

welche vermuthlich durch Berühren der auf der Innenseite vorhandenen gegliederten Borsten einen Reiz auslösen, der die Schliessung der übrigens nur halb offen beobachteten Blätter veranlasst; und zwar schlugen sich die mit einzelligen Wimperhaaren besetzten Blattränder unter der Berührung etwas nach innen, wobei sich die Haare wie Reusen kreuzen; dann pressen die flügelartigen Säume der Blatthälften sich fest auf einander, während die halbkreisförmigen Mittelstücke der Blätter convex werden und eine Höhlung einschliessen, welche mit Wasser gefüllt und in der die gefangenen Thiere (mehrere bis 6 Tage) herumkreisen, ohne ihr Gefängniss verlassen zu können, bis sie schliesslich absterben und nur die Chitinskelette zurückbleiben. Fast alle älteren Blätter enthalten solche Hautskelette grösserer bis zum Tode gefangen gehaltener Wasserthiere.

Noch merkwürdiger ist die bis jetzt räthselhaft gebliebene Organisation der Blasen von *Utricularia*, die in zweckmässigster Weise als Fallen für Wasserthiere eingerichtet sind. *Utricularia vulgaris*, längere Zeit in thierfreiem Wasser cultivirt, trug an ihren Blättern nur leere Blasen; wurde dieselbe jedoch in Wasser gesetzt, welches von kleinen Krebsen belebt war, so enthielten nach wenigen Stunden die meisten Blasen ein oder mehrere, oft sehr viele gefangene *Cypris*, *Cyclops*, *Daphnia*, *Naïden*, *Anguillula*, Mückenlarven nebst kleinen Räderthierchen, Infusorien, Rhizopoden und Algen verschiedener Art. Die Blasen von *Utricularia* besitzen eine grosse, mit Wasser gefüllte Centralhöhle, vor welcher eine kleinere, durch das Peristom nach aussen mündende Mundhöhle sich befindet; letztere ist nach unten durch einen dicken hufeisenförmigen Wulst, die Kinnlade, nach oben durch eine vom oberen Rande des Peristoms nach Art eines Vorhanges herabhängende, unten halbkreisförmige Membran, den Gaumen, begrenzt. Letzterer wird durch das unter dem Druck einer Gewebespannung stehende Wasser der Centralhöhle nach Art eines Klappenventils so fest an die Kinnlade angedrückt, dass sich der Gaumen leicht nach hinten und oben, aber nicht nach vorn heben lässt. Dreizellige Kolbenhaare, deren aufgeschwollene Scheitelzellen verschleimen, kleiden die ganze Mundhöhle aus und scheinen den Köder zu bilden, welcher die Wasserthierchen verlockt, in die Mundhöhle einzutreten, das Gaumenventil zu heben und so in die Centralhöhle zu gelangen, aus der sie nun bis zum Tode nicht heraus können.

In Bezug auf die Frage, ob die in den Fallen von *Aldrovanda* und *Utricularia* gefangenen Thierchen wirklich zur Ernährung der Pflanzen assimilirt werden, kann der Vortragende keine entscheidende Thatsache anführen, macht jedoch darauf aufmerksam, dass diese beiden Pflanzen völlig wurzellos sind und daher eine normale Ernährung derselben unmöglich, ein Ersatz der Wurzeln durch die Blattorgane wahrscheinlich ist. Seit Vortragender im August dieses Jahres die hier berichteten Beobachtungen gemacht, ist von Hooker bei der Naturforscher-Versammlung zu Belfast ein Vortrag über fleischfressende Pflanzen gehalten worden, welcher die Einrichtung der Schläuche von *Nepenthes*, *Darlingtonia* und *Saracenia* zum Fangen von Insecten schildert. Vortragender bemerkt, dass auch bei *Cephalotus* R. Brown das Vorkommen zahlreicher ertränkter Ameisen in den Schläuchen erwähnt und dass vielleicht auch die Blatthöhlen von *Azolla*, welche *Nostoc* beherbergen, sowie von *Lathraea* analoge Bestimmung haben möchten.

23. September.

Erste Sitzung: früh 10 Uhr.

Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Focke aus Bremen.

Herr v. Thielau auf Lampersdorf bringt zur Vertheilung:  
Roth, die Moose des Eulengebirges.

Göppert, über die Folgen der äusseren Verletzungen an Bäumen.

Herr Geheimrath Prof. Dr. Göppert übergibt die Darstellung des Vegetationsbildes der japanischen Flora im hiesigen Garten.

1. Herr Dr. med. et phil. Moritz Traube (Breslau) sprach über „Experimente zur physikalischen Erklärung der Bildung der Zellhaut, ihres Wachstums durch Intussusception und des Aufwärtswachsens der Pflanzen.“

Aus meinen Beobachtungen an den von mir entdeckten anorganischen Zellen habe ich in einer bereits 1867 in Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv erschienenen Abhandlung eine neue

Erklärung für die Erscheinung des Aufwärtswachsens der Pflanzen hergeleitet. Herr Prof. Sachs, der im Uebrigen meine Untersuchungen über anorganische Zellen in einer mir sehr erfreulichen Weise anerkennt, hat diese Erklärung angefochten.

Bevor ich auf die Erörterung dieses Gegenstandes eingehe, sei es mir gestattet, Sie mit den wesentlichsten Thatsachen bezüglich der anorganischen Zellen bekannt zu machen, da ich anzunehmen Grund habe, dass meine oben erwähnte Abhandlung, insbesondere aber die darin enthaltenen Experimente nur wenigen von Ihnen bekannt sein dürften, ich überdies in der Zwischenzeit zu einigen verbesserten Versuchsweisen gelangt bin.

Meine Versuche gingen von der Absicht aus, eine physikalische Erklärung der Bildung der Zellhäute und ihres Wachstums aufzufinden. Man hatte diese Erscheinungen bis dahin als räthselhafte, einer physikalischen Erklärung unzugängliche Lebensprocesse angesehen. Hofmeister nahm an (S. dessen Lehre von der Pflanzenzelle 1867 S. 147), dass die Substanz der Zellhaut im Innern des Protoplasmas vorgebildet, in dessen Peripherie abgesetzt werde.

Noch in der neuesten (vierten) Auflage seines Lehrbuches der Botanik (1874 S. 31) meint Sachs, dass das Flächenwachsthum der Zellhaut nur so gedacht werden könne, dass zwischen die schon vorhandenen Partikeln derselben neue Partikeln eingeschoben werden, die jene auseinander drängen, während, wie wir bald sehen werden, die neuen Partikeln erst dann entstehen, wenn die alten durch einen anderen Vorgang bereits auseinander gedrängt worden sind. Eine physikalische Deutung dieser Vorgänge wurde überhaupt nicht versucht.

Ein Angriffspunkt zur Lösung dieser Probleme schien mir in einer Entdeckung Graham's gegeben. Dieser ausgezeichnete Forscher hatte gefunden, dass amorphe (von ihm Colloide genannte) Stoffe, z. B. Eiweiss, Leim, Gerbsäure, unfähig sind, durch colloide Membranen zu diffundiren. Ausserdem lehrte die Erfahrung, dass Niederschläge, die aus amorphen Stoffen hervorgehen, immer wieder amorph sind. Wenn man also zwei Colloide A und B, die einen Niederschlag geben, in wässriger Lösung in der Weise mit einander in Berührung brachte, dass man einen Tropfen von A in eine Lösung von B tauchte, so war zu erwarten, dass sich der Tropfen A sofort mit einer amorphen Haut überziehen würde. Die Gerinnung des Tropfens konnte dann nur an seiner Peripherie erfolgen, da weder A noch B durch die geronnene Schicht hindurchzudringen vermöchten. Auf diese Weise musste dann eine den Tropfen einschliessende, sich zunächst nicht weiter verdickende Haut entstehen.

War ferner der Tropfen A concentrirter als die Lösung von B, so musste gleichzeitig unter Vergrösserung des Tropfens ein endosmotischer Wasserstrom von B nach A gehen. Der Tropfen musste wachsen und mit ihm die ihn einschliessende Haut.

Diese Vermuthung sah ich, allerdings erst nach vielen vergeblichen Versuchen, in überraschender Weise bestätigt. Was ich aber nicht erwarten konnte, war, dass der Niederschlag hier eine früher nie gekannte Form annehmen würde. Man war immer gewohnt, amorphe Niederschläge nur als zusammenhanglose, unscheinbare, trübe Flocken auftreten zu sehen. Hier aber bildeten sie unter bestimmten Bedingungen ganz zusammenhängende, homogene, glasig durchsichtige Membranen von ungemeiner Feinheit, die häufig das prächtigste Irisiren zeigten.

Ich nenne diese aus den verschiedenartigsten chemischen Fällungen hervorgehenden allseitig geschlossenen Bläschen, um an ihre Aehnlichkeit mit den von einer Membran bekleideten organischen Zellen in Bezug auf Form und Wachsthum zu erinnern — anorganische Zellen. Es sind aber nicht künstliche Zellen, wie man sie wohl genannt hat, sondern unter bestimmten Bedingungen auftretende Gebilde, die des Wachsthum's fähig sind und sich, je nach der Beschaffenheit der Niederschläge, unter dem Einfluss ihrer Cohärenz und verschiedener Agentien, z. B. der Schwerkraft und des Lichtes, in verschiedenen Formen entwickeln. Die Bildung mit einer Membran bekleideter, der Endosmose und des Wachsthum's, sowie der Intussusception fähiger Zellen ist eben nicht ein blos der organischen Welt eigenthümlicher, sondern auch bei Wechselwirkung anorganischer Massen auftretender Vorgang.

Die durch Fällung sich bildenden Häute nenne ich Niederschlagmembranen, und die Körper, aus deren Wechselwirkung sie hervorgehen, Membranbildner.

Ich begann die Versuche mit zwei sich fällenden Colloiden. Die Auswahl war hier nicht gross. Ich wählte Leim und Gerbsäure, die in wässriger Lösung bekanntlich zu einem weissen, käsig-flockigen Niederschlag zusammentreten. Aus später ersichtlichen Gründen aber konnte man nur solchen Leim zu den Versuchen gebrauchen, der durch sehr langes (ca. 20stündiges) Kochen seine Gerinnungsfähigkeit verloren hat. Ich nenne diesen aus Gelatine dargestellten Körper, der sich auch bei gewöhnlicher Temperatur im Wasser löst und selbst bei starker Concentration keine Gallert bildet, aber seine Fähigkeit, Gerbsäure zu fällen, beibehalten hat, — B Leim. Um Zellen aus diesem Körper zu erzeugen, tauchte ich früher einen Glasstab in eine concentrirte Lösung desselben und brachte ihn, nachdem der anhängende Tropfen erkaltet, in Gerbsäure. Ich habe aber gefunden, dass dieser Versuch im Sommer meist misslingt, da die Haut von gerbsaurem Leim bei warmer Witterung so dehnbar ist, dass nur schlaife Zellen entstehen. Ausserdem stört es, selbst wenn der Versuch gelingt, das klare Bild der Erscheinung, dass der Glasstab in die sich bildende Zelle hineingestülpt erscheint. Auch wachsen solche Zellen sehr langsam.

Ich nehme jetzt an Stelle des reinen B Leims eine Mischung von 5 Theilen B Leim, 1 Theil gewöhnliche Gelatine, 5 Theilen Rohrzucker, der noch eine Spur von schwefelsaurem Kupferoxyd (auf 3 Gr. der Mischung 8 bis 10 Mgr.) zugefügt wird. Der Zusatz von Gelatine und von Kupfervitriol dient, wie die Erfahrung gelehrt hat, dazu, der Membran von gerbsaurem Leim eine bedeutend grössere Widerstandsfähigkeit und Cohärenz zu verleihen. Durch den Zuckersatz wird das Wachstum der Zelle ungemein beschleunigt.

Aus der zu einem dicken Syrup eingedampften, noch warmen Mischung hebe ich mittelst eines Stäbchens einen kleinen Tropfen heraus, den ich auf das flache Ende eines ziemlich dicken Glasstabes aufsetze. Nachdem der anhaftende Tropfen völlig erkaltet und erstarrt ist, noch besser erst nach einigen Stunden, wird der Glasstab bis in die Mitte eines kleinen Stehcylinders (von ca. 20 Cc. Rauminhalt) eingesenkt, der mit 2- bis 2½procentiger ganz klarer Gerbsäure gefüllt ist. Nach wenigen Minuten bereits hebt sich vom ganzen Umfange des Leimtropfens eine vollkommen klare, glasig durchsichtige Haut von gerbsaurem Leim ab und es bildet sich ein rundes Bläschen, innerhalb dessen sich der Leim, vor der weiteren Einwirkung der Gerbsäure geschützt, zu einer klaren in einem sichtbaren Streifen auf den Boden der Zelle herabsinkenden Flüssigkeit löst, während das Bläschen durch Eintritt immer neuer, der umgebenden Gerbsäurelösung entzogener Wassermengen beträchtlich an Grösse zunimmt.

Man kann auf diese Weise sehr grosse anorganische Zellen darstellen, man kann sich aber durch besondere Versuche überzeugen, dass selbst mikroskopisch kleine Tröpfchen jener B Leim-Mischung durch Gerbsäure nicht vollständig durch ihre Masse hindurch coagulirt werden, sondern nur an ihrer Peripherie zu einer Membran erhärten, die einen flüssigen Inhalt einschliesst. Derartige mikroskopisch kleine Zellen stellt man dar, indem man die Lösung der B Leim-Mischung durch einen Zerstäubungs-Apparat zertheilt, durch den Nebel eine Glasplatte rasch hindurch führt und die darauf niedergeschlagenen feinen Tröpfchen unter dem Mikroskop mit verdünnter Gerbsäure übergiesst. Man sieht dann zahlreiche kleine Zellen mit vollkommen klarer strukturloser Wandung, die das Licht in ähnlicher Weise polarisiren, wie die Pflanzenzellen.

Es sei mir gestattet, an die vorgeführten Versuche einige, auf weitere Experimente begründete Folgerungen anzuknüpfen bezüglich der Membranbildung durch chemische Fällung, der Intussusception, der Endosmose, endlich des Wachsthum und der Formbildung der Zellen.

#### Membranbildung.

Wie die Membranen in der organischen Welt entstehen, war unbekannt. Es kann kaum zweifelhaft sein, dass sie ein Product chemischer Fällung sind und unsere Versuche zeigen eben, unter welchen Bedingungen Niederschläge die Form dünner, amorpher Substanzschichten annehmen. Nachdem die Natur dieses Processes einmal erkannt ist, kann man unzählige Membranen aus den verschiedenartigsten Niederschlägen herstellen.

Die erste Bedingung der Entstehung einer Niederschlagmembran ist, dass die Lösungen nicht zu verdünnt sind, damit sich die Moleküle im Moment ihrer Ausscheidung so nahe sind, dass sie

sich noch im Bereiche ihrer wechselseitigen Beziehung befinden. Ist bei zu grosser Verdünnung ihre Entfernung von einander zu gross, so entstehen unzusammenhängende Flocken.

Versuche haben ergeben, dass sich Membranen nicht bloss zwischen amorphen Stoffen, sondern auch zwischen einem Colloid und einem Krystalloid, ja sogar zwischen zwei ausgesprochen krystallinischen Körpern bilden können. Der Niederschlag selbst aber muss, gleichgiltig ob er aus Colloiden oder Krystalloiden hervorgegangen, um in Membranform ausgeschieden werden zu können, zwei Eigenschaften besitzen, er muss

1. amorph sein, denn krystallinische Niederschläge geben nie zusammenhängende Membranen,
2. müssen die Zwischenräume zwischen seinen Molekülen, die Interstitien, so eng sein, dass die Moleküle der Componenten nicht hindurch diffundiren können. Nur in diesem Falle bleibt die Gerinnung auf die Berührungsgrenze beschränkt, nur dann entsteht eine dünne Substanzschicht.

So entstehen Membranen zwischen Gerbsäure und Bleizucker, zwischen Ferrocyankalium einerseits und Kupferchlorid, oder schwefelsaurem, oder essigsäurem Kupferoxyd oder salpetersaurem Quecksilberoxydul andererseits. Man darf nur eine gesättigte Lösung des letztgenannten Salzes in eine 10procentige Blutlaugensalzlösung im Uhrsälchen einfliessen lassen, um momentan eine sehr schöne zusammenhängende Haut entstehen zu sehen.

Vermögen beide Componenten des Niederschlags oder auch nur der eine durch dessen Interstitien zu diffundiren, so entsteht keine dünne Gerinnungsschicht, sondern, indem der rascher diffundirende Körper durch die entstehende Haut hindurchtritt, verwandelt er die gegenüberstehende Lösung in eine wasserhaltige, mehr oder weniger feste, massige Gallert. So verhalten sich z. B. Eisenchlorid und Ammoniak, oder Eiweiss und Salpetersäure. Hier tritt das Ammoniak in das Eisenchlorid unter Ausscheidung eines Klumpens von Eisenoxydhydrat, oder die Salpetersäure in das Eiweiss, das zu einer dicken Gallert von salpetersaurem Eiweiss coagulirt.

Eine fernere Bedingung für die Bildung homogener, durchsichtiger Membranen ist die flüssige Beschaffenheit, die vollkommene Lösung der Componenten. Gewöhnlicher, gerinnbarer Leim z. B. in Form einer Gallert, deren einzelne Theilchen bereits eine bestimmte Lage zu einander einnehmen, giebt keine klare Membran, sondern eine trübe pelzige Haut. Die wirklichen Membranen verdanken ihre Homogenität offenbar dem Umstand, dass sich ihre Moleküle bei ihrer Abscheidung aus der flüssigen Lösung, in geordneter Weise neben einander legen können.

Die bisher zu Diffusionsversuchen angewandten Membranen sind meist nicht homogen, wie schon die mikroskopische Untersuchung erweist. Dagegen können die Fällungsmembranen keine verschieden grosse Poren, sondern nur Molekular-Interstitien enthalten. In der That, wäre irgendwo in der Membran eine Lücke vorhanden, grösser, als z. B. das Molekül des B Leims oder der Gerbsäure, so müsste sie sich sofort durch Neubildung von Molekülen gerbsauren Leims verstopfen.

Die Niederschlagmembranen sind meist sehr dünn. Doch hängt die Dicke einer und derselben Membran wesentlich ab von der Stärke des endosmotischen Stroms zwischen den beiden Lösungen. Je grösser deren Concentrationsdifferenz, je lebhafter der osmotische Strom, desto dicker wird die gerinnende Schicht. Sie wird am dünnsten zwischen zwei concentrirten oder zwischen zwei verdünnten Lösungen, wie man dies schon an ihrem lebhaften Irisiren oder ihrer geringeren Festigkeit erkennt. Dieser Umstand ist, wie weiterhin ersichtlich, für die Gestaltung der Zellen von erheblicher Bedeutung.

#### Die Intussusception

geht in folgender Weise vor sich: Die Bildung der Niederschlagmembranen beruht, wie wir gesehen haben, darauf, dass die Moleküle ihrer Componenten nicht durch die Interstitien hindurchdringen können, was wohl nur dadurch erklärlich ist, dass diese Moleküle grösser sind, als die Interstitien. Sobald aber der flüssige Inhalt z. B. der Leimzelle durch Endosmose ein grösseres Volum erlangt, so übt er einen zunehmenden Druck auf die umgebende Hülle aus, drängt deren Moleküle auseinander, so dass zuletzt durch die Erweiterung der Interstitien neue Moleküle von Leim und Gerbsäure in Berührung treten und sich zu neuen Membranmolekülen von gerbsaurem Leim verbinden, die sich zwischen die alten einlagern.

Dies ist die einfache und vollständige Erklärung des bisher so räthselhaften Lebensprocesses der Intussusception, den man lange Zeit für ein charakteristisches Merkmal des Wachsthums der Organismen hielt gegenüber dem Wachstum der anorganischen Krystalle, die sich durch Apposition vergrössern.

Dass die Zellhaut wirklich durch Zunahme der Anzahl der Moleküle wächst und nicht wie eine Seifenblase durch blosser Dehnung sich erweitert, geht aus folgendem Versuch hervor. Bringt man die sich entwickelnde Leimzelle aus der Gerbsäure in reines Wasser und raubt ihr dadurch die Gelegenheit, neue Membranmoleküle zu bilden, so hört ihr Wachstum sofort auf und der osmotisch anschwellende Zellinhalt dringt nunmehr durch die erweiterten Interstitien, die nicht mehr durch neue Hautmoleküle verstopft werden können, in das umgebende Wasser hinaus.

Die Versuche mit Niederschlagmembranen machen uns bekannt mit einer eigenthümlichen Art der

#### Osmose.

Die gewöhnlichen osmotischen Versuche bestehen darin, dass man auf die eine Seite der Haut die wässrige Lösung eines Körpers, z. B. eines Salzes, auf die andere Seite Wasser bringt. Es tritt dann etwas Salz zum Wasser und umgekehrt Wasser zur Salzlösung. Man dachte sich beide Strömungen abhängig von einander, nahm an, dass für eine bestimmte Menge austretenden Salzes eine bestimmte Menge Wasser eintreten müsste und bezeichnete dieses Verhältniss mit dem Ausdruck „endosmotisches Aequivalent“.

Die Versuche mit Fällungsmembranen geben zahlreiche Belege dafür, dass es eine Osmose giebt, die auf keinem Austausch beruht, sondern auf dem blossen Durchgang des Wassers durch die Membran hindurch zu demjenigen Körper, der die grössere Anziehung zum Wasser besitzt. Wir haben gesehen, dass, wenn man B Leim in verdünnte Gerbsäure bringt, der erstere der letzteren durch die entstandene Haut hindurch Wasser entzieht, ohne dass Leim auf die entgegengesetzte Seite übertritt. Diese bei verschiedenen Körpern sehr verschiedene Beziehung zu ihrem Lösungsmittel nenne ich ihre endosmotische Kraft.

Eine auffallend geringe endosmotische Kraft besitzen die gallertartigen Körper. Gewöhnlicher Leim quillt in verdünnter Gerbsäure nur sehr wenig auf und seine Beziehung zum Wasser nimmt in dem Masse zu, als seine gallertige Cohäsion durch Zusatz von Säuren oder durch Wärme vermindert wird. Eine stärkere, aber immerhin noch geringe endosmotische Kraft besitzen die nicht gelatinirenden amorphen Körper, selbst wenn sie, wie z. B. Gerbsäure oder Gummi oder B Leim fast in jedem Verhältniss in Wasser löslich sind. Viel grösser ist sie bei den krystallinischen Körpern und im Allgemeinen um so grösser, je leichter löslich sie sind.

Schichtet man z. B. in einem kurzen Reagensröhrchen auf eine 30procentige Gerbsäurelösung vorsichtig eine Lösung von Bleizucker von nicht mehr, als 6,6 Procentgehalt, so bildet sich an der Berührungsgrenze sofort eine feine Haut von gerbsaurem Blei, die beide Lösungen trennt. Durch diese Haut hindurch entzieht die verdünnte Lösung des krystallinischen Salzes der viel concentrirteren amorphen Gerbsäurelösung fast alles Wasser, so dass die letztere zu einem dicken Syrup zusammenschrumpft.

Eine auffallend grosse endosmotische Kraft besitzen die zerfliesslichen Salze, z. B. Eisenchlorid, Chlorcalcium, Kupferchlorid, wie für Letzteres durch einen späterhin mitzutheilenden Versuch ersichtlich ist.

Das Einsaugen von Wasser von Seiten des Zellinhalts beruht nicht allein auf der endosmotischen Kraft des Stoffes, der das Material für die Zellhaut liefert (dieser braucht nur in geringer Menge in den Zellen vorhanden zu sein), sondern es resultirt aus den endosmotischen Kräften aller löslichen Bestandtheile des Zellinhalts.

Um Diffusionsversuche mit Fällungsmembranen anzustellen, bediene ich mich folgenden Verfahrens. Ueber die eine Mündung eines offenen Glasröhrchens wird ein Stück dickwandigen, an seinem Ende durch eine Klemme geschlossenen Kautschukschlauchs geschoben und hierdurch das Glasröhrchen zu einer kleinen Pipette umgestaltet. Durch Zusammendrücken und nachheriges Los-

lassen des Kautschukröhrchens kann man einige Tropfen der Versuchsflüssigkeit in die offene Mündung des Glasröhrchens eintreten lassen. Senkt man das Röhrchen, das einige Tropfen z. B. einer 2,4procentigen Ferrocyankaliumlösung enthält, in eine 2,8procentige Lösung von essigsauerm Kupferoxyd, so bildet sich an der Mündung des Röhrchens an der Berührungsgrenze beider Salzlösungen eine Membran von Ferrocyankupfer, die sich auch nach mehreren Stunden nicht wesentlich verdickt, demnach für beide Salze nicht permeabel ist. Hat man aber der Ferrocyankaliumlösung vorher 1 Procent Chlorkalium zugefügt, so dringt dieses Salz fast augenblicklich hindurch, während andere Salze, wie schwefelsaures Kali, Chlorbarium, Chlorcalcium nicht durchpassiren können. Ich muss in Bezug auf die weiteren hierher gehörigen Thatsachen, deren Mittheilung mich zu weit führen würde, auf meine frühere Arbeit verweisen.

Nur einen Punkt möchte ich noch hervorheben: Das Graham'sche Gesetz, dass alle krystallinischen Körper durch amorphe Membranen diffundiren können, wird durch eine ganze Reihe meiner Versuche widerlegt. Wäre dieses Gesetz richtig, so dürfte zwischen zwei sich fällenden Krystalloiden niemals eine Membran, sondern immer nur eine dicke Gallert entstehen, da sie durch die anfänglich entstehende Haut auch weiterhin diffundiren müssten. Wir haben aber gesehen, dass zwischen ganz hervorragend krystallinischen Stoffen, zwischen Ferrocyankalium einerseits und essigsauerm, schwefelsauerm Kupferoxyd, oder salpetersauerm Quecksilberoxydul andererseits Membranen entstehen, die sich auch nach mehreren Stunden nicht erheblich verdicken, also allen diesen Krystalloiden den Durchgang verwehren. Es war mir in der That überraschend, das Grahamsche Gesetz, das den Ausgangspunkt für meine Untersuchung abgab, durch deren weiteren Verlauf widerlegt zu sehen.

Wir beschäftigen uns jetzt mit der

#### Ermittlung der Ursachen, die das Wachsen der Zellen in bestimmten Formen bedingen.

Durch seine endosmotische Anschwellung übt der Zellinhalt auf die umgebende Hülle einen Druck aus, der sie in um so grössere Spannung versetzt, je grösseren Widerstand die Berührung ihrer Moleküle dem sie auseinander zerrenden Druck entgegenstellt. Durch diese Spannung werden ihre Moleküle in bestimmter Lage zu einander festgehalten und darauf beruht überhaupt die bestimmte feste Form der Zelle. Ist ihre Membran nicht gespannt, so gleicht sie einem schlaffen Bläschen, das in jeder Lage eine andere Gestalt zeigt.

Nach der gewöhnlichen Annahme der Physiologen beruht die verschiedene Gestalt, die die Zellen im Verlauf des Wachstums annehmen, darauf, dass vorzugsweis diejenigen Theile derselben wachsen, die besser ernährt werden, als die übrigen. Diese Anschauung dürfte sich nicht als zutreffend erweisen. Die Wachstumsform der Zelle hängt vielmehr ab von dem Widerstand, den die einzelnen Theile der Zellhaut dem Druck von innen her entgegensetzen.

Man kann hiernach folgende Sätze hinstellen:

1. Ist die Zellhaut überall von gleicher Zusammensetzung und Dicke und in ihrer räumlichen Entwicklung unbehindert, so muss sie durch den Druck von innen her nothwendig die Gestalt einer Hohlkugel, wie eine Seifenblase, annehmen. Dies ist in der That eine öfter vorkommende Gestalt der Zelle und ich habe Ihnen Leimzellen der Art vorgeführt.

2. Ist aber die Zellwandung nicht überall gleich dick und gleich dehnbar, so wird diejenige Stelle durch den Druck von innen her am meisten gedehnt werden und durch Intussusception wachsen, die am schwächsten genährt, d. h. die dünnste ist. Hiernach rühren die Gestaltveränderungen der Zelle, ihre Abweichung von der ursprünglichen Kugelgestalt davon her, dass die loci minoris resistentiae mehr wachsen, als die übrigen Theile.

Aus dieser Folgerung heraus lässt sich einfach erklären, weshalb alle stark gespannten anorganischen Zellen zu einer gewissen Zeit ihrer Entwicklung die Eigenthümlichkeit zeigen, senkrecht in die Höhe zu wachsen.

Bringt man ein Stückchen Kupferchlorid in eine 4 bis 6procentige Lösung von Ferrocyankalium, so bekleidet es sich, am Boden des Gefässes liegend, sofort mit einer Haut von Ferrocyan-

kupfer, innerhalb deren es sich zu einer grünen Flüssigkeit löst. Sehr bald aber beginnt die Zelle ausschliesslich in ihrem Gipfel zu wachsen, wodurch sie aus der anfänglich runden Form in eine langgestreckte übergeht, deren Längsachse senkrecht steht. Bringt man die Zelle durch Neigen des Gefässes in eine schiefe oder horizontale Lage, so wächst die Spitze der Zelle sofort in veränderter Richtung, aber immer wieder senkrecht nach oben.

Das Wachstum der Zelle geht bei der grossen endosmotischen Kraft des Kupferchlorids sehr rasch vor sich, aber nicht continuirlich, sondern wie bei sehr vielen metallhaltigen spröden Membranen ruckweise, da erst dann, wenn der Druck von innen her eine gewisse Höhe erreicht hat, neue Membrantheile in Form feiner hohler Spitzen hervorgestossen werden. Man ist durch das Erscheinen dieser Spitzen in den Stand gesetzt, unmittelbar wahrzunehmen, dass das Wachstum nur im Gipfel der Zelle geschieht.

Warum wächst hier die Zelle im Gipfel? Offenbar bloss deshalb, weil die Membran, wie schon die oberflächliche Besichtigung lehrt, hier dünner ist, als an allen übrigen Stellen. Und weshalb ist sie gerade hier am dünnsten? Die Erklärung ist einfach:

Die Volumenvermehrung des Zellinhaltes geschieht in der Weise, dass seine an die Haut angrenzenden Theilchen durch diese hindurch Wasser aus der verdünnten Blutlaugensalzlösung einsaugen, und da sie sich mit der übrigen specifisch schwereren Flüssigkeit nicht sofort vermischen, so steigen sie in die Höhe und sammeln sich im oberen Zellraum an, so dass hier die Differenz in der Concentration der inneren und äusseren Lösung sehr bald erheblich vermindert wird und eine verdünnte innere einer verdünnten äusseren Lösung gegenüber steht, während der Zellinhalt im unteren Raum concentrirter bleibt. Es ist aber, wie sich aus einer grossen Reihe anderweitiger Beobachtungen ergibt, ein ausnahmsloses Gesetz, dass eine Fällungsmembran um so dünner wird, je weniger die Concentration beider Lösungen differirt. Im Gipfel der Zelle ist demnach die Membran dünner, als im unteren Zellraum. Es ist somit der den Gipfel der Zelle überdachende Membrantheil, der dem Druck von innen her den geringsten Widerstand entgegenstellt und die Folge davon ist, dass die Zelle senkrecht nach oben ausgebuchtet wird und ausschliesslich nach dieser Richtung hin wächst.

Die Verlängerung der Anfangs runden Zelle zu einem Schlauch und ihr senkrechtcs Wachstum rühren somit von einer und derselben Ursache her, von der Einwirkung der Schwerkraft, denn diese ist es, die die Flüssigkeitstheilchen, welche durch Verdünnung specifisch leichter geworden sind, in die Höhe treibt und veranlasst, dass dort eine dünnere Membran erzeugt wird, als in den tiefer gelegenen Theilen.

Ich habe diese Eigenthümlichkeit der anorganischen Zellen benützt, um eine ähnliche Wachstumserscheinung bei den Pflanzen zu erklären. In der That findet man, dass die Pflanzenstengel nur an den Theilen die Fähigkeit besitzen, nach aufwärts zu wachsen, wo ihre Zellen im Begriff sind, sich zu verlängern. Sehr deutlich sieht man dies bei jungen Bohnenpflanzen, die im Dunkeln wachsen.

Zu einer Zeit, wo die Pflanze im Dunkeln eine Höhe von 50—60 mm. erreicht hat und die Terminalknospe noch von den Keimblättern eingeschlossen ist, hat der hypocotyle Theil ihres Stengels die Form eines ungleichschenkligen mit der Concavität nach unten gerichteten Hufeisens. Der längere Schenkel erhebt sich von der Wurzel ab senkrecht aufwärts bis zu der Krümmung, die in den abwärts gerichteten kürzeren Schenkel übergeht, an dessen unterem Ende die Keimblätter sitzen. Der längere, bereits senkrecht aufwärts gewachsene Schenkel besteht aus langen Zellen. In der Basis (in dem der Wurzel angrenzenden Theil) sind sie am längsten (6 bis 7mal so lang als breit) in dem oberen Theil sind sie im Längenwachstum noch nicht so weit vorgeschritten und um so weniger langgestreckt, je näher sie der Krümmung des Hufeisens liegen. In dem kurzen, nach abwärts gerichteten Schenkel findet man fast alle Zellen noch unverlängert.

Man ersieht daraus, dass nicht alle wachsenden Theile des Stengels sich nach aufwärts richten, sondern nur derjenige in einer gewissen Entfernung von der Terminalknospe befindliche Theil, der in der Verlängerung begriffene Zellen enthält, und je nachdem deren Längenwachstum auf die Terminalknospe zu weiter vorschreitet, streckt sich immer mehr von dem bisher nach abwärts

gerichteten Theil des Stengels in die Höhe. Es fällt auch hier das Längenwachsthum der Zellen mit ihrem Wachsthum nach aufwärts zusammen, ebenso wie bei den anorganischen Zellen.

Legt man eine solche hufeisenförmige bleiche Bohnenpflanze horizontal, so findet die nach einiger Zeit eintretende Biegung nach aufwärts nur im längeren Schenkel statt, der bereits in der Verlängerung begriffene Zellen enthält.

Aehnlich, wie bei den Bohnen, ist bei den meisten Pflanzen, besonders deutlich, wenn sie im Dunkeln wachsen, der der Terminalknospe angrenzende Theil des Stengels, dessen Zellen noch nicht im Längenwachsthum begriffen sind, nicht senkrecht aufwärts gewachsen, sondern mehr oder weniger seitlich oder nach unten gekrümmt.

Die Ursache des Aufwärtswachsens ist nun auch bei den Pflanzen erwiesenermassen die Schwerkraft und so ist denn bei dem auffallenden Parallelismus der dahin gehörigen Erscheinungen wohl die Annahme gestattet, dass bei den Pflanzen, wie bei den unorganischen Zellen dieselbe Ursache, die das senkrechte Wachsthum nach oben bedingt, auch das Auswachsen der Zellen zu langen Schläuchen verursacht. Diese Annahme ist um so mehr berechtigt, als sie selbst bei einzelligen Pflanzen Bestätigung findet. Auch bei diesen fällt das Aufwärtswachsen mit der Verlängerung der Zelle zusammen.

Dass übrigens das senkrechte Wachsthum nach oben unter normalen Verhältnissen, ebenso die Aufwärtskrümmung horizontal gelegter Pflanzenstengel nur an den Theilen des Stengels stattfindet, dessen Zellen in der Verlängerung begriffen sind, habe ich bereits 1864 gefunden und am Schlusse meiner zu Anfang erwähnten, bereits 1867 erschienenen Abhandlung in bestimmter Weise ausgesprochen.

Herr Sachs hat gegen diese, bisher allerdings noch nicht so ausführlich gegebene Erklärung Einwendungen erhoben, hauptsächlich aus dem Grunde, weil die Ferrocyanokupferzelle nicht durch Intussusception, sondern gleichsam durch Zerreissung der Membran und sofortige Gerinnung der entstehenden Wunde wächst. Es ist dies eigentlich nur eine andere Form der Zwischenlagerung, da auch hier die Theile der Membran auseinandergedrängt und die entstehenden, hier allerdings grösseren Lücken sofort durch Neubildung verstopft werden. Aber zugegeben, es sei keine Intussusception — warum reisst denn die Ferrocyanokupferzelle immer nur im Gipfel? Doch wohl nur deshalb, weil hier die dünnste Stelle der Membran ist. Das aber ist ja gerade das wesentliche Moment, das hier in Betracht kommt.

Um übrigens den von so gewichtiger Seite erhobenen Einwand thatsächlich zu widerlegen, habe ich versucht, anorganische Zellen, die durch vollkommen normale Intussusception wachsen, nämlich Zellen von gerbsaurem Leim, in dieser Hinsicht zu prüfen. Es ist mir gelungen, diesen zarten Membranen durch Zusatz einer erheblichen Menge von Kupfervitriol (4 Th. auf 100 Th. reinen B Leims) eine solche Festigkeit zu geben, dass sie auf dem Boden des Gefässes aufliegend (nicht, wie bei den gewöhnlichen Versuchen, am Glasstab hängend) ihre eigene Last zu tragen vermögen.

Der Versuch wird, wie Sie hier sehen, in folgender Weise angestellt: Die untere Oeffnung einer kurzen weiten, senkrecht befestigten Glasröhre wird durch einen durchbohrten Kautschukpfropf geschlossen, in dessen Bohrung ein dicker Glasstab steckt, dessen plattes, mit einem aufsitzenden Leimtropfen der erwähnten Mischung versehenes Ende nur wenig in die Röhre hineinragt. Die Röhre wird mit 3,6 bis 4,5procentiger Gerbsäure gefüllt. Während eine am Glasstabe hängende Leimzelle dieser Mischung so lange in runder Form wächst, als der in ihrem Gipfel befindliche Leimkern während seiner Lösung dafür sorgt, dass die oberen Schichten des Zellinhalts nicht verdünnter werden, als die unteren, und sich nach oben gerichtete Ausbuchtungen erst dann zeigen, nachdem der Leimkern völlig gelöst ist, — wächst eine aufsitzende B Leimzelle sehr bald nur in ihrem Gipfel und bildet sich unter langsamer Entwicklung in 5 bis 10 Stunden zu einem senkrecht nach oben sich verlängernden glattwandigen Schlauch aus. Der einzige Umstand, ob der Leimkern im Gipfel der Zelle oder in ihrem Grunde sich befindet, entscheidet hier darüber, ob sich die Zelle zu einer Kugel oder zu einem langen Schlauch ausbildet.



Herr Sachs erklärt das Aufwärtswachsen der Ferrocyanokupferzelle in einer anderen Weise, als es von mir geschehen ist. Er meint, die specifisch leichtere Lösung von Kupferchlorid, die sich im Gipfel der Zelle ansammle, wirke aufwärts gerade auf die Haut, bis diese an der Spitze zerreisst. Die Membran der Zelle ist aber so fest, dass eine solche directe Einwirkung des specifischen Gewichts wohl nicht angenommen werden kann. Ueberdies muss nach hydrostatischen Gesetzen ein Druck von innen her auf alle Theile der geschlossenen Membran gleich stark wirken, gleichgiltig, ob er durch leichtere oder schwerere Flüssigkeitsschichten fortgepflanzt wird, und es ist nicht einzusehen, weshalb eine specifisch leichtere Flüssigkeit die Membran an einer bestimmten Stelle durchbrechen soll, wenn diese überall gleich widerstandsfähig und der Druck überall der nämliche ist.

So glaube ich denn, auf Grund von Experimenten eine einfache physikalische Erklärung für folgende Lebensprocesse theils direct gegeben, theils ermöglicht zu haben:

- 1) die Entstehung der Zellhäute durch chemische Fällung,
- 2) das Wachstum der Zellhäute durch Intussusception,
- 3) das senkrechte Aufwärtswachsen gewisser Pflanzenzellen unter dem Einfluss der Schwerkraft,
- 4) die aus der nämlichen Ursache herrührende Verlängerung gewisser Pflanzenzellen aus der gleichaxigen Form zu langen Schläuchen.

Die Beobachtungen an den unorganischen Zellen würden, wie ich Grund zu vermuthen habe, noch andere Wachstumserscheinungen der organischen Welt erklären, wenn man festere Fällungs-membrane erzeugen könnte, als die bisher dargestellten, die durch ihre Zartheit und Vergänglichkeit und dadurch, dass sie den Versuchsgefässen meist sehr fest anhaften, den Versuchen mancherlei Schwierigkeiten entgegenstellen. Es kann wohl kaum einem Zweifel unterliegen, dass die in der organischen Natur vorkommenden Membranen und Gewebe ebenfalls durch chemische Fällung entstanden sind, insofern sie sich aus einem ursprünglich flüssigen Medium, dem Nahrungssaft, abgeschieden haben. Und doch, welche Cohärenz besitzen diese Niederschläge im Vergleich zu denen, die man bis jetzt in den Laboratorien darstellen konnte. Die Seile, mittelst welcher Bramante den gewaltigen Obelisk in Rom hob und an eine andere Stelle brachte, waren zuletzt nichts Anderes, als chemische Niederschläge in Form von Bastzellen. Vielleicht gelingt es einer, den Fingerzeigen der organischen Natur folgenden Forschung, Niederschläge von ähnlicher Cohärenz auch in den Laboratorien herzustellen.

2. Herr Professor Dr. Ciesielsky aus Lemberg ergreift zur Discussion das Wort und knüpft daran seinen Vortrag: Ueber die Einwirkung der Schwerkraft im positiven und negativen Sinne auf die Pflanzentheile.

Der Redner hebt unter Anführung verschiedener diesbezüglicher Versuche hervor, dass dieselben trotz der entgegengesetzten Ansicht Sachs' seine bereits früher gegebene Erklärung der Abwärtskrümmung der Wurzel zu bekräftigen scheinen, insbesondere da dieselben Versuche, bei positiv und negativ geotropischen Pflanzentheilen angestellt, gleichsinnige Resultate liefern und daselbst die entgegengesetzten Krümmungen als aus einem und demselben Principe der ungleichen Saftvertheilung resultirend gedeutet werden können. — Die Annahme einer Vertheilung der Säfte im Pflanzengewebe nach ihrem Concentrationsgehalte glaubt Redner aus einem angeführten Versuche mit 3 künstlichen übereinandergestellten Zellen bejahend beantworten zu dürfen.

Was den Versuch anlangt, bei welchem eine horizontal auf Wasser gelegte Maiswurzel auf diesem in öfterer Wiederholung gewissermassen kriechend sich auf- und abwärts krümmt, welche Erscheinung Sachs bestätigt, doch als durch einseitige Imbibition der angeblich verwelkten Wurzel bedingt zu erklären sucht, so glaubt Redner diese Thatsache vollkommen als eine Bestätigung seiner Theorie in Anspruch nehmen zu dürfen. Solche Krümmungen können keinesfalls durch Imbibition hervorgerufen werden, indem sie in regelmässigen, dem Wachstum entsprechenden Zwischenräumen erfolgen, was durch Messungen und Beobachtungen stets constatirt werden konnte. Durch einseitige, aber reichliche Benetzung einer verwelkten Wurzel gelingt es nie, eine bleibende Krümmung zu bewirken; eine solche Wurzel auf Wasser gelegt, hebt sich fast augenblicklich in die Höhe, aber