerufene Bewegung lange nicht ausreicht, so waren doch die Voraussetzungen viel günstiger als sie in der Natur realisiert sein können. Eine wesentliche Änderung dieses Resultates wäre durch Plasmaströmungen zu erzielen; nach neueren Untersuchungen entstehen diese aber häufig erst bei der Präparation und können daher für die Wasserbewegung durch die Wurzelrinde wenigstens keine allgemeine Bedeutung haben.

Würde die Diffusion allein als bewegende Kraft wirken, dann hätte auch die starke Oberflächenvergrößerung, wie sie durch die Wurzelhaare erzielt wird, keine so große Bedeutung mehr. Die ausnutzbare Bodenpartie würde allerdings vergrößert, aber die Ausnutzungsfähigkeit wäre doch eine recht beschränkte; denn jedes an irgendeiner Stelle des Wurzelhaares aus dem Boden aufgenommene Wassermolekel verdünnt dort den Zellsaft und verlangsamt dadurch die Diffusion des weiter gegen die Spitze zu absorbierten Wassers. Wird aber durch irgendwelche Einrichtungen eine rasche Ableitung des aufgenommenen Wassers ermöglicht, dann erscheint natürlich die Oberflächenvergrößerung durch die Wurzelhaare in einem viel günstigeren Lichte.

Wenn, wie das aus dem vorigen hervorgeht, durch Diffusion, Plasmastörung und Druckfiltration der faktisch stattfindende Wasseranschub nicht ermöglicht wird, dann muss man auch den Rindenzellen der Wurzel Blutungstätigkeit zuschreiben<sup>1)</sup>. Über die physikalische Erklärbarkeit des Blutens wird bei der Abgabe des Wassers an die Leitungsbahnen gesprochen werden.

Ein experimenteller Beweis für die direkte Beteiligung der Lebenstätigkeit an dem Transport des Wassers durch die Wurzelrinde ist durch Abtöten der Wurzel nicht zu erbringen; denn eine indirekte Beteiligung durch Erhaltung der Semipermeabilität und des osmotischen Gefälles ist selbstverständlich und es kann daher das nach dem Abtöten der Wurzeln eintretende Welken sowohl eine direkte — durch die Ausschaltung einer vitalen Pumpwirkung bedingte — als auch eine indirekte Folge der mangelnden Lebenstätigkeit sein. Auch die Versuche Kosaroff's, nach welchen die Wurzel schon vor der Tötung, bei Herabsetzung der Lebenstätigkeit, weniger Wasser aufnimmt, bringen keine experimentelle Ent-

1) Die Bedeutung der Kohäsion wird später besprochen werden.

scheidung, da eben immer die Möglichkeit einer indirekten Einwirkung besteht<sup>1)</sup>.

Endlich ließe sich auch die Annahme machen, das Wasser bewege sich ganz oder zum größten Teil in den Zellwänden. Es dürfte genügen, darauf hinzuweisen, dass die Erklärung einer solchen Wasserbewegung in teleologischer und kausalmechanischer Hinsicht auf noch viel größere Schwierigkeiten stößt als die vorige.

#### b) Aufnahme und Bewegung der gelösten Stoffe.

Es ist selbstverständlich, dass die Hautschicht für die Nahrungstoffe durchlässig sein muss; ein Zweifel kann nur darüber bestehen, in welcher Bindung dieselben aufgenommen werden. Wenn man auch häufig wird annehmen dürfen, dass die Aufnahme in derselben Bindung erfolgt wie die Darbietung, so ist dies jedenfalls bei jenen Zellen, die Säuren ausscheiden, nicht mehr ohne weiteres zulässig. Eine andere Komplikation liegt in dem Umstande, dass die Permeabilitätsverhältnisse für einen bestimmten Stoff bei verschiedenen Zellen verschieden sein können und sogar bei ein und derselben Zelle nicht immer gleich zu sein brauchen<sup>2)</sup>.

Dass die Semipermeabilität als solche eine physikalische Erklärung finden muss, zeigen die Niederschlagsmembranen. Die Traube'sche Vorstellung von den Molekelsieben erwies sich sofort als unhaltbar, als die Durchlässigkeit für große Alkaloidmolekel und die gleichzeitige Undurchlässigkeit für kleinere Molekel bekannt war<sup>3)</sup>. Neuerdings versucht man nach dem Vorgange von Nernst die Semipermeabilität auf Löslichkeitsverhältnisse zwischen der Hautschicht und dem wandernden Stoff zurückzuführen. Overton verglich die Hautschicht mit einem Cholesterinhäutchen, erzielte aber damit keine wesentliche Förderung in der Erklärung der Permeabilität, da die Wanderung der physiologisch wichtigsten Stoffe nicht aufgeklärt wurde. Denn wenn auch das Cholesterin für die Anilinfarben ein ähnliches Wahlvermögen besitzt wie die

1) Kosaroff, Einfluss verschiedener Faktoren auf die Wasseraufnahme, 1897. — Pfeffer, Pflanzenphysiologie Bd. I, p. 212.

2) Die Tatsache, dass aus lebenden Zellen der Zuckerrübe beim Eintauchen in Wasser kein Rohrzucker austritt und dass unterirdische Speicherorgane, die Glukose und andere Zuckerarten enthalten, keinen Verlust durch Abgabe an den Boden erleiden, beweist die Impermeabilität der betreffenden Hautschichten für die jeweiligen Zuckerarten. Die Fähigkeit mancher Blätter, aus verschiedenen Zuckerarten Stärke zu bilden, die Auswanderung des Zuckers aus den Reservespeichern, das Vorkommen von Zucker im Blutungssaft sind Beispiele dafür, dass die betreffenden Hautschichten für die jeweiligen Zuckerarten durchlässig sein müssen. Tatsachen, welche die Veränderung der Permeabilität an derselben Zelle beweisen, teilte Nathanson (l. c.) mit.

3) Overton, Über die osmotischen Eigenschaften der Zelle etc. Ztschr. f. physik. Chemie 22, 1897, p. 198, 205.

Plasmahaut, so verhält es sich doch dem Wasser, den Bodensalzen und Zuckerarten gegenüber verschieden, da diese bei der Wanderung Plasmahäute durchsetzen müssen, aber in Cholesterin unlöslich sind. Um die Durchlässigkeit für Wasser verständlich zu machen, nahm Overton später eine Imprägnation der Hautschicht mit Lecithin an, das Wasser aufnehmen kann. Nathanson<sup>1)</sup> zeigte aber, dass mit der Fähigkeit, Wasser aufzunehmen, die Eigenschaften des Cholesterins verloren gehen, weil dann neben den in Cholesterin löslichen auch die in Wasser löslichen Stoffe die Hautschicht passieren. Im Anschluss entwirft er dann selbst ein hypothetisches Bild der Plasmahaut, indem er sich die Interstitien zwischen den lebenden Plasmateilchen von Cholesterin (oder einem ähnlich wirkenden Stoff) ausgefüllt denkt. Nach dieser Vorstellung müssten die fettlöslichen Stoffe nach den bekannten Diffusionsgesetzen bis zur Herstellung des Gleichgewichtes durch die Wand treten, was mit den Beobachtungstatsachen übereinstimmt. Das Verständnis der Permeabilitätsverhältnisse ist aber bis jetzt durch solche Betrachtungen nicht wesentlich gefördert worden, denn das Hauptproblem bildet die Wanderung der fettunlöslichen Nahrungstoffe durch die lebenden Plasmateilchen und solange man keine nähere Einsicht in diesen Mechanismus hat, bleibt die Kernfrage ungelöst. Wenn auch die Semipermeabilität der Niederschlagsmembranen rein physikalisch erklärbar sein muss, so braucht dies nicht notwendig für alle semipermeablen Membranen zu gelten. Es ist nicht unmöglich, dass die Hautschicht mit anderen Mitteln etwas ähnliches erreicht wie eine Niederschlagsmembran, wie ja auch die durch die Schwerkraft hervorgerufene Krümmung einer Wurzel und eines Bleistabes in ganz verschiedener Weise vor sich geht. Da die Semipermeabilität der Hautschicht mit dem Tode verschwindet, so ist die Lebenstätigkeit jedenfalls nötig, um der Hautschicht jene physiko-chemischen Eigenschaften zu geben, an welche die Semipermeabilität gebunden ist. Die physikalischen Erklärungsversuche der Semipermeabilität begannen mit der Aufstellung von Hypothesen über die genannten physikalischen oder chemischen Eigenschaften; sie haben ihr Ziel erreicht, wenn eine befriedigende Hypothese gefunden ist. Das wichtigste aber, die Schaffung und Erhaltung dieser Eigenschaften, wird mit solchen Hypothesen gar nicht berührt. Die Lebenstätigkeit ist also nicht nur notwendig, um die Permeabilität zu verändern und komplizierte Regulationserscheinungen auszuführen, sie ist auch nötig, um in der Hautschicht einen bestimmten Zustand der Permeabilität zu erhalten. Die Vitalität beim Stoffaustausch durch das Plasma beginnt da, wo dieser anfängt.

1) Nathanson, Über die Regulation der Aufnahme etc. Jahrb. f. wiss. Bot. 1904, Bd. 39, p. 607.



Falls Zellwand und Plasma für einen Stoff permeabel sind, so muss derselbe aus rein physikalischen Gründen solange in eine isolierte Zelle einwandern, bis das osmotische Gleichgewicht erreicht ist<sup>1)</sup>, auch die Auswanderung erfolgt bis zur Herstellung des osmotischen Gleichgewichtes<sup>2)</sup>. Geht dagegen die Wanderung eines Stoffes vor sich, ohne dass entsprechende osmotische Kräfte wirksam sind, oder erfolgt sie sogar den vorhandenen osmotischen Kräften entgegen, wie dies Nathanson durch Experimente mit *Codium*<sup>3)</sup> und *Dahlia*<sup>4)</sup> nachgewiesen hat, so ist dies zurzeit rein physikalisch nicht zu erklären, so dass man sich genötigt sieht, ein direktes Eingreifen der Lebenstätigkeit anzunehmen.

Auch eine einseitige Permeabilität, d. h. die Fähigkeit, einer Haut einen Stoff nur in einer Richtung durchzulassen, nicht aber in der entgegengesetzten (z. B. Resorption des Dünndarms) ist an einer leblosen Haut nicht denkbar<sup>4)</sup>; man muss sie auf eine Arbeitsleistung des lebenden Protoplasten zurückführen, welche die Bewegung der Molekel oder Ionen in der einen Richtung nicht zulässt.

Die wenigen eingehenden Untersuchungen über den Salzaustausch haben bereits Tatsachen kennen gelehrt, welche zurzeit physikalisch nicht zu erklären sind und es ist bei der geringen Kenntnis, die wir auf diesem Gebiet besitzen, noch nicht zu sagen, ein wie großer Teil der Erscheinungen des Stoffaustausches, die man früher als einfache Diffusionsvorgänge auffasste, eine andere Erklärung finden muss. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass die Grenze für die physikalische Erklärbarkeit gewöhnlich ganz willkürlich gezogen wird. Es ist wohl richtig, dass bei dem jetzigen Stande unseres Wissens eine einseitige Permeabilität oder eine Wanderung entgegen den osmotischen Kräften physikalisch nicht erklärbar ist, aber dasselbe gilt auch für die Schaffung und Erhaltung der semipermeablen Schicht. Die Lebenstätigkeit ist nicht nur herbeizuziehen, um die Wanderung eines Stoffes durch die Plasmahaut über das osmotische Gleichgewicht hinaus zu ermög-

1) Physikalisch ist die Sistierung der Einwanderung eines Salzes vor Erreichung der Konzentrationsgleichheit erklärbar, wenn im Zellsaft Salze mit einem gemeinsamen Ion vorhanden sind, da hierdurch die Löslichkeit verringert wird (Nathanson, 1903, p. 247). Geht die Einwanderung eines Stoffes scheinbar über das Konzentrationsgleichgewicht hinaus, so ist die Möglichkeit einer physikalischen Erklärung nicht ausgeschlossen, wenn sich der Stoff im Zellinneren in einem anderen Zustand findet, als in der Außenlösung. Man denke nur an die Zucker, die häufig als Monosaccharide wandern und als Di- oder Polysaccharide gespeichert werden.

2) Auch hier sind die entsprechenden, in Anm. 1 erwähnten Umstände zu berücksichtigen.

3) Nathanson, Über Regulationserscheinungen im Stoffaustausch. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 38, 1903, p. 276.

4) Nathanson, Über die Regulation der Aufnahme etc. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 39, p. 607.

4) Nathanson, l. c. 1903, p. 287.

lichen, sie ist ebenso notwendig, um dafür zu sorgen, dass die Wanderung bei vorhandenem Diffusionsgefälle unterbleibt. Es ist somit auch bei der sogen. physikalischen Erklärung der Salzwanderung von vornherein das wichtigste — die Schaffung und Erhaltung der Permeabilitätsverhältnisse und des Diffusionsgefälles — ausgeschlossen.

Eine Bewegung der Bodensalze vom Wurzelhaare bis zu den Leitungsbahnen wird auf physikalischem Wege stattfinden, wenn für die betreffenden Salze ein Diffusionsgefälle im Sinne einer Konzentrationsabnahme von der Peripherie gegen das Zentrum der Wurzel vorhanden ist. Ob dies in der Regel zutrifft, ob vor allem für gewöhnlich auch die geforderte Konzentrationsdifferenz zwischen der Außenlösung und den peripheren Wurzelzellen vorhanden ist, wäre erst noch experimentell nachzuweisen. Dagegen sind bereits Fälle bekannt, in welchen die genannte Konzentrationsdifferenz in umgekehrtem Sinne verläuft und wo dennoch keine Salze aus der Wurzel austreten; man denke nur an eine Wasserkultur, deren Wurzeln sich in reinem Wasser befinden<sup>1)</sup>. Andererseits kennt man Fälle<sup>2)</sup>, in denen die geforderte Konzentrationsdifferenz zwar besteht, aber dennoch keine Stoffaufnahme erfolgt (Nathanson, 1903 und 1904). Es sind das alles Erscheinungen, die entweder durch Permeabilitätsveränderungen oder durch direkte Arbeitsleistungen des Protoplasten erklärt werden müssen.

Sollten aber die geforderten Konzentrationsdifferenzen und vor allem auch die verlangte Konzentrationsabnahme sich finden, so würde sich dies einigermaßen verstehen lassen; denn wenn die lebenden Rindenzellen beständig kleine Mengen der Bodensalze in andere Verbindungen überführen, so muss mit der Anzahl der passierten Zellen auch der Gehalt des Wasserstromes an Bodensalzen abnehmen. Hiermit wäre jedoch selbst die qualitative Seite des Problems noch nicht erledigt. Die Versuche von Nathanson haben gezeigt, dass die Salzwanderung infolge von Permeabilitätsveränderungen vor Erreichung des Diffusionsgleichgewichtes aufhören kann. Hieraus folgt, dass selbst das Vorhandensein der genannten Konzentrationsabnahme die physikalische Erklärbarkeit der Salzwanderung nicht endgültig zu beweisen vermöchte. Ferner könnte auch das Vorhandensein von Salzen mit einem gemeinsamen Ion die Sistierung der Wanderung vor Erreichung der Konzentrationsgleichheit bedingen.

Neue Schwierigkeiten ergeben sich bei der quantitativen Erklärung. Geht die Salzwanderung durch die Wurzelrinde durch

1) Unter anderem liegen diesbezügliche Versuche von Wolf vor. Mayer, Agrikulturchemie, Bd. I, p. 392. Zum Teil mögen diese Resultate auf Verarbeitungen im Innern der Wurzel zurückgeführt werden.

2) Das Untersuchungsmaterial bestand allerdings nicht aus Wurzelhaaren.

Druckfiltration vor sich, so werden die Salze gleichsam von dem Wasserstrom mitgerissen und es kann dann aus der Nährsalzlösung wohl gleichviel oder weniger, niemals aber verhältnismäßig mehr Salz als Wasser aufgenommen werden. Nun geht aber aus Versuchen Wolf's<sup>1)</sup> hervor, dass unter einer gewissen, für verschiedene Salze verschiedenen Konzentration aus der Nährlösung relativ mehr Salz als Wasser absorbiert wird, so dass unter Umständen eine Lösung mit der Hälfte des Wasservolumens schon die ganze Salzmenge an die Pflanze abgegeben hat. Eine Bewegung durch Diffusion erfolgt um so rascher, je größer das Gefälle ist, da die Diffusionsgeschwindigkeit dem Unterschied der Konzentrationen proportional ist. Somit sollte, so lange die Lösung nicht schädigend einwirkt, die Salzaufnahme mit der Konzentration der Lösung wachsen. Wolf<sup>1)</sup> hat dagegen experimentell gefunden, dass eine Pflanze aus einer Nährlösung relativ um so mehr Salz aufnimmt, je verdünnter die Lösung ist. Ferner ist a priori klar, dass, wenn die Wanderung des Wassers durch Diffusion viel zu langsam erfolgt, eine noch raschere Salzbewegung schwerlich auf demselben Wege wird erklärt werden können.

(Fortsetzung folgt.)

## Der Einfluss der Temperatur auf die pulsierenden Vakuolen der Infusorien und die Abhängigkeit biologischer Vorgänge von der Temperatur überhaupt.

Von Aristides Kanitz.

### I.

Das Erwärmen ist ein altes Hilfsmittel der Chemie, träge miteinander reagierende Stoffe zu Umsetzungen zu bringen. Einen tieferen Einblick in die dabei maßgebenden Verhältnisse hat jedoch erst das Studium des quantitativen Verlaufs chemischer Vorgänge gebracht, die Erkenntnis zu Tage fördernd, dass die Reaktionsgeschwindigkeit — unter welcher das Verhältnis zwischen der Änderung der Konzentration (Molen in Liter) und der dazu erforderlichen Zeit verstanden wird — durch Temperaturerhöhung ausnahmslos vergrößert wird.

Es ist dann wohl zuerst J. H. van't Hoff gewesen, der darauf hinwies, dass die Erscheinungen eine allgemeinere numerische Regelmäßigkeit aufweisen und an der Hand des vorhandenen Versuchsmaterials zeigte, dass, wenn man mit  $k_t$  und  $k_{t+10}$  die bei zwei voneinander um  $10^0$  entfernten Temperaturen ermittelten Reaktionsgeschwindigkeiten bezeichnet, der Quotient  $\frac{k_{t+10}}{k_t} = Q_{10}$

1) Ad. Mayer, Agrikulturchemie Bd. I, p. 392.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [27](#)

Autor(en)/Author(s): Ursprung Alfred

Artikel/Article: [Studien u<sup>l</sup>ber die Wasserversorgung der Pflanzen. 1-11](#)