

# Zur Biologie und Physiologie der Zellmembran.

## Vorläufige Mittheilung.

Von

Dr. Z. Kamerling

in Jena.

(Schluss.)

Wenn man ziemlich dicke Schnitte durch Flaschenkork oder die erwähnten Spreuhaare in ausgekochtes Wasser bringt, kann man leicht constatiren, dass diese echten Luftblasen nur ausserordentlich schwer verschwinden; ich habe in mehreren Fällen noch nach einem Monat Luftblasen nachweisen können.

Ist es endlich gelungen, die Luft aus dem Zellinnern zu entfernen und lässt man jetzt diese Objecte, Schnitte durch Holundermark oder Flaschenkork, oder die erwähnten Haare an der Luft eintrocknen, dann findet man sofort, nachdem das Object eingetrocknet war, wieder Luft im Innern.

Dass nicht, wie der gewöhnliche Ausdruck lautet, die Bedeutung der Verkorkung darin zu suchen ist, dass die verkorkte Membran für Wasser undurchlässig ist, kann man ohne irgend eine Schwierigkeit unter dem Mikroskop wahrnehmen; denn wäre dies der Fall, so dürfte natürlich gar kein Wasser in das Innere der unverletzten Zelle eindringen.

Dieses dringt zwar immer ein, kann aber nicht den ganzen Zellraum ausfüllen, weil die comprimirte Luft sich als Blase noch darin vorfindet.

Dass wirklich die Durchlässigkeit für Luft in trockenem Zustande die Haupteigenschaft der verkorkten Membran ist, wird am besten klar aus den folgenden zwei Beispielen.

Aus Schimper's Untersuchungen über die indo-malayische Strandflora wissen wir, wie die Samen oder Früchte der Vertreter der Mangrovevegetation sehr oft mit einem Korkmantel ausgestattet sind, welche das Eindringen von Wasser in das Innere erschwert und zugleich als Schwimmgewebe functionirt (bekanntlich ist auch der Runkelrübensamen mit einem ähnlichen Korkmantel ausgestattet).

Das Wasser, welches in die Zellen der äusseren Korkschiicht eindringt, füllt hier den Raum zwischen Luftblase und Zellwand aus. Wäre die Zelle luftleer, so würde sie bald ganz erfüllt sein und der Luftdruck würde mitwirken, das Wasser von den oberflächlich gelegenen Zellen in die inneren zu pressen, jetzt ist dieses aber nicht der Fall, und das Wasser dringt nur sehr langsam von Schicht zu Schicht vor. So kann das Korkgewebe durch den Luftgehalt der Zellen einen Schutz gegen Wasser bilden.

Dass ein Korkmantel als Verdunstungsschutz wirken kann, machen wir uns auch leicht klar.

Denken wir uns ein nicht durch einen Korkmantel oder Cuticula geschütztes Gewebe einer starken Verdunstung ausgesetzt. Die

äussersten Zellen geben Wasser ab an die Atmosphäre und entnehmen wieder den mehr nach innen gelegenen Zellen Wasser. Sind diese äussersten Zellen aber Korkzellen, so ist es klar, dass diese, wenn einmal ausgetrocknet, kein Wasser aus den inneren Zellen entnehmen. Letztere können also höchstens etwas Wasser verlieren durch Diffusion in Gasform durch die Wände des Korkgewebes hindurch, und dass diese Diffusion verschwindend gering ist, können wir ohne weiteres annehmen.

Wie haben wir uns jetzt die innere Structur der verkorkten Membran vorzustellen?

Zur Erläuterung des festen Anschlusses der Micellen aneinander bei der für Gase undurchlässigen Membran nahmen wir als Beispiel einen sauberen Objectträger und Deckglas, welche durch Verdunstung des sich dazwischen findenden Wassers fest aneinander gesaugt wurden.

Wenn aber Objectträger und Deckglas nicht sauber, sondern einigermaßen fettig sind, tritt die erwähnte Erscheinung nicht ein. Die Oberflächenanziehung zwischen Wasser und Glas, worauf die Capillaritätserscheinungen, also das Ansaugen, beruhen, findet sich nicht bei dem unsauberen fettigen Glase.

Ich denke mir, die Bedeutung der Verkorkung liegt darin, dass durch irgend welche Imprägnirungssubstanzen oder durch irgend eine chemische Umwandlung die Oberflächenanziehung, welche zwischen der reinen Cellulose und Wasser auftritt, aufgehoben wird.

Infolgedessen werden die Micellen beim Verdunsten des sich dazwischen findenden Wassers nicht, wie dies bei der reinen Cellulosemembran der Fall ist, aneinander gesaugt, sondern sie behalten ihre ursprüngliche Stellung bei, und in dem Maasse, als das Wasser verdunstet, dringt Luft zwischen den Micellen hindurch in's Zellinnere hinein.

Da Quellung nichts ist, als das Auseinanderweichen der Micellen infolge der sich dazwischen drängenden Flüssigkeit und dieses Eindringen nur wieder eine Function der zwischen Wandsubstanz und Flüssigkeit bestehenden Oberflächenanziehung ist, braucht es uns nicht zu wundern, dass da, wo wir ein Fehlen dieser Oberflächenanziehung annehmen, auch keine Quellung eintritt.

Wenn man die sogenannte Lösung der Cellulose in concentrirter Schwefelsäure, Kupferammoniak oder concentrirter Chromsäure genau verfolgt, dann muss sich der Gedanke wohl aufdrängen, dass hier keine wirkliche Lösung stattfindet, sondern nur eine sehr weit gehende Quellung. In wie weit das bekannte Verhalten der „verkorkten“ Membran gegenüber diesen und anderen Reagentien, Kalilauge z. B., nur auf den physikalischen Eigenschaften der Membrantheilchen, speciell das Fehlen der Oberflächenanziehung zurückzuführen ist, lässt sich nicht sofort entscheiden. Es ist aber meiner Ansicht nach sehr wahrscheinlich, dass durch, in verschiedenen Fällen chemisch sehr verschiedene

Substanzen, ein physikalisch übereinstimmendes Resultat erzielt worden ist.

Was die Cuticularisirung anbetrifft, so glaube ich auch hier eine Modification der Zellwandtheilchen annehmen zu müssen, welche die Oberflächenanziehung für Wasser mehr oder weniger herabsetzt. Insoweit hier ein Nichtbenetzen der cuticularisirten Oberfläche in Frage kommt, findet diese Erscheinung sogleich noch eine eingehendere Besprechung, hier möchte ich nur auf die Bedeutung der Cuticula als Verdunstungsschutz hinweisen.

Ebenso wie der Korkmantel vor Verdunstung schützt, da die luftgefüllten Zellen kein Wasser aus inneren Schichten nachsaugen, verhält sich die Cuticula. Da das Nachsaugen des Wassers wieder nur eine Function der Oberflächenanziehung zwischen Membrantheilchen und Flüssigkeit ist, findet dieses Nachsaugen bei fehlender Oberflächenanziehung nicht statt.

Hierdurch lässt sich meiner Ansicht nach die Bedeutung der Cuticula der Epidermis, der Pollenkörner, Sporen u. s. w. aus physikalischen Gründen erklären. Dass wir in allen diesen Fällen in der Wand aussen die cuticularisirten Schichten, aber innen noch normale quellbare finden, ist vollkommen einleuchtend. Die quellbaren Schichten schützen vor dem Eindringen von Luft in das Zellinnere. Wären auch die äusseren Schichten quellbar, so würden diese immer bei Wasserverlust neues Wasser aus dem Innern nachsaugen, also ein oft zu weit gehendes oder zu schnelles Austrocknen verursachen.

Wir finden hier die normalen wasserhaltigen inneren Schichten, die aber von der Cuticula bedeckt sind, welche durch ihre physikalischen Eigenschaften den inneren Schichten kein Wasser entzieht, aber vor Verdunstung schützt.

#### Unbenetzbarkeit der Zellwand.

Eine Erscheinung, welche mit der zuletzt besprochenen Cuticularisirung behufs Verdunstungsschutz grosse Uebereinstimmung zeigt und auch öfters gemeinschaftlich auftritt, ist die Unbenetzbarkeit der Aussenoberfläche der Zellwand.

Oft durch einen besonderen Wachstüberzug bedingt, wie bei vielen Blättern, Knoten von *Saccharum* u. s. w., bisweilen durch Harzkörnchen (*Marchantia polymorpha*), tritt die Erscheinung doch meistens weniger auffällig, aber gleich unverkennbar hervor.

Dass auch hier wieder die äussere Schicht der Membran derartig modificirt ist, dass sie keine Oberflächenanziehung zu Wasser zeigt, wird einleuchten.

Um die Bedeutung dieser Unbenetzbarkeit einzusehen, müssen wir wieder ein einfaches Beispiel heranziehen.

Wasser und Glas zeigen Oberflächenanziehung, daher steigt das Wasser in einer gläsernen Capillarröhre. Quecksilber und Glas zeigen aber keine Oberflächenanziehung, bekanntlich haftet Quecksilber nicht an Glas und also steigt Quecksilber auch nicht in einer gläsernen Capillarröhre auf, sondern wird heruntergedrückt. Stellt man eine gläserne Capillarröhre in Quecksilber,



so steht das Quecksilber im Innern der Röhre tiefer wie ausserhalb. Die Erscheinung ist bekanntlich darauf zurückzuführen, dass die Quecksilberoberfläche, welche vom Glase nicht angezogen wird, sich also als freie Oberfläche benimmt, sich auch wieder zu verkleinern bestrebt ist.

Wenn wir ein Stück des Blattstiels einer *Nymphaea* oder *Nuphar* in Wasser stellen, werden wir sogleich bemerken, dass in den Intercellulargängen kein capillares Aufsteigen des Wassers stattfindet, im Gegentheil, man kann ohne Mühe (wie schon Goebel in den Biologischen Schilderungen angiebt) zeigen, dass diese Intercellulargänge bei allen Wasserpflanzen einer Injection mit Wasser einen bedeutenden Widerstand entgegenbringen.

Die Bedeutung dieser Erscheinung für die Wasserpflanzen liegt auf der Hand, da ja durch diese Intercellulargänge die Wurzeln mit der zur Athmung nothwendigen Luft versorgt werden. Macht man durch einen frischen Blattstiel von *Nymphaea* Querschnitte und sieht sich diese in Wasser an, so kann man diese Unbenetzbarkeit der Wand sehr deutlich daran erkennen, dass beinahe überall zwischen Wand und Wasser sich noch ein dünnes Luftschichtchen befindet, besonders schön gewöhnlich an den Sternhaaren zu erkennen. Dass letzteren neben ihrer Function als Schutzwaffe gegen die öfters Wasserpflanzen von innen anfassenden Insectenlarven auch noch in dieser Beziehung eine Bedeutung beizulegen ist, kommt mir sehr wahrscheinlich vor.

Dass dieselbe Unbenetzbarkeit der Aussenoberfläche sich auch findet bei dem Aërenchym der Athemwurzeln der *Jussiaea* und auch wohl in allen übereinstimmenden Fällen wird uns nicht wundern; bei der *Jussiaea* ist sie ausserordentlich schön ausgeprägt.

Auf einen grossen und sehr merkwürdigen Verbreitungskreis dieser Unbenetzbarkeit möchte ich aber noch hinweisen.

In der Samenwand von sehr vielen Samen, so z. B. bei den *Papilionaceen*, *Tiliaceen* u. s. w., findet man unterhalb der bekannten Stäbchenschicht eine mehr oder weniger dicke, sogenannte Luftschicht, gekennzeichnet durch grosse Intercellularen, ziemlich dicke Wand, und oft sehr unregelmässige Gestalt, in vielen Fällen mit überall in den Intercellularen vörragenden Zapfen und Spitzen versehen. Dass die Aussenoberfläche dieser Zellen für Wasser unbenetzbar ist und dass Luft mit grosser Energie in den Intercellularen haften bleibt, kann man selbst an dünnen, trocken in Wasser gebrachten Schnitten mit Leichtigkeit wahrnehmen.

Diese Luftschicht zeigt das bekannte, viel umstrittene intercellulare Plasma, welches sich bekanntlich später als eine Art „Cuticularisirung“ herausgestellt hat.

Ueber die Physiologie und Biologie der Samenwand ist besonders von italienischen Forschern\*) eine grosse Reihe von Arbeiten

---

\*) Mattiolo e Buscalioni, Ricerche anatomo-fisiologiche sui tegumenti seminali delle *Papilionacee*. (Wo auch frühere Litteratur angegeben wird.) Torino 1892.

publicirt, worin sehr viel wichtiges und schönes Material zusammengebracht ist.

Sehr viele Samen, z. B. viele *Papilionaceen* und *Caesalpinaceen*, quellen nicht, wenn man sie in Wasser bringt. Diese, den Landwirthen schon längst bekannte Erscheinung, zeigt sich sehr schön bei *Cytisus Laburnum*, *Trifolium*-Arten und einer *Caesalpinia minor* var. *Burmannicae*, wovon die Samen, von Herrn Dr. G. King, Superintendent of the R. botanic Gardens, Calcutta, dem hiesigen botanischen Garten geschickt, mir zur Untersuchung vorlagen.

Dieses Nichtquellen beruht auf dem Zusammenwirken der Stäbchenschicht und der sich unmittelbar darunter findenden luftführenden Schicht. Die einzelnen Zellen der Stäbchenschicht, welche ohne Intercellularen aneinander stossen, sind für Wasser undurchlässig. An der Nabelgegend, wo der Verschluss nicht vollständig ist, finden wir das Luftgewebe sehr stark entwickelt. Erst wenn grössere Risse in der Stäbchenschicht entstanden sind, kann das Wasser in so grosser Menge zutreten, dass es die luftführende Schicht passiren kann, und dann tritt die Quellung plötzlich ein.

Interessant ist bei vielen sehr schnell quellenden *Papilionaceen*, so z. B. sehr schön bei *Canavalia*-Arten, das Auftreten von präformirten Bruchstellen in der Stäbchenschicht. Man findet auch bei den scheinbar unverletzten Samen hier immer schon einen Riss und darunter die luftführende Schicht sehr wenig entwickelt. Hierzu kommt dann noch unter dem Nabel die Bildung von einem Quellkissen, wodurch, wenn einmal durch die anwesenden kleinen Risse auf der präformirten Bruchlinie etwas Wasser eingedrungen ist, die ganze Nabelpartie der Samenwand gehoben und der Riss über die ganze Länge der Bruchlinie ausgedehnt wird.

Einen anderen sehr interessanten Fall von Unbenetzbarkeit liefern uns viele Sporen, am schönsten die des gewöhnlichen *Lycopodium clavatum*, das bekannte *Lycopodium*-Pulver der Apotheken.

Diese sind absolut unbenetzbar, sie schwimmen auf Wasser, und man kann sie umrühren, schütteln, mit Aether oder Chloroform ausziehen, nichts hilft, sie bleiben unbenetzt und quellen infolgedessen nicht.

Bringt man aber etwas von diesem Pulver in flüssige Glycerin-gelatine und reibt sie nur einen Augenblick mit der Nadel hierin, dann sieht man, wie sie bald benetzt werden. Auch gewöhnliches concentrirtes Glycerin zeigt bei etwas längerem Reiben dasselbe. Man kann bei dieser Behandlung sehen, wie nicht in allen Kämmerchen zwischen den netzförmigen Leisten gleichzeitig die Luft von der Flüssigkeit verdrängt wurde, sondern man findet alle mögliche Stadien, wo in einzelnen Kämmerchen die Flüssigkeit vorgedrungen ist, bis zu denen, wo sich nur noch in einzelnen Kämmerchen Luft findet.

Die letzteren geben uns, wenn in günstiger Lage, Aufschluss über die Ursache dieser merkwürdigen Unbenetzbarkeit. Es ist

noch ein ganz feines Häutchen über die Leisten ausgespannt, dieses Häutchen ist offenbar für Luft durchlässig und unbenetzbar, in den Kämmerchen findet sich daher Luft und das Wasser kann nicht eindringen. Erst wenn dieses Häutchen durch das Reiben in der klebrigen Glyceringelatine oder Glycerine entfernt worden ist, kann die Flüssigkeit in die Kämmerchen vordringen.

Bekanntlich wurde eine ähnliche Erscheinung von Koch an den Samen der *Orobanchen* nachgewiesen, wo die Aussenwand der oberflächlichen Zellen der Samenschale durchlöchert ist und unbenetzbar und so die Samen mit einer Lufthülle umgeben sind.

Auf die Verbreitung der für *Lycopodium* nachgewiesenen Erscheinung und die Bedeutung für das Hineinschwimmen in den Boden werde ich hier nicht eingehen, da dieses Thema von Herrn Lüstner in seiner, bald zu publicirenden Dissertation der hiesigen Universität behandelt wird.

### Verholzung.

Ueber die Bedeutung der Verholzung ist viel gestritten worden; Litteraturangaben findet man in einer ziemlich neuen Arbeit von Schellenberg.

Dieser Autor bringt hier den Nachweis, dass die Verholzung nicht den Zweck haben kann, die Zugfestigkeit des Gewebes zu erhöhen, da auch unverholzte Bastbündel unter Umständen eine gleich hohe Zugfestigkeit erreichen können und im Allgemeinen keinen Zusammenhang zwischen der Intensität der Holzreactionen und der Tragfähigkeit nachzuweisen ist. Da dieses also nicht der Zweck der Verholzung sein kann, sucht er die Bedeutung anderswo und findet sie schliesslich in einer Fixirung der Grösse der verholzten und abgestorbenen Zellen.

In der gewöhnlichen unverholzten Membran stellen wir uns die einzelnen Micellen, von ihren Wasserhüllen umgeben, noch relativ beweglich gegeneinander vor, daher eine ziemlich grosse Dehnbarkeit und auch Biagsamkeit der Wand.

In der verholzten Membran denke ich mir die Micellen untereinander fest verkittet, wodurch nicht nur ein Verlust der Quellbarkeit, sondern auch eine geringere Dehnbarkeit und geringere Biagsamkeit bedingt wird. Diese geringere Biagsamkeit der einzelnen Membranpartien äussert sich bei Zellecomplexen als Härte und Druckfestigkeit.

Zur Erlangung localer Druckfestigkeit und Härte tritt Verholzung auf in Walnusschalen, Kernen von Steinobst, zerstreuten Steinzellengruppen in Rinden u. s. w.

In den Pappushaaren, welche oft einigermaßen verholzt sind, zeigt sich die geringere Biagsamkeit der einzelnen Membranpartien direct als die in vielen Fällen auffällige Starrheit der einzelnen Haare.

Bei den Wasserleitungs-Elementen kommt dieser Starrheit der Wand meiner Ansicht nach eine sehr grosse Bedeutung zu. In zwei unmittelbar aneinander stossenden, nur durch eine relativ

dünne Wand getrennten Räumen können oft grosse Druckunterschiede auftreten. Wenn auf der einen Seite eine starke Zugspannung herrscht, an der anderen Seite der Wand, wo die Cohäsion unterbrochen wurde, keine, muss die Wand ziemlich starr sein, um nicht durchzubiegen.

Was die Holzreactionen betrifft, so werden diese z. Th. auch auf die inneren Bauverhältnisse zurückzuführen sein, so besonders das Verhalten gegenüber wassereinlagernden Mitteln und einzelnen Farbstoffen.

Dass aber einzelne Farbenreactionen auch wohl bestimmte Atomgruppen anzeigen können und so auch oft Schlüsse auf die chemische Zusammensetzung Gültigkeit haben werden, ist ein leuchtend.

Dass aber im Allgemeinen, wie auch Fischer für Plasmastructuren betont, viele mikrochemische Reactionen nicht durch chemische, sondern durch physikalische Eigenschaften, Dichtigkeitsverhältnisse, Oberflächenanziehung u. s. w. bedingt werden und dass man in dieser Hinsicht sehr vorsichtig sein soll, ist meiner Ansicht nach nicht zweifelhaft.

Dass in dieser vorläufigen Mittheilung nicht die ganze mehr oder weniger einschlagende Litteratur für jede Einzelfrage erwähnt werden konnte, liegt auf der Hand.

Die einleitenden experimentellen Untersuchungen auf diesem Gebiete wurden im botanischen Institut der hiesigen Universität ausgeführt.

Für freundliche Ueberlassung von Material und vielfache Anregung bin ich Herrn Professor Stahl zu grossem Dank verpflichtet.

Jena, 15. August 1897.

---

## Der morphologische Werth des Centralcyinders der Wurzel.

Von  
**Albert Kattein**

aus Gaarden.  
Mit 4 Tafeln.\*)

---

(Fortsetzung.)

*Anthurium dominicense.*

(Luftwurzel.)

Die Endodermis ist nur an den Querwänden schwach verdickt. Ausserhalb derselben befindet sich vor jeder Phloemgruppe eine aus drei bis vier Reihen bestehende Gruppe von kurzen Sklerenchymelementen; sie erscheinen wesentlich als specifisch

---

\*) Die Tafeln liegen einer der nächsten Nummern bei.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: [72](#)

Autor(en)/Author(s): Kamerling Z.

Artikel/Article: [Zur Biologie und Physiologie der Zellmembran.  
\(Schluss.\) 85-91](#)