vorlage hingestellt. Das ist das Doppelgesicht des französischen Gesetzentwurfes über die Wiedereinführung der dreijährigen Dienstzeit. Daß diese Vorlage Gegner, viele Gegner gefunden hat, kann nicht wundernehmen. Bedeutet sie ja zweifellos gegen das einst als Kulturfortschritt so laut gepriesene Gesetz vom 21. März 1905 einen offenbaren Rückschritt und eine gewaltige Mehrbelastung. Trägt doch Frankreich seine Rüstung seit langem schon viel schwerer als Deutschland.

Die Friedensstärke Deutschlands beträgt vom 1. Oktober 1913 ab 11,5 ‰ der Bevölkerung, die Frankreichs jetzt schon 14 ‰ und vom 1. Oktober 1913 ab sogar 18,4 ‰.

Mit 358 gegen 204 Stimmen ist der französische Gesetzentwurf am 19. Juli 1913 von der Kammer, mit 244 gegen 36 Stimmen in der Fassung der Kammer vom Senat angenommen worden. Am 7. August 1913 ist das Gesetz in Kraft getreten.

Es war von dem hochentwickelten Nationalbewußtsein der Franzosen zu erwarten, daß es die erhöhte Last auf sich nehmen wird, um seine Rolle in der Reihe der Großmächte mit dem erforderlichen Nachdruck weiterspielen zu können. Das Gesetz war, wie sich ein Abgeordneter ausdrückte, eine Notwendigkeit des Augenblicks und eine Forderung für die Zukunft.

Sitzung vom 10. November 1913.

Vorsitzender: Prof. Dr. Busz.

1. Herr W. Stempell (Münster):
Beiträge zur Physiologie der pulsierenden Vakuole.
(Vorläufige Mitteilung.)

Die sich in vielen Lehrbüchern und allgemeinen Darstellungen findende Angabe, die pulsierende Vakuole der Protozoen sei eine Exkretions- und Respirationsorganelle, erschöpft die Funktion derselben insofern nicht, als die neueren Untersuchungen[1]) immer mehr erkennen lassen, daß die exkretorischen und respiratorischen sozusagen nur Teilfunktionen, vielleicht sogar Nebenfunktionen dieses Organells sind, und daß seine

---

1) Genauere Literaturangaben werden in der endgültigen Arbeit gegeben werden, die demnächst in den Zoologischen Jahrbüchern erscheinen wird.

Hauptaufgabe vielmehr darin besteht, das durch Osmose stets in den Protoplasmakörper einströmende Wasser wieder hinauszuschaffen. Die Vakuole ist demnach ein Regulator des osmotischen Druckes und findet sich in ausgeprägter Form nur bei den frei im Süßwasser lebenden Protozoen, deren Körper dem osmotischen Druck sonst schutzlos ausgesetzt wäre, während sie den meisten Seewasser-Protozoen und den Parasiten, die in einem mehr oder minder isotonischen Medium leben, fehlt. Meine schon vor längerer Zeit an *Paramaecium caudatum* angestellten Versuche, bei denen die Infusorien hauptsächlich in isosmotischen und in gleichprozentigen Lösungen von NaFl, NaCl, NaBr und NaJ gezüchtet und untersucht wurden, ergaben zunächst eine vollkommene Bestätigung dieser besonders von Degen (Botan. Zeitg. 163 Jahrg. 1905) vertretenen Theorie. So wurde die Zeit, welche normalerweise zwischen zwei Pulsationen liegt (ca. 8 Sek.), in einer 0,25 %igen NaBr-Lösung um etwa das Doppelte verlängert, und der gleiche Effekt trat in einer der NaBr-Lösung isosmotischen 0,14 %igen Lösung von NaCl ein. Festlegen der Tiere zwischen Glasplatten hat die gleiche Wirkung, da hierbei ein Teil der Oberfläche der Osmosewirkung entzogen wird, ferner die die Osmosewirkung durch Bildung osmotisch wirksamer Oxydationsprodukte unterstützende O-Aufnahme behindert und da endlich durch den mechanischen Druck zunächst ein Gegengewicht gegen den osmotischen Druck geschaffen wird. Es ist daher auch ohne weiteres zu verstehen, daß eine die Oxydationsprozesse offenbar beschleunigende Temperaturerhöhung das Vakuolenspiel beschleunigen muß. In destilliertem Wasser ist die Pulsfrequenzzahl gegenüber gewöhnlichem Wasser merklich verkleinert. Untersucht man die Infusorien in gleichprozentigen (0,3 %) Lösungen der genannten Salze, so ergibt sich wieder in Übereinstimmung mit der osmotischen Theorie, daß die Frequenzzahl der pulsierenden Vakuole meist direkt proportional dem osmotischen Druck der Außenflüssigkeit, also umgekehrt proportional dem Molekulargewicht der in dieser Außenflüssigkeit gelösten Substanz ist. Allerdings stimmen diese Zahlen annähernd genau nur für das Verhältnis von Br zu J, während das Cl-Salz, das in 0,3 %-Lösung bereits schädigend wirkt, ein unklareres Resultat ergibt. Letzteres gilt noch mehr für alle Versuche mit dem Fl-Salz, dessen Lösungen schon in geringen Konzentrationen die Tiere töten und eine Züchtung unmöglich machen.

Derartige Giftwirkungen zeigen übrigens alle vier Salze bei einer bestimmten Konzentration, die für die einzelnen Salze

sehr verschieden ist. Man kann nach den zahlreichen von mir gemachten Beobachtungen die vier Halogene nach ihrer Giftigkeit in einer Reihe Br, J, Cl, Fl anordnen, in welcher Br die geringste, Fl die größte Giftigkeit besitzt. Wenn man diejenige Konzentration ermittelt, in welcher bereits deutliche Giftwirkungen hervortreten, so ergeben sich für die vier entsprechenden Salze nämlich die Zahlen 0,8, 0,5 (?), 0,2 und 0,1 %. Die Zahlen 8 : 5 (?) : 2 : 1 würden nun aber ungefähr proportional sein den Atomgewichten der betreffenden Halogene, die sich wie 8 : 12 : 3 : 2 verhalten. Allerdings macht das J eine Ausnahme; doch ist dessen Zahl nicht ganz sicher, da zu ihrer genauen Feststellung die ursprünglich auf andere Ziele gerichteten Versuche nicht ganz ausreichen. Ein ähnliches Resultat erhält man auch, wenn man die molare Zusammensetzung der Lösungen zu Grunde legt: es würde sich nämlich dann für BrNa : JNa : ClNa : FlNa das Verhältnis von 7 : 3 (?) : 3 : 2 ergeben, während die betreffenden Molekulargewichte sich wie 10:15:5:4 verhalten. Es scheint daher, als ob die durch die Halogene bewirkte Hemmung der Lebensfunktionen ungefähr umgekehrt proportional ihrem Atomgewicht sei, und man könnte bei der mit dem steigenden Atomgewicht fallenden Affinität der Halogene zum Wasserstoff hier die plausible Annahme machen, daß die Giftigkeit der Halogene im wesentlichen durch Säurebildung bedingt sei. Wenn dies auch zu manchen anderen Erfahrungen stimmt, so wäre doch noch festzustellen, auf welcher spezifischen Wirkung im vorliegenden Fall die Giftwirkung beruht, da an anderen Objekten (Zellen von Metazoen) die Erfahrung gemacht wurde, daß die schädigende Wirkung der Anionenreihe Cl, Br, J auf verschiedene Zellenarten verschieden ist, indem einmal Cl>Br>J (Muskelzellen), ein andermal J>Br>Cl (Flimmerepithel) ist — eine Umkehrung, die übrigens auch bei physikochemischen Wirkungen gelegentlich zu beobachten ist (cf. u a. Höber, Zeitschr. für physik. Chemie, Bd. 52, 1909).

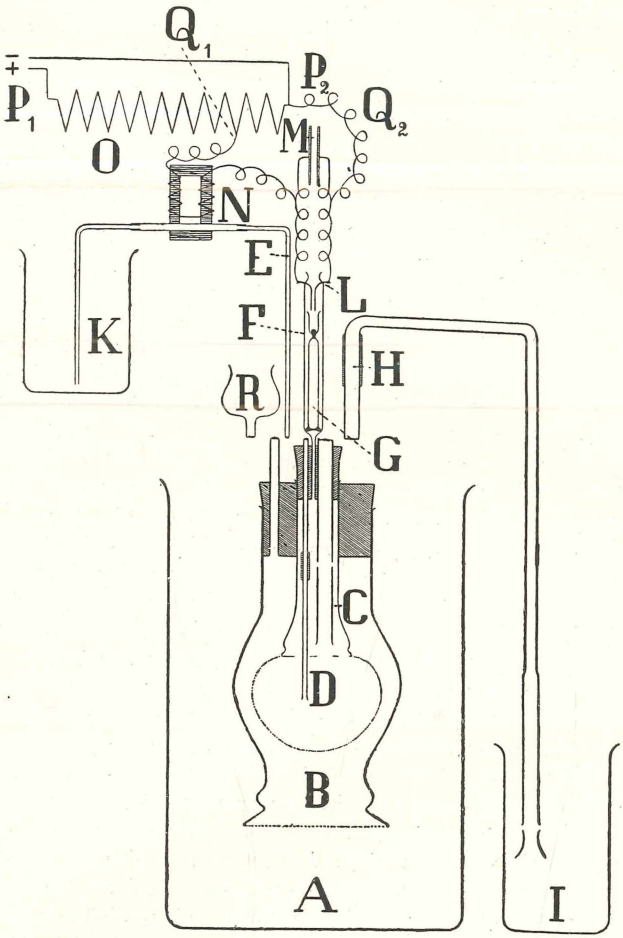
Im einzelnen Fall zeigen auch die reinen Osmosewirkungen mannigfache Schwankungen, welche durch verschieden starke Nahrungsaufnahme der Tiere, Rasseneigentümlichkeiten und andere Faktoren bedingt sind, aber die Gültigkeit der Osmosetheorie nicht erschüttern können. Man kann sich nach den bisherigen Beobachtungen ungefähr folgendes Bild von der Tätigkeit der pulsierenden Vakuole bei *Paramaecium* machen: Zunächst werden die durch den Stoffwechsel entstehenden Endprodukte, besonders Kohlensäure in wässeriger Lösung in den das Protoplasma oft weit durchziehenden Bildungskanälen angesammelt. Wenn die gefüllte Vakuole ihren Inhalt nach außen entleert hat,

werden infolge des plötzlich hier entstehenden Unterdrucks die durch eine Ventilvorrichtung bisher geschlossenen Öffnungen der Zuführungskanäle gangbar, und deren Inhalt ergießt sich in die Vakuole. Durch diese Füllung wird die Protoplasmalamelle, welche deren Wandung darstellt, derartig verdichtet, daß sie nunmehr als halbdurchlässige Membran wirkt, und ein weiteres Zuströmen von Wasser aus dem Protoplasma zu dem ja osmotisch hypertonischen Vakuoleninhalt erfolgt. Durch den entstehenden Überdruck schließen sich die Öffnungen der Zuführungskanäle und öffnet sich schließlich — wenn der Innendruck größer als der Außendruck geworden ist —, ein Ventil, das die Vakuole an einer präformierten Stelle nach außen abschließt, so daß der Inhalt sich dann auf einmal in das umgebende Wasser ergießen kann, und die Vakuole — ohne aktive Kontraktion des Protoplasmas — zusammenfällt.

Dieser immerhin komplizierte Mechanismus dürfte sich bei den Protozoen aber erst allmählich beim Übergang vom Seewasserleben zum Süßwasserleben ausgebildet haben. Ursprünglich mag nur ein System von Kanälen oder Bläschen im Protoplasma vorhanden gewesen sein, in dem sich die Exkretstoffe ansammelten und aus dem sie kontinuierlich nach außen entleert wurden, wie es sich noch bei einigen Meeresformen und Parasiten (*Opalinen* u. a.) erhalten hat. Typische pulsierende Vakuolen entstanden erst beim Übergang zum freien Süßwasserleben, weil der nun entstehende osmotische Druck ausgeglichen werden mußte. Es wurden hier Teile des Kanalsystems zu Reservoiren, in denen durch die natürliche Hypertonie der Exkretstoffe osmotische Erscheinungen auftreten mußten. Die Periodizität der Entleerung ist ja durch die entstehenden Druckverhältnisse teilweise erklärbar, und daß bei den hochspezialisierten Formen, wie manchen Infusorien, schließlich Ventile auftreten, ist hier mindestens nicht schwerer zu erklären, wie in den zahlreichen andern Fällen, wo wir derartige Einrichtungen im Tierreich finden. Nicht überall führte die Entwicklung übrigens zu derart komplizierten Bildungen, da viele Protozoen, wie z. B. manche Amoeben, weit einfachere Verhältnisse aufweisen.

Um den Mechanismus des Vakuolenspiels, wie er sich nach dem Gesagten darstellen würde, anschaulich zu machen und gleichzeitig, um seine Möglichkeit experimentell zu beweisen, habe ich einen Apparat konstruiert, der die betreffenden Vorgänge nachahmt. Ein zylindrisches, in der Mitte etwas bauchig aufgetriebenes und an beiden Enden offenes Glasgefäß (cf. Fig. B, auf pag. 65) repräsentiert den Protoplasmakörper. Um

die osmotischen Erscheinungen der Zellhaut zu ersetzen, ist es am einen Ende dicht mit einer dünnen, tierischen Membran (Fischblase) verschlossen; am anderen Ende trägt es einen doppelt durchbohrten Kautschuckstopfen. Das ganze Gefäß *B* wird in ein größeres Gefäß *A* mit Wasser hineingehängt und mit 5 %iger Salpeterlösung gefüllt. Durch die engere Durchbohrung des Kautschuckstopfens wird bis zur Unterfläche desselben ein kurzes Trichterrohr (*R*) geführt, in der weiteren Durchbohrung steckt ein zylindrisches Glasgefäß (*C*), das den eigentlichen Vakuolenapparat trägt. Es ist einmal unten mit einer durch große Löcher siebartig durchbrochenen Glasplatte verschlossen, und außerdem ist hier eine etwa blasenförmige, dünne tierische Membran (Fischblase) (*D*) befestigt. Die Siebplatte hat den Zweck, zu verhindern, daß die Blase beim Zusammenfallen die untere Öffnung des noch zu beschreibenden Hebers *H* verstopft. Die Blasenwand muß möglichst dünn und absolut dicht sein. Das zylindrische Glasgefäß *C* trägt an seinem anderen, oberen Ende einen dreifach durchbohrten Gummistopfen, der ebenfalls unbedingt dicht schließen muß. Durch die eine seiner beiden engeren Durchbohrungen ist ein höchstens 2 mm dickes, U-förmig gebogenes Glasrohr (*E*) gezogen, das mit seinem längeren Schenkel noch durch eins der Sieblöcher bis in das halbe Innere (nicht tiefer!) der Blase *D* hinabreicht, mit seinem kurzen Schenkel in ein hochgestelltes, mit 25 %iger (konzentrierter) Salpeterlösung angefülltes Gefäß (*K*) eintaucht. Bei *N* ist der horizontale Querschenkel des Glasrohrs auf ein größeres Stück unterbrochen, und die Enden sind durch ein Stück möglichst dünnwandigen Gummischlauches (sog. Fahrradventilschlauches) verbunden. Auch am langen Schenkel findet sich eine Unterbrechung: es ist hier durch ein kurzes Stück Gummischlauch ein Gelenk hergestellt, das gestattet, den längeren Schenkel des Hebers beim Aufsetzen des Gummistopfens bequem durch eins der Sieblöcher in die Blase *D* einzuführen. Durch die weiteste Öffnung des das Gefäß *C* verschließenden Stopfens ist ebenfalls ein U-förmig gebogenes Heberrohr aus Glas (*H*) geführt. Der im Innern des Gefäßes *C* bis nahe zur Siebplatte reichende Schenkel hat eine Dicke von 7 mm (äußeres Maß) und trägt in einer Entfernung von etwa 3,7 cm von seinem unteren Ende zwei 2 mm große Löcher; kurz vor seiner Umbiegung in den horizontalen Querschenkel befindet sich wieder ein durch ein Gummischlauchstück hergestelltes Gelenk, das zum Einstellen des Hebers auf verschiedene Überlaufhöhen dient. Da, wo das Heberrohr in den Querschenkel übergeht, verengert es sich auf 5 mm äußeren Durchmesser, biegt dann mit mög-



Schematische Darstellung des Apparates zur Demonstration der Funktion der pulsierenden Vakuole (1 : 3,5).

Zeichenerklärung im Text. Die Größenverhältnisse (äußere Maße) des Hauptapparates sind genau eingezeichnet; nur ist das Gefäß *A* etwa um die Hälfte höher und die Gefäße *I* und *K* sind beliebig größer anzunehmen. Die Teile *R*, *E* und *H* sind, um sie nebeneinander darstellen zu können, über ihrer Austrittsstelle aus dem Kautschuckstopfen abgebrochen gezeichnet. Die elektrischen Hilfsapparate zum Anschluß an eine Lichtleitung sind nur grob-schematisch eingezeichnet.

lichst scharfem rechten Winkel in den äußeren, längeren Schenkel um und erweitert sich etwa 8 cm vor seinem Ende wieder auf den ursprünglichen Durchmesser. Etwa 15 mm vor seinem trichterförmig erweiterten Ende hat es wieder zwei Löcher und ragt mit dem Ende in ein tiefgestelltes Gefäß *I* hinein. Die dritte Durchbohrung des das Gefäß *C* oben verschließenden Stopfens trägt das Steigrohr *F*. Dasselbe ragt mit seinem unteren verdünnten Ende nicht über die Unterfläche des Stopfens hervor, erweitert sich dicht über der oberen Fläche des Stopfens auf 9 mm und trägt an seinem oberen Ende einen kurzen Halsteil. Im Innern des erweiterten Abschnitts liegt lose ein 5 mm starkes, aus dünnem Glase hergestelltes und mit Luft gefülltes, allseitig verschlossenes Rohr (*G*), das an seinem oberen Ende einen kleinen, etwa 8 mm hohen Becher trägt. In diesem Becher befindet sich ein etwa 3 mm großer Quecksilbertropfen. Das Rohr muß selbst bei dieser Belastung so leicht sein, daß es auf Wasser schwimmt und dabei nicht tiefer als bis zum Fuß des Bechers eintaucht. Es trägt nahe seinem unteren Ende der besseren Führung halber ein Paar Glasfüßchen. Wichtig ist, daß der obere Teil des Schwimmers und des Bechers beim Hin- und Hergleiten der Wand des Rohres *F* nicht zu nahe kommt, da sich hier sonst dünne Flüssigkeitsschichten bilden können, die ein Zurückfallen des Schwimmers beim Sinken der Flüssigkeitssäule verhindern. Die Führung des Bechers besorgen am besten zwei von oben in ihn hineinragende Platindrähte (*L*). Dieselben sind im oberen Teil des Gefäßes *F* eingeschmolzen, biegen nach unten rechtwinklig um und sind so lang, daß sie bei Tiefstellung des Schwimmers noch gerade in den Becher hineinreichen, bei seiner höchsten aber sicher in den Quecksilbertropfen eintauchen. Der eine dieser Drähte ist durch einen Leitungsdraht direkt mit einer elektrischen Schwachstromquelle verbunden, die von dem anderen herkommende Leitung geht zunächst durch einen kleinen Elektromagneten (*N*), etwa den einer passend geschalteten elektrischen Klingel. Zwischen dem Anker dieses Elektromagneten und einem seiner Pole wird der obenerwähnte Schlauch hindurchgezogen, der einen Teil des Querschenkels am Heberrohr *E* bildet. Als Stromquelle kann man Primärelemente oder Akumulatoren verwenden, wenn sie den zum sicheren Zusammendrücken des Schlauches nötigen Strom — etwa 5 Volt Klemmenspannung und 0,5 Ampere Stromstärke — liefern; sicherer und bequemer ist aber natürlich der Anschluß an die Lichtleitung einer Zentrale, wenn man die Spannung auf 5 Volt hinunterdrückt und die Funkenbildung möglichst einschränkt. Letzteres

läßt sich durch Parallelschaltung eines kleinen Kondensators (M), ersteres am einfachsten dadurch erreichen, daß man den Stromkreis in den Nebenschluß (Q_1 Q_2) eines passenden, in den Strom der Zentrale (P_1 P_2) eingeschalteten Widerstandes (O) legt.

Der Apparat arbeitet nun folgendermaßen: Wenn das Gefäß A mit Wasser, das Gefäß B mit einer etwa 5%igen Salpeterlösung, das Gefäß C und die Blase D sowie das obere Gefäß K und der Heber E mit einer etwa 25%igen Salpeterlösung gefüllt sind, so wird durch die Tätigkeit des Hebers E die Flüssigkeit im Steigrohr F steigen, der Schwimmer wird sich heben, es werden schließlich die Platindrähte in den Quecksilbertropfen eintauchen, durch den entstehenden Strom wird der Elektromagnet betätigt werden und den Gummischlauch an Heber E zusammendrücken, so daß die weitere Flüssigkeitszufuhr von K aus aufhört. Wenn der Heber H so eingestellt ist, daß im Moment des Kontaktes noch kein Überlaufen der Flüssigkeit durch ihn eintritt, so wird die Flüssigkeit also auch in ihm an einer bestimmten Stelle stehenbleiben. Nunmehr wird aber durch Osmose Wasser aus B in die Blase D und in das Gefäß C eintreten, während gleichzeitig durch Osmose Wasser aus A nach B hineingelangt. Der osmotische Druck wird nun nach einer bestimmten Zeit den Heber H zum Überlaufen bringen und es wird sich dann nicht nur C größtenteils und plötzlich entleeren, sondern auch die Blase D, indem der jetzt in B entstehende starke Überdruck sie zusammendrückt. Bei Beginn der Entleerung fällt der Schwimmer G natürlich herab, der enge Heber E wird durch Lösung des Kontaktes wieder gangbar, und es wird sich daher durch ihn die Blase D und das Gefäß C wieder langsam mit 25%iger Salpeterlösung füllen, womit das Spiel von neuem beginnt.

Auf Einzelheiten der Konstruktion des Apparates kann hier nicht näher eingegangen werden, sie sind übrigens auch aus der Zeichnung, welche die für das glatte Funktionieren des Apparates wichtigen Größenverhältnisse genau wiedergibt, im großen und ganzen zu ersehen.

Auch die Analogie mit der pulsierenden Vakuole der Protozoen, speziell der Ciliaten, bedarf nach dem Gesagten wohl keiner längeren Erörterung. Das Wasser in A stellt das Medium dar, in dem das Tier lebt, B entspricht dem Protoplasmakörper, C und D repräsentieren den Vakuolenapparat. Der Heber H entspricht dem äußeren Porus mit dem an diesem angebrachten, sich bei einem bestimmten Druck des Vakuoleninnern öffnenden Ventil, das obere Gefäß K mit dem Heber E entspricht den Zuführungskanälen und das elektrische Ventil

am Heber *E* dem Rückschlagsventil an der Mündung der Zuführungskanäle in die Vakuole.

Bei richtiger Behandlung und Einstellung funktioniert der Apparat ganz automatisch so lange, als Flüssigkeit im oberen Gefäß *K* vorhanden ist, und er ist von mir bei Vorlesungen und physiologischen Übungen bereits mehrfach benutzt worden. Seine Frequenz betrug bei meiner Anordnung des Versuches 15—20 Minuten. Die Analogie mit der pulsierenden Vakuole der Infusorien ist ja eine ziemlich weitgehende, und der Einwurf, daß er komplizierter wäre als diese, könnte sich nur auf die elektrischen Hilfsapparate beziehen. Die Anbringung eines elektrischen Ventils war aber aus lediglich technischen Gründen geboten, weil sich ein auf kleinste Druckdifferenzen unbedingt sicher reagierendes mechanisches Ventil an *E* praktisch nicht oder nur mit den allergrößten Schwierigkeiten konstruieren ließ.

Es dürfte durch diesen Apparat besser als durch alle theoretischen Erörterungen die Richtigkeit oder wenigstens die Möglichkeit der Osmosetheorie bewiesen sein. Daß auch hier ein unerklärter Rest bleibt, da wir ja zurzeit noch nicht den Abbau und die chemische Umwandlung der Zellbestandteile in die Exkretstoffe in einer den natürlichen Verhältnissen entsprechenden Weise im Reagenzglas nachmachen können, kann meiner Meinung nach den Wert solcher Experimente nicht beeinträchtigen.

2. Herr E. Rump (Osnabrück):

Über die Konstitution der pflanzlichen Zellmembran.

Nach den vielen im Laufe der letzten 50 Jahre ausgeführten Untersuchungen über die pflanzliche Zellmembran steht es fest, daß sich dieselbe in chemischer Hinsicht im großen und ganzen aus folgenden Stoffen zusammensetzt:

Den Hauptbestandteil bildet immer die Zellulose.

Neben dieser finden sich meistens mechanisch eingelagert:

1. Fette, Harze, Wachse, oder die sogenannten Inkrusten, d. h. Gerbstoffe, Bitterstoffe, Pektinstoffe, aromatische Aldehyde und andere,
2. die sogenannten Hemiverbindungen, auf deren Bedeutung wir gleich noch zurückkommen müssen,
3. die Lignine,
4. Kutin oder Suberin.

Um sich von dem Wesen dieser verschiedenen Verbindungen und ihrer Verteilung in der Membran ein Bild zu

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen des naturhistorischen Vereines der preussischen Rheinlande

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: 70

Autor(en)/Author(s): Stempell Walter

Artikel/Article: Beiträge zur Physiologie der pulsierenden Vakuole. (Vorläufige Mitteilung.) B060-B068