

BOTANISCHE ZEITUNG.

Redaction: A. de Bary. — G. Kraus.

Inhalt. Orig.: Dr. M. Traube, Zur Geschichte der mechanischen Theorie des Wachstums der organischen Zellen. — Dr. L. Čelakovský, Ueber Chloranthien der Reseda lutea L. — Personalmachricht. — Anzeige.

Zur Geschichte der mechanischen Theorie des Wachstums der organischen Zellen.

Von

Moritz Traube,

Dr. phil. et med.

In seinen Untersuchungen über die mechanischen Ursachen der Zellstreckung (Leipzig 1877) schreibt Herr de Vries Herrn Julius Sachs die Entdeckung der Grundgesetze der Wachstumsmechanik zu. »Als oberstes Princip«, so schreibt Herr de Vries (S. 3), »stellt Sachs die Wechselwirkung zwischen Turgor und Intussusception auf. Die Ausdehnung der Zellwände durch diesen Turgor beschleunigt die Einlagerung neuer fester Theilchen zwischen den bereits vorhandenen Molekülen der Zellhaut; diese Einlagerung ermöglicht ihrerseits eine weitere Turgorausdehnung.« Auf S. 25 bei Erörterung der Theorie des Turgors heisst es davon nochmals: »Es ist Sachs' Verdienst, hier zuerst das Richtige gefunden und dadurch die Grundlage für die ganze mechanische Theorie des Wachstums gelegt zu haben.«

Herr de Vries befindet sich im Irrthum, wie nachstehende historische Notizen ergeben:

Noch 1865 (Handbuch der Physiologie S. 338 und 339) nimmt Herr Sachs an, dass die Moleküle der Zellhaut im Innern des Protoplasmas gebildet und durch irgend eine nicht näher erörterte Lebensthätigkeit sofort nach ihrer Bildung nach auswärts abgeschieden werden.

Ebenda S. 437 bekämpft sogar Herr Sachs in Uebereinstimmung mit Herrn Nägeli die Annahme, dass das Flächenwachstum der Zellhaut durch passive Dehnung erfolge, die sie durch den an Volum zunehmenden Inhalt erfährt, und schreibt mit Letz-

terem »das Wachstum der Zellhaut den in ihr selbstthätigen Molekularkräften« zu, stellt somit damals noch einen wesentlichen Einfluss des durch endosmotische Anschwellung des Zelleninhaltes ausgeübten Druckes auf das Flächenwachstum der umgebenden Membran in Abrede.

Kaum zwei Jahre darauf, Anfangs 1867, erschien meine Abhandlung »Experimente zur Theorie der Zellbildung und Endosmose*«, in der ich zuerst die Entstehung von Membranen durch chemische Fällung kennen lehrte und den bis dahin völlig räthselhaften Vorgang des Wachstums der Zellhaut durch Intussusception, sowie des Wachstums der organischen Zellen überhaupt einfach physikalisch-chemisch erklärte.

In dem »Endosmose und Wachstum« überschriebenen Abschnitt der Abhandlung (S. 116) gab ich auf Grund zahlreicher Versuche folgende Theorie des Wachstums:

»Das Wachstum der Zelle beruht in letzter Instanz auf zwei zusammenwirkenden Ursachen, 1) auf einer Vergrösserung des Zelleninhalts durch endosmotische Einführung von Wasser aus der äusseren Lösung durch die Membran hindurch, 2) auf der diesem Process nachfolgenden Flächenausbreitung der Membran durch Intussusception.«

Das Wachstum der Membran durch Intussusception erklärte ich S. 110 folgendermassen:

»Sobald durch den Druck des sich endosmotisch vergrössernden Zelleninhalts die Moleküle der Membran so weit von einander entfernt werden, dass ihre Interstitien die Moleküle der Membranbildner durchlassen, so müssen diese offenbar sofort von Neuem in Wechselwirkung treten und eine Neubil-

*) Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv S. 87.

dung von Membranmolekülen veranlassen, die sich zwischen die bereits vorhandenen einlagern.«

Speziell auf die hohe Bedeutung des Drucks des endosmotisch anschwellenden Zellinhalts auf die umgebende Membran habe ich wiederholt und nachdrücklich aufmerksam gemacht, da mich selbst der zufällige Verlauf meiner Untersuchungen zwingend darauf hinführte. In einem früheren Stadium meiner Versuche sah ich nämlich bei Einführung von β Leim in Gerbsäure allerdings, den a priori angestellten Erwägungen entsprechend, mit einer Membran umhüllte Tropfen entstehen, die aber nicht das Ansehen prall gespannter Bläschen, sondern schlaffer, glatt auf dem Boden des Versuchesgefäßes aufliegender, mit einem schlotternden Inhalt gefüllter Säckchen darboten. Es konnte dies, wie mir sofort klar wurde, nur von der geringen Festigkeit der Membran herrühren, die dem Druck von innen her keinen genügenden Widerstand entgegenzusetzen vermochte und schon durch das Gewicht der Zelle selbst Dehnung erfuhr. Meine weiteren Versuche waren sonach allem dahin gerichtet, festere Membranen durch chemische Fällung zu erzeugen, — eine offenbar ziemlich schwierige Aufgabe, wenn man sich den lockeren Zusammenhang vergegenwärtigt, welchen die gewöhnlichen Niederschläge aus wässrigen Lösungen besitzen. In der That ermittelte ich erst nach zahlreichen misslungenen Versuchen, unverdrossen dem vorgesteckten Ziel zustrebend, die Bedingungen für die Bildung festerer Membranen, und nun erst gelang es mir, »gespannte« Zellen herzustellen, deren Membran keine Falten zeigt und vollständig von ihrem Inhalt in der Weise ausgefüllt wird, dass sie durch ihn in allen ihren Theilen gespannt wird (S. 99).

»Diese Thatsache — so folgerte ich S. 103 — ist um so lehrreicher, als sie beweist, dass die organischen Zellen nicht bloß mit Membran umkleidete Tropfen sind, sondern auch noch die charakteristische Eigenthümlichkeit besitzen, dass ihre Wandung Druck und Spannung von innen her durch den Inhalt erleidet. Ohne diese Spannung besäße die organische Zelle keine bestimmte Form und würde, einem schlotternden Sacke ähnlich, bei jeder veränderten Lage eine andere Gestalt zeigen.«

Erst im nächsten Jahre (1868 in der ersten

Auflage seines Lehrbuchs der Botanik S. 510) erscheint Herrn Sachs der Druck des Zellsaftes auf die umgebende Wandung von Bedeutung und indem er ihm den passenden Namen »Turgor« beilegt, schreibt er ihm zunächst nur einen Einfluss zu auf die Gewebespannung und die Steifheit der Pflanzentheile, die aus turgescirenden Zellen zusammengesetzt sind. Eine Beziehung des Turgors zum Wachsthum der Zellhaut nimmt er weder in dieser, noch in der folgenden Ausgabe seines Lehrbuchs (1870) an.

Dies geschieht erst in der dritten Auflage (1873), also sechs Jahre nach Veröffentlichung meiner eben erwähnten Arbeit. Hier erst wird die Beziehung des Turgors der Zelle zu ihrem Wachsthum hervorgehoben und dahin definirt, dass »die durch Imbibition und den Turgor hervorgerufenen Spannungen der Molekularkräfte es sind, welche die Einschiebung neuer fester Partikel ermöglichen.«

Was diese Aenderung der Ansichten des Herrn Sachs herbeigeführt*), warum er seine frühere Hypothese plötzlich fallen gelassen hat, das wird nicht, auch nur andeutungsweise, mitgetheilt, ebensowenig irgend welche Experimente, auf die er seinerseits die mechanische Theorie stützen konnte.

In der 4. Auflage endlich (S. 852) lautet die nunmehr noch präzisere Fassung der Theorie: »Eine wesentliche Bedingung des Wachstums der Zelle ist der hydrostatische Druck, den der durch Endosmose sich mehrende Zellsaft auf die dehnbare Haut ausübt; indem die so gedehnte Haut neue Substanz zwischen ihre Moleküle einlagert, wächst sie.«

Aus dieser objectiven historischen Darlegung geht hervor, dass Herr Sachs

1) weder die physiologische Bedeutung der endosmotischen Anschwellung des Zellinhalts (des Turgors) zuerst erkannt oder experimentell nachgewiesen, noch auch

2) die Intussusception physikalisch erklärt, noch endlich

3) das Ineinandergreifen beider Prozesse als die Ursache des Zellenwachstums zuerst erkannt hat.

In der Klarlegung aller dieser Erscheinungen und ihrer Beziehung zu einander bin ich Vorgänger des Herrn Sachs gewesen, wie ich denn wohl den Anspruch erheben darf, die organischen Membranen, insbesondere die Zellhaut, zuerst als

*) Sachs, III. Auflage, Einleitung S. V.

chemische Niederschlagsbildungen erkannt und, wenn man unter Wachsthum der Zelle ganz präcis nur ihre räumliche Vergrößerung, ihre Volumsvermehrung durch diosmotisch eindringendes Wasser unter gleichzeitiger Flächenausbreitung ihrer Membran versteht, diesen Vorgang vollständig auf physikalisch-chemische Ursachen zurückgeführt zu haben. Aber nicht bloß das Wachsthum der Zelle, auch die Entstehung der Formen, die sie durch und während des Wachstums annimmt, habe ich experimentell erläutert. Man hätte von vornherein vermuthen sollen, dass einzelne Zellen bei allseitig gleichem Druck von aussen her, wie Seifenblasen, allemal zu sphärischer Gestalt auswachsen müssten. Ich habe gezeigt, dass diese Voraussetzung irrig ist, dass selbst unter diesen Bedingungen die Zellen während ihres Wachstums durch in ihnen selbst wirkende Momente die mannichfachsten Formen annehmen können. Es ist dadurch wohl die Aussicht eröffnet, auch die Ursachen des unendlichen Formenreichtums der organischen Natur in den Bereich physikalischer Forschung gezogen zu sehen.

Es ist mir der Vorwurf gemacht worden^{*)}, »ich hätte die Beobachtungen an den von mir entdeckten anorganischen Zellen ohne Weiteres auf wirkliche Pflanzentheile übertragen.« Diesem Vorwurf liegt die Voraussetzung zu Grunde, dass ich die anorganischen Zellen zufällig entdeckt und dann erst physiologische Folgerungen daraus gezogen hätte. Das Gegentheil war der Fall.

In meiner 1859 erschienenen, von den Physiologen bis heute fast unbeachtet gebliebenen Abhandlung »über die Respiration der Pflanzen«^{**)} war ich zu dem Ergebniss gelangt, die wesentlichste Function der Respiration, die Aufnahme atmosphärischen Sauerstoffs, sei nicht die Wärmeerzeugung, sondern die unter Bildung von Kohlensäure und Wasser vor sich gehende Fällung eines Niederschlags, die Umwandlung eines im Nahrungssaft enthaltenen löslichen Kohlehydrats in ein unlösliches Oxydationsproduct, in Cellulose. Der Ursache nachsinnend, weshalb die

^{*)} Sachs, Botanik, III. Auflage. 1873. S. 581.

^{**)} Monatsberichte der Berliner Akademie der Wiss. 1859. S. 83.

Ausscheidung des durch die Respiration erzeugten Cellulose-Niederschlags zunächst immer in Form geschlossener, des Wachstums fähiger Membranen erfolge, gelangte ich endlich zu obiger Theorie der Bildung der Zellhaut und ihres Wachstums.

War diese Theorie richtig, so musste es möglich sein, die Bildung geschlossener, des Wachstums fähiger Membranen auch durch chemische Aufeinanderwirkung lebloser Stoffe hervorzurufen.

Die Frucht der dahin gerichteten mehrjährigen experimentellen Bemühungen war die Auffindung der anorganischen Zellen, die dann allerdings nach verschiedenen Richtungen noch weit mehr Analogien mit den Pflanzenzellen darboten, als ich ursprünglich auch nur entfernt erwarten durfte. Ich glaube nicht, dass die physikalische Natur eines Lebensprocesses schärfer erwiesen werden kann, als dadurch, dass man ihn, abgelöst von jedem organischen Substrat und getrennt von allen anderen Lebenserscheinungen, auch an todtten Stoffen zum Ablauf zu bringen vermag.

Breslau, März 1878.

Ueber Chloranthien der *Reseda lutea* L.

Von

Dr. L. Čelakovský.

Hierzu Tafel VIII.

Im verflossenen Sommer fand ich auf einer in das böhmische Elbthäl unternommenen Excursion in dem fetten humosen Schwarzboden eines Grabens an der Turnauer Eisenbahn bei Všetat ein sehr buschig verzweigtes Exemplar der *Reseda lutea* mit vergrüneten und mannigfachen durchwachsenen Blüten. Diese Abnormitäten scheinen mir besonderes Interesse zu besitzen und auch schon deshalb der Schilderung und Abbildung werth zu sein, weil nach Schleiden und Wigand die Vergrünungen der *Reseda alba* die Umbildung der Placenten in Zweige und der Eichen in Knospen oder Sprosse ganz evident beweisen sollten, und weil derartige Abnormitäten seither nicht wieder wissenschaftlich untersucht worden sind. Cramer hat sich zwar in seiner bahnbrechenden Schrift über Bildungsabweichungen bemüht, Wigand's Deutungen per analogiam zu widerlegen; mit dem besten Argument, mit einer directen Untersuchung der Vergrünungen der *Reseda* konnte er ihnen aber nicht entgegenreten.

BOTANISCHE ZEITUNG.

Redaction: A. de Bary. — G. Kraus.

Inhalt. Orig.: M. Traube, Zur mechanischen Theorie des Zellwachsthumms und zur Geschichte dieser Lehre. — Gesellschaften: Botanischer Verein der Provinz Brandenburg (Forts.). — Neue Litteratur. — Anzeigen.

Zur mechanischen Theorie des Zellwachsthumms und zur Geschichte dieser Lehre.

Von
Moritz Traube,
Dr. phil. et med.

Auf meine an die Adresse des Herrn de Vries gerichtete Reclamation betreffs der Priorität der mechanischen Theorie des Zellwachsthumms (Bot. Ztg. 1878 S. 242) hat Herr Sachs selbst das Wort ergriffen (Bot. Ztg. 1878 S. 308). Meine Antwort erfolgt ziemlich spät theils in Folge meiner mangelhaften Gesundheit, theils deshalb, weil es mir bei dem hohen Ansehen, das Herr Sachs genießt, und bei der Gefahr, die dem Erfolg meiner Arbeiten aus solcher Gegnerschaft erwächst, geboten schien, die Bemerkungen des Herrn Sachs in eingehendster Weise zu beleuchten und die Streitfrage vollständig zu erledigen.

Man fürchte nicht, dass ich hier nur eine unfruchtbare Polemik fortspinne. Mein Augenmerk war besonders auch dahin gerichtet, dass meine mechanische Theorie des Wachsthumms endlich voll anerkannt werde. Es ist üblich, wird sogar für nothwendig gehalten, jeder grösseren wissenschaftlichen Abhandlung einen geschichtlichen Rückblick über den behandelten Gegenstand vorangehen zu lassen. In der That wird dadurch erst genauer ersichtlich, welche Lücken die neue Leistung ausfüllt. Ich hatte einen solchen Rückblick meiner Abhandlung nicht beigegeben*) und

*) Ich lebte zur Zeit, wo ich meine Versuche anstellte, in einer kleinen Provinzialstadt (Ratibor), wo eingehende Literatur-Studien zu machen, allzu schwierig gewesen wäre.

wenn ich das Versäumte nachhole, möge man einen grossen Theil des hier Gebotenen als Nachtrag zu meiner Abhandlung ansehen. Ein anderer nicht unwesentlicher Theil dient der weiteren Begründung der Theorie*) selbst, bezw. der Abwehr der gegen sie erhobenen Einwürfe.

Herr Sachs hat sich in seiner Entgegnung nicht auf die Prioritätsfrage beschränkt, sondern vieles Andere, nicht direct dahin gehörige beigelegt. Das von ihm Gesagte lässt sich in folgende Rubriken einordnen:

*) Ich gebe nachstehend ein Verzeichniss meiner hierher gehörigen Abhandlungen:

1) »Ueber die Respiration der Pflanzen«. 1859. (Monatsberichte der Berliner Akademie der Wiss. S. 83.)

2) »Experimente zur Theorie der Zellenbildung« (vorläufige Mittheilung). 1864. Centralblatt für die medic. Wiss. Nr. 39. (Hier war die mechanische Theorie bereits ihrem wesentlichen Inhalte nach mitgetheilt.)

3) »Ueber homogene Membranen und deren Einfluss auf die Endosmose« (vorläufige Mittheilung). 1866. Centralblatt f. d. med. Wiss. Nr. 7 u. 8.

4) »Experimente zur Theorie der Zellenbildung und Endosmose«. 1867. Reichert's und Du Bois-Reymond's Archiv S. 87.

5) »Experimente zur physikalischen Erklärung der Bildung der Zellhaut, ihres Wachsthumms durch Intussusception und des Aufwärtswachsens der Pflanzen«. 1874. Tageblatt der Naturforscher-Versammlung zu Breslau, und abgedruckt Bot. Ztg. 1875. S. 56.

Bei Bezugnahme auf diese Arbeiten werde ich der Kürze wegen nur Jahres- und Seitenzahl angeben.

Da diese Abhandlungen meist in von Botanikern wenig gelesenen Zeitschriften veröffentlicht und wohl deshalb wenig bekannt worden sind, beabsichtige ich, sie demnächst gesammelt als Separatabdruck erscheinen zu lassen.

- 1) persönliche Angriffe gegen mich,
- 2) Angriffe auf die von mir aufgestellte Theorie des Wachstums, so weit er sie noch nicht adoptirt hat,
- 3) Bemerkungen betreffs der Prioritätsfrage,
- 4) sonstige historische und kritische Bemerkungen.

I.

Was die persönlichen Angriffe betrifft, so halte ich es für unnöthig, lange dabei zu verweilen, da sie zur Klärung weder des wissenschaftlichen, noch historischen Thatbestandes irgend etwas beitragen. Ob ich Botaniker von Fach bin oder nicht, thut nichts zur Sache, so lange mir nicht eine directe Unkenntniss hierher gehöriger Thatsachen nachgewiesen ist. Und wenn Herr Sachs sich für befugt hält, die Thür zur Pflanzenphysiologie ohne Weiteres vor mir zuzuschlagen, so ist ein solches Benehmen nicht am Platze einem Manne gegenüber, der in redlicher und mühevoller Arbeit und wohl auch mit einigem Erfolg bestrebt war, jener Wissenschaft zu nützen, wie ja das Herr Sachs seiner Zeit selbst anerkannt hat (Lehrbuch 1873. S. 583).

II.

Was die Angriffe auf meine Theorie betrifft, so sind sie zunächst gegen meine Behauptung gerichtet, die Zellhaut sei eine Niederschlagsmembran. Zwar dass sie ein Niederschlagsproduct sei, gibt Herr S. zu, um so bereitwilliger, als angeblich — ich komme darauf noch später zurück — bereits Nägeli diesen Gedanken ausgesprochen haben soll. Und da er andererseits sicher nicht in Abrede stellen kann, dass sie eine Membran ist, so wäre in diesen beiden Concessionen zusammen offenbar schon die dritte gegeben, dass die Zellhaut, insofern sie ein Niederschlag und eine Membran, eben auch eine Niederschlagsmembran ist. Dennoch sträubt er sich gegen diese logische Consequenz und zwar deshalb, weil, während meine anorganischen Zellen turgesciren, die pflanzliche Zellhaut dies nach de Vries' Versuchen nicht vermag, wenn ihre Innenseite nicht mit resistentem Plasma bekleidet ist. Gegen diesen Einwand ist Folgendes zu erwidern:

Zunächst vergisst Herr S., was er bei früherer Gelegenheit (Lehrbuch 1873 S. 695) selbst gesagt hat. Dort heisst es: »Da der Turgor nichts Anderes ist, als die gegenseitige Spannung von Zellinhalt und Zellhaut, oder das Gleichgewicht zwischen endosmotischer Saugung und Elasticität der Haut, so leuchtet

ohne Weiteres ein, dass nur geschlossene Zellen, d. h. solche, die keine Löcher haben, turgesciren können.« Hier hält er selbst, entgegen seiner heutigen Ansicht, die Zellhaut an sich für fähig, den Turgor zu vermitteln. Ich lege indessen auf solche Inconsequenz kein Gewicht und bin gern bereit, nicht blos mich, sondern auch ihn gegen sich selbst zu vertheidigen.

Selbst wenn der Filtrationswiderstand der Zellhaut vom protoplasmatischen Wandbelag beeinflusst würde, so gäbe das keinen Einwand gegen meine Theorie ab, denn es ist durchaus im Sinne derselben, dass sich nach Ablösung des Protoplasmas die Permeabilität der Zellhaut erheblich vermehrt.

Wie ich ausdrücklich hervorgehoben habe, besitzt jede Niederschlagsmembran nur so lange, als sie mit beiden Membranbildnern in unmittelbare Berührung steht, einen bestimmten Grad von Permeabilität (1867. S. 120 und 147), der sich sofort erheblich verändert und vermehrt, wenn auch nur der eine Membranbildner entfernt wird. Und da, worauf ich ebenfalls ausdrücklich hingewiesen habe, das Protoplasma selbst oder einer seiner Bestandtheile als der innere Membranbildner der Zellhaut anzusprechen ist (1867. S. 88), so muss sich nach dessen Ablösung der osmotische Widerstand der Zellhaut in der That erheblich verringern. Sonach stände die Beobachtung Nägeli's, dass Farbstoffe durch die nackte Cellulosehaut hindurchdringen, die das, so lange das Plasma anliegt, nicht vermögen, in völliger Uebereinstimmung mit der von mir gegebenen Theorie.

Entschieden zurückzuweisen aber ist der von de Vries aus seinen Beobachtungen gezogene Schluss, dass nach erfolgter Plasmolyse die Zellhaut überhaupt jeden Filtrationswiderstand einbüsse, sich also dann ungefähr wie Löschpapier verhalte. Denn selbst Körper, die, wie gebrannter Thon, sichtbare Poren enthalten, können, wenn die Poren nicht allzu gross sind, noch einen beträchtlichen Filtrationswiderstand ausüben und Erscheinungen der Diösmose vermitteln. Bringt man einen zur Hälfte mit Salzlösung gefüllten Thoncylinder in reines Wasser, so wird die Salzlösung nicht einfach durch die Poren des Behälters ausfliessen, sondern an Volum zunehmen, auch wenn dadurch der hydrostatische Druck der inneren Flüssigkeit über den der äusseren steigt, und wenn der Thon dehnbar wäre und eine geschlossene Blase

bildete, so würde er bis zu einem gewissen Grade turgesciren. Um wie viel mehr die Zellhaut, die auch nach Ablösung des Plasmas keine sichtbaren Poren zeigt. Demnach sind entweder die Beobachtungen von de Vries mangelhaft, oder die daraus gezogenen Schlüsse, oder Beides.

In der That sind zum Mindesten die Schlüsse von de Vries irrig, wie ich sofort erweisen werde. Dieser Forscher fand, dass wachsende Zellen in Salzlösungen von bestimmter Concentration zunächst an Volumen abnehmen und zwar so lange, bis die Ablösung des Plasmas von der Zellwand beginnt. Dann hört, wie er versichert, die weitere Schrumpfung der Zellen auf*). Aber während bei weiterer Einwirkung der Salzlösung der äussere Umfang der Zelle nunmehr unverändert bleibt, zieht sich das Protoplasma innerhalb der Zelle allseitig immer enger zusammen und es bildet sich eine an Dicke zunehmende kugelschalige Schicht wässriger Flüssigkeit zwischen dem sich zusammenziehenden Plasma und der Zellhaut. Diese Schicht soll nach de Vries von aussen durch die Zellhaut eingedrungene Salzlösung und damit der Mangel jedes Filtrationswiderstandes von Seiten der Zellhaut nach erfolgter Plasmolyse erwiesen sein.

Aber wenn in der That jede Volumenveränderung der Zelle mit beginnender Plasmolyse aufhört, so beweist diese Thatsache im Gegentheil, dass von diesem Zeitpunkte ab Flüssigkeit weder aus der Zelle noch in diese hineindringt, sonst könnte ja ihr Volumen nicht constant bleiben. Würde, wie de Vries meint, die äussere Salzlösung zwischen Zellhaut und Protoplasma eindringen, so müsste das Volum der Zelle in demselben Maasse zunehmen. Da dies nun nicht der Fall, so können es höchstens nur feste Moleküle des Salzes in geringer Menge sein, die aus der äusseren Lösung durch die Zellhaut in die Zelle hinein gelangen und nur innerhalb der Zelle dem Plasma sowohl, als dem von ihm eingeschlossenen Zellsafte Wasser entziehen. Durch die Cellulosehaut selbst findet demnach nur höchstens eine Diösmose von Salztheilchen statt, ein Vorgang, der mit directer Filtration einer Flüssigkeit nicht die geringste Aehnlichkeit besitzt und

*) Indess scheint dies nach anderen von de Vries angestellten Betrachtungen (Untersuchungen über die mech. Urs. der Zellstreckung 1877. S. 72) nicht immer der Fall zu sein.

nichts für einen gänzlichen Mangel an Filtrationswiderstand von Seiten der Zellhaut beweist.

Zum Ueberfluss wird die Hypothese von der Löschpapiernatur der Cellulosehaut durch anderweite längst bekannte, unzweideutige Versuche und Beobachtungen direct widerlegt. Versuchen von Schacht mit Membran von *Caulerpa* zufolge*) besitzt dieselbe einen beträchtlichen Filtrationswiderstand. In mit solcher Membran geschlossenen, Zuckerlösung enthaltenden Glasröhren stieg die Flüssigkeitssäule in 48 Stunden um 47 Mm. über das äussere Niveau. Schweinsblase zeigte keinen stärkeren Filtrationswiderstand.

Ferner wird nach einer sehr anschaulich beschriebenen Beobachtung von Nägeli die Schwärmspore von *Stigeoclonium insigne* (pflanzenphys. Unt. 1855. S. 37), die ja nichts Anderes ist, als das allseitig zusammengezogene Protoplasma der Mutterzelle, aus dieser heraus gepresst. Wie Nägeli ausdrücklich hervorhebt, geschieht die Ausstossung der Schwärmspore, wenigstens anfänglich, durch den höheren Druck, unter dem der Inhalt der Mutterzelle steht, deren Wandung mithin auch ohne Plasmabelag einen beträchtlichen Turgor besitzt.

Es geht überdies der Geburt der Schwärmspore nach demselben Beobachter eine Zusammenziehung des Protoplasmas voraus, die mit dem Austritt des von ihm eingeschlossenen Zellsaftes durch das Protoplasma hindurch in den Raum zwischen diesem und der Zellhaut einhergeht — ein Beweis, dass gerade das Protoplasma unter Umständen einen hohen Grad von Permeabilität besitzt.

Besässe ferner das Protoplasma eine solche Undurchdringlichkeit auch gegen diösmirende Stoffe, wie sie ihm die Herren de Vries und Sachs beimessen, so wäre die Wanderung der in den Blättern gebildeten Nahrungsstoffe von Zelle zu Zelle und durch diese hindurch in alle wachsenden Gewebe bis zu den Wurzeln hin durchaus unerklärbar.

Bei Alledem ist der hier widerlegte Einwand der einzige sachliche, den Herr S. vorgebracht hat.

Ein anderer Einwand ist rein subjectiver Natur und entspringt der entschiedenen Abneigung des Herrn S. gegen die von mir gewählte Bezeichnung »anorganische Zellen«,

*) Lehrbuch 1856. Th. I. S. 361.

die ihn zu dem Vorwurf veranlasst, ich hielte die anorganischen Zellen für ein vollständiges Analogon der Pflanzenzellen, und ihm Veranlassung gibt, mir einen eindringlichen Vortrag über die Bedeutung des Protoplasmas für das Leben der Pflanzen zu halten.

Ich bin mir jedoch bewusst, keines von Beiden verschuldet zu haben, weder den Vortrag, noch den Vorwurf, ersteren nicht, weil ich ausdrücklich gleich im Anfang meiner Abhandlung die hohe Bedeutung des Protoplasmas im Allgemeinen sowohl, als insbesondere für die Bildung der Zellhaut hervorgehoben habe (1864. S. 1 u. 1867. S. 88), letzteren nicht, weil ich, um Missdeutungen im Voraus zu begegnen, ebendasselbst (1867 S. 87) ausdrücklich erklärt habe:

»Selbstverständlich kann nicht die Rede davon sein, dass die so gebildeten Zellen auch alle übrigen Eigenschaften organischer Zellen besitzen.

»Die Bildung geschlossener, des Wachstums in verschiedenen Formen fähiger Bläschen ist nur einer der vielen Prozesse, die zusammenwirkend das vorstellen, was wir Leben nennen. Die Fähigkeit organischer Zellen, von aussen aufgenommene Stoffe in eine ihrem Inhalt gleichartige Substanz umzuwandeln, sich zu neuen Zellen zu zertheilen oder in ihrem Inneren neue zu erzeugen u. s. w. — jede dieser Erscheinungen muss den Gegenstand neuer physikalischer Untersuchungen bilden.«

Indess war vielleicht in der That die Bezeichnung »Zelle« für die von mir entdeckten Gebilde nicht ganz passend gewählt. Denn wenn auch Pflanzenzellen selbst dann noch diesen Namen führen, wenn sie, an dem Ende ihrer Entwicklung angelangt, oft keine Spur von Plasma mehr enthalten, so ist dasselbe doch immerhin ein so wichtiger Bestandtheil, dass man selbst nackte Protoplasmakörper noch als Zelle zu bezeichnen, übereingekommen ist. Ich werde deshalb, um allen Missdeutungen auszuweichen, und da ich allem Streit um Worte gern aus dem Wege gehe, fortan die mit einem der Hauptsache nach flüssigen Inhalt gefüllten, des Wachstums durch endosmotische Wasseraufnahme fähigen geschlossenen Membranen fortan als »Zellbläschen« (utriculi) bezeichnen, mögen sie nun innerhalb oder ausserhalb der Organismen (in der leblosen Natur) entstanden sein.

(Fortsetzung folgt.)

Gesellschaften.

Botanischer Verein der Provinz Brandenburg.

Sitzung vom 23. Februar 1877.

(Fortsetzung.)

Ueberdies haben alle *Ammannia*-Arten ohne Ausnahme axilläre Dichasien, also fruchtbare Blütenvorblätter, während die *Rotala*-Arten sterile Vorblätter und somit einzeln in den Blattachsen stehende Blüten besitzen; einzig und allein *Rotala serpiculoides* Welw. macht mit seinen kleinen Dichasien eine Ausnahme. Auch die Blüten von *Rotala* zeigen ein durchaus eigenartiges Gepräge, dadurch, dass der Kelch fast immer sehr zart, corollinisch ist, einzige Ausnahme *R. ramosior* [L.] Koehne) und in der Mehrzahl der Fälle nur Commissuralnerven besitzt, während er bei *Ammannia* viel derber, krautig und neben den Commissuralnerven stets auch mit solchen Nerven versehen ist, die in die Kelchzipfel auslaufen. Endlich haften bei sehr vielen petaliferen *Rotala*-Arten die Blumenblätter so fest, dass sie selbst nach dem Ausfallen der Samen noch an dem persistirenden Kelch sitzen, was bei *Ammannia* nie vorkommt. Der einigermaßen geübte Blick unterscheidet *Rotala* schon dem Habitus nach, sowie auch an der Farbe mit der grössten Leichtigkeit von *Ammannia*, da die Rotalen stets lebhaft grün, im trockenen Zustand gelblich, die Ammannien hingegen fast immer grau- oder blaugrün erscheinen.

Zu *Rotala* rechnet Votr. auch die sonderbare, abyssinische *Rhyacophila repens* Hochst. = *Quartinia turfosa* Rich., eine Art, die bei Hiern (l. c. p. 470) noch als Repräsentant einer eigenen Gattung stehen geblieben ist*). Sie weicht in Blüthe und Frucht nicht im geringsten, nur habituell von *Rotala* ab; die fast fadenförmigen, langen Blätter stehen nämlich in ungeheurer Anzahl dicht gedrängt in schwer erkennbarer Ordnung, jedenfalls aber nicht quirlig, am Stengel. Der Uebergang zu den Bracteen ist ein durchaus plötzlicher; dieselben sind übrigens den Blütenstielen bis zur Blüthe angewachsen und stehen an diesen in gleicher Höhe mit den Vorblättern; die Trauben werden deshalb in den Beschreibungen mehrfach irrthümlich als nudi oder aphylli bezeichnet. Die nächst verwandte *Rotala* ist die indische *R. floribunda* Koehne (= *Ameletia fl. Wight*), welche ebenfalls spiralig und sehr schmale, aber wenig zahlreiche Blätter, eine scharf abgesetzte Traube, den Blütenstielen angewachsene Tragblätter, auch krautige Vorblätter von ganz ähnlicher Form wie *Rhyacophila* besitzt. Bei beiden sind die Kelchzipfel stumpf, während die übrigen Rotalen spitze Kelchzipfel zeigen.

Eine echte, in Blüthe und Frucht mit anderen Arten — das Nectarium, welches Hooker fil. besonders

*) Auch bei Baillon a. a. O., S. 440 und 457, wo *Rhyacophila* durch *Hydrolythrum* Hook. fil. auf zwei Species angewachsen ist.

BOTANISCHE ZEITUNG.

Redaction: A. de Bary. — G. Kraus.

Inhalt. Orig.: M. Traube, Zur mechanischen Theorie des Zellwachstums und zur Geschichte dieser Lehre. — Litt.: O. Kuntze, Cinchona. — Dr. S. Schwendener, Mechanische Theorie der Blattstellungen. — Neue Litteratur. — Berichtigung.

Zur mechanischen Theorie des Zellwachstums und zur Geschichte dieser Lehre.

Von
Moritz Traube,
Dr. phil. et med.
(Fortsetzung.)

Dagegen muss ich entschieden das Verlangen zurückweisen, die in der anorganischen Natur entstehenden Zellbläschen »künstliche« nennen zu sollen. Ich selbst hatte sie früher (1867) so genannt, aber diesen Ausdruck später als unzutreffend verworfen, um (1874. S. 2) zu der Bezeichnung »anorganisch« überzugehen.

Was ist denn bei den anorganischen Zellbläschen künstlich? Alle Manipulationen zu ihrer Erzeugung beschränken sich darauf, ein Körnchen des einen Membranbildners, z. B. von β Leim, gleichviel von welcher Form, in eine Lösung von verdünnter Gerbsäure zu bringen. Es entsteht dann von selbst eine der Diosmose zugängliche Membran, die vorher nicht da war, diese Membran füllt sich selbstthätig mit einem Inhalt, der in seiner chemischen Beschaffenheit ebenfalls nicht vorhanden war, und endlich zeigt das so entstandene, mit Flüssigkeit gefüllte Bläschen die Erscheinungen des Wachstums und nimmt eine Form an, die ganz unabhängig von der ursprünglichen Gestalt des Leimkörnchens, je nach den gegebenen Bedingungen, entweder kuglig oder länglich gestreckt ist und bei Anwesenheit verschiedener, auch scheinbar indifferenten Stoffe, den mannigfachsten Variationen unterliegt (1867. S. 108, 116). Bei der Herstellung anorganischer Zellbläschen ist also nicht, wie bei Herstellung künstlicher Apparate, der Experimentator thätig, sondern nur lebendige Kräfte, die von den

auf einander wirkenden Stoffen selbst ausgehen und erzeugt werden: 1) durch die Affinität der beiden Membranbildner zu einander, 2) durch die überwiegende Affinität des inneren Membranbildners zum Wasser. Der Hergang aller dieser Prozesse und die überaus mannigfache Form der daraus resultirenden Gebilde — man darf behaupten, dass fast jede Verschiedenheit in der chemischen Beschaffenheit der Niederschlagshäute eine Verschiedenheit in der Formentfaltung der anorganischen Zellbläschen bedingt*) — ist ebenso natürlich und ebenso tief in der chemischen und physikalischen Natur der hierbei ins Spiel tretenden Stoffe begründet, wie die Bildung von Krystallen einerseits und wie die Bildung der organischen Zellbläschen andererseits.

Ich habe also wohl Recht, die in Rede stehenden Gebilde als anorganische Zellbläschen zu bezeichnen. Ich will damit ausdrücklich hervorheben, dass die Entstehung solcher geschlossenen Bläschen allemal auf dem nämlichen mechanischen Vorgang beruht, sei es, dass er in der organischen Welt, sei es, dass er ausserhalb derselben vor sich geht, dass aber andererseits die anorganischen Zellbläschen von den organischen sich insofern wesentlich unterscheiden, als ihnen alle übrigen Lebenseigenschaften mangeln. Sie haben mit den letzteren nichts anderes gemein, als die Eigenschaft zu wachsen und ihre Membranen zu vergrössern unter Gestaltung zu den mannigfachsten Formen.

Endlich wirft mir Herr S. vor, das Flächenwachstum der anorganischen Zellbläschen

*) Belege dafür geben auch die Versuche von Reinke und Ferd. Cohn (Bot. Ztg. 1875. S. 425 und 1876. S. 697 und 714).

habe deshalb keine Aehnlichkeit mit dem der Pflanzenzellen, weil — die letzteren nicht bloß in die Fläche, sondern auch in die Dicke wachsen und dabei Tüpfel, Spiralbänder u. s. w. bilden und Schichtung und Streifungen zeigen. Als ob die von mir gegebene physikalische Erklärung des Flächenwachstums deshalb falsch sein müsse, weil ich bis jetzt nicht auch die verschiedenen Formen des radialen Wachstums erklärt habe. Bei solchen aus unklarer Auffassung hervorgehenden Ansprüchen könnte man überhaupt keinen physiologischen Process für enträthseln halten, wenn nicht gleich das ganze Leben in toto mechanisch erklärt wäre. Ueber die reelle, durch schrittweise Fortentwicklung charakterisirte Naturforschung wäre dann überhaupt der Stab gebrochen. Unzählige Thatsachen beweisen, dass die Flächenausbreitung der Haut eine von ihrer Verdickung sich wesentlich unterscheidende Form des Wachstums ist, ja dass beide Formen sich bis zu einem gewissen Grade gegenseitig ausschliessen*). Wäre es anders, so bliebe es unverständlich, warum die Häute aller Pflanzenzellen im Anfang ihres Wachstums fast nur Flächenausbreitung und erst später Verdickung zeigen, und warum die Membran der Hefezellen z. B. sich fast gar nicht verdickt, während dieser Process bei den Holzzellen bis zum Verschwinden des Lumens sich fortsetzt. Eine Theorie, die den einen Vorgang erklärt, kann also durchaus richtig sein, ohne die Verantwortung auch für die Deutung des anderen übernehmen zu müssen.

Uebrigens sind gerade meine Untersuchungen über die physikalisch-chemische Membranbildung geeignet, Handhaben auch zur Erklärung der Verdickungen zu bieten. Denn jedenfalls sind auch diese als Niederschlagsbildungen anzusprechen, und, wie Pfeffer richtig**) bemerkt, ist die Undurchdringlichkeit der Niederschlagsmembranen gegen ihre Componenten nicht als absolut aufzufassen, da, wie ich selbst schon gezeigt, diese Membranen unter gewissen Bedingungen (bei grosser Differenz der endosmotischen Kräfte der Lösungen beider Membranbildner) eine beträchtlichere Dicke erreichen können. Wie mir neuere Beobachtungen wahrscheinlich machen, gibt es noch andere Umstände, die eine Verdickung der Niederschlagshäute her-

*) Hofmeister, Die Lehre von der Pflanzenzelle. S. 160.

**) Osmotische Untersuchungen. 1877. S. 31.

beizuführen vermögen, doch lag es mir bis jetzt fern, diesen Gegenstand weiter zu verfolgen. Einstweilen glaube ich, durch die endlich erzielte physikalische Erklärung des Flächenwachstums nicht einen Fehler begangen zu haben, der Tadel verdient.

So wären denn alle von Herrn S. gegen den von ihm nicht adoptirten Theil meiner Theorie der Wachstumsmechanik erhobenen Einwände vollständig widerlegt und, da vorzusetzen ist, dass er sicher all' das Material vorgebracht hat, das ihm zu meiner Widerlegung irgend zu Gebote stand, so darf ich wohl annehmen, dass gegen meine Theorie sich überhaupt Stichhaltiges nicht einwenden lässt.

III.

Ich hatte erwartet, Herr S. würde meinen Prioritätsanspruch betreffs der Wachstumsmechanik der Zellen unumwunden anerkennen, da derselbe auf objective Zusammenstellung der betreffenden Documente in unwiderleglicher Weise gestützt wurde. Meine Erwartung ist getäuscht worden und ich bin zu meinem Bedauern zu einer Fortsetzung der Erörterung gezwungen. Herr S. sucht meine Beweisführung durch die Behauptung über den Haufen zu werfen, die von mir gegebene Theorie beziehe sich nicht auf das Wachstum der organischen, sondern nur der anorganischen Zellen.

Wie Herr S. zu einer solchen, mit dem Thatbestand nicht vereinbaren Behauptung kommt, ist unverständlich. Zunächst tritt er in Widerspruch mit sich selbst; denn bei früherer Gelegenheit*) hatte er mir im Gegen-

*) Siehe das Referat über »Traube's künstliche Zellen« (Lehrbuch 1873. S. 581). Herr S. meint, er habe dieses Referat an hervorragender Stelle mitgetheilt. Ob aber an der richtigen?

In dieser (3.) Auflage des Lehrbuchs befindet sich bekanntlich der ganz neue Abschnitt der »Mechanik des Wachsens«, worin Herr S. seine neuen, von seinen früheren abweichenden Ansichten über Zellwachstum vorträgt. Nun enthält meine Abhandlung der Reihe nach Kapitel mit folgenden Ueberschriften: »Ursache der Spannungserscheinungen in den Zellen«, »Membranbildung«, »Intussusception«, »Formbildung der Zellen«, »Endosmose und Wachstum«, und man hätte glauben sollen, es wäre das Natürlichste gewesen, das Referat über eine Abhandlung, die solch Gegenstände behandelt, jenem Abschnitt einzuverleiben. Herr S. war anderer Ansicht. In jenem Abschnitt wird meine Arbeit nur einmal ganz beiläufig erwähnt (S. 718), als ob sie mit der Mechanik des Wachsens in keinem Zusammenhang stände. Das Referat aber findet sich

theil vorgehalten, es sei nicht immer möglich, die Eigenschaften der künstlichen Zellen ohne Weiteres auf wirkliche Pflanzentheile zu übertragen und hatte nur sich selbst das Recht beigelegt (ebenda S. 583), meine »Untersuchungen mehrfach, wenn auch mit vorsichtiger Auswahl, zu benutzen«, — ein Vorbehalt, von dem er allerdings in ausgiebigem Maasse Gebrauch gemacht hat.

Sodann ergibt sich aus zahlreichen Stellen in meinen Abhandlungen, dass die von mir gegebene mechanische Theorie ausdrücklich für die organischen Zellen gelte. Nur hielt ich es gleichzeitig für nothwendig, die zur Erklärung der betreffenden Lebensacte von mir gemachten physikalischen Voraussetzungen auch Schritt für Schritt durch physikalische Experimente als richtig zu erweisen, und wich allerdings hierin von der Gepflogenheit des Herrn S. ab, der, wie ich weiterhin an Beispielen zeigen werde, mechanische Hypothesen aufbaut, ohne ihnen eine solche sichere Grundlage zu geben.

Schon die Ueberschrift der ersten Mittheilung (1864) »Experimente zur Theorie der Zellenbildung« und die ähnliche der Abhandlung von 1867 lassen über den physiologischen Zweck meiner Experimente nicht den mindesten Zweifel und indem ich noch auf die Einleitung zu meiner ersten Mittheilung von 1864 und auf S. 87—88. 103. 110. 115. 116. 118. 120. 146. 154—157. 157—160. 165 meiner Abhandlung von 1867 verweise, begnüge ich mich, wörtlich nur folgende Stelle aus den Vorbemerkungen (1867 S. 88) anzuführen:

»Meine Untersuchungen nahmen ihren Ausgangspunkt von der physiologisch festgestellten Thatsache, dass das Protoplasma, der schleimige Inhalt, der wesentlichste Bestandtheil der Zelle ist, aus dem alle übrigen Bestandtheile hervorgehen, die Membran insbesondere durch Erhärtung ihrer äussersten Schicht. Das auf diese

bereits etwa 100 Seiten vorher untergebracht in einem nebensächlichen Kapitel, das von — der Zerstörung der Molecular-Constitution organischer Gebilde handelt. Man kann sich einem solchen Verfahren gegenüber kaum der Vermuthung erwehren, dass ich aus der Geschichte der Zellwachstumslehre gänzlich herausgedrängt werden sollte.

Weise entstehende, geschlossene Bläschen hat die Eigenschaft, zu wachsen, indem sich der Inhalt durch Endosmose vergrößert, gleichzeitig aber auch die Membran in demselben Maasse an Umfang zunimmt. Die Erhärtung des Protoplasmas (die Membranbildung) beschränkt sich demnach nur auf die äusserste peripherische Schicht in der Weise, dass sich bei dem Wachsthum der Zelle die neu erhärtenden zwischen die bereits erhärteten Moleküle der vorhandenen Membran einlagern. Es ist durch die genialen Untersuchungen Nägeli's über allen Zweifel erhoben, dass das Wachsthum der Membran in der angegebenen Weise durch Intussusception erfolgt und dieser eigenthümliche, der Bildung von Krystallen durch Apposition der Moleküle gleichsam entgegengesetzte Vorgang war vor Allem physikalisch zu erklären.«

Die Behauptung des Herrn S., meine Wachsthumstheorie beziehe sich nicht auf organische Zellen, ist demnach einfach aus der Luft gegriffen.

Und selbst wenn ich so unendlich naiv gewesen wäre, mehrere Jahre hindurch physikalisch-chemische Experimente zu machen nur zu dem Zwecke, eine Wachsthumstheorie für die anorganischen Zellen zu liefern, und mich aller, selbst der nächstliegenden physiologischen Folgerungen zu enthalten, würde Herr S. das Recht erlangt haben, diese Theorie durch einfache Uebertragung auf organische Verhältnisse als die seine zu bezeichnen, wie er das thatsächlich gethan hat (Lehrbuch 1874. S. 852)? Mit demselben Rechte könnte sich Jemand, der eine Melodie aus C- in Ddur umsetzt, für den Autor derselben erklären. Und wenn ein Physiologe A eine neue Function des Nervus vagus am Kaninchen entdeckt und Physiologe B äussert mehrere Jahre nachher, ohne selbst irgend eine neue Beobachtung hinzuzufügen, den Gedanken, der besagte Nerv könne sich beim Menschen in gleicher Weise verhalten, so wäre nach Herrn S.'s Ansicht nicht A, sondern B der eigentliche Entdecker. Bei solchen Anschauungen gäbe es überhaupt kein geistiges Eigenthum mehr.

Von welcher Seite man auch den besprochenen Einwand betrachten mag, — Herr S. hätte ihn in seinem eigenen Interesse unterlassen sollen.

Ich hatte an der Hand unwiderleglicher Citate nachgewiesen, dass Herr S. den Einfluss des Turgors auf die Flächenausbreitung der Membran nicht nur weit später ausgesprochen, sondern sogar vor Erscheinen meiner Abhandlung von 1867 in Uebereinstimmung mit Nägeli entschieden bekämpft hat*). Diesen Nachweis suchte Herr S. zu entkräften. Er habe sich, sagt er, in seinem Referat über die Nägeli'sche Theorie ebenso objectiv verhalten, wie später (1873. S. 581) meiner Theorie gegenüber**); doch habe er schon damals das Bedürfniss empfunden, für die Erklärung gewisser Wachsthumsvorgänge, abweichend von Nägeli (dabei soll dessen Theorie »bis jetzt unerschüttert dastehen«!), die Turgescenz oder (da der Name damals noch nicht verwendet wurde) den **hydrostatischen Druck** zu verwenden.« Zur Unterstützung für diese Behauptung führt er zwei Stellen aus seinem Handbuch (1865. S. 102 und 510) an.

Alle diese Interpretationen sind hinfällig. Zunächst ist die »Empfindung eines Bedürfnisses« eine so private Angelegenheit, dass die Wissenschaft wohl kaum die Verpflichtung hat, davon Act zu nehmen. Denn so schätzenswerth jeder Beitrag zur Entwicklungsgeschichte bedeutender Männer der Wissenschaft ist, — bei Prioritätsfragen kann es sich nur darum handeln, festzustellen, wer zuerst mit der betreffenden Leistung hervorgetreten ist.

Ferner steht, entgegen der Behauptung des Herrn S., fest, dass der Ausdruck Turgescenz schon lange vorher in dem durchaus richtigen, auch heute üblichen, Sinne gebraucht wurde und zwar von Nägeli selbst, dem Entdecker der Turgescenz (Pflanzenphys. Untersuchungen 1855. S. 26).

Endlich beweisen die beiden Citate des Herrn S. das Gegentheil dessen, was sie beweisen sollen.

Wie nämlich das erstere Citat ergibt, suchte damals Herr S. die Ursache der Spannung der Zellhaut nicht in dem Druck des flüssigen Inhalts auf die Haut, sondern, conform mit

*) Handbuch 1865. S. 437.

***) In dem Referat über meine »künstlichen Zellen« finden sich aber nicht nur Einwendungen gegen meine Folgerungen, sondern auch (unbegründete) Zweifel an der Zuverlässigkeit eines von mir angegebenen Experiments (Sachs, l. c. S. 583). In dem Referat über Nägeli's Theorie dagegen findet sich keine Andeutung, dass Herr S. in irgend einem Punkte anderer Meinung sei.

Hofmeister, in der activen Spannung des Schwellkörpers, worunter Hofmeister bekanntlich die inneren Zellhautschichten verstand.

Das zweite Citat aber, das von der Krümmung horizontal gelegter Stengeltheile handelt, lautet wörtlich: »Anfangs wird das Gewicht des auf einer horizontalen Zellwand lastenden Wassers die Zellhautmoleküle nur um ein unendlich Geringes aus einander drängen, dadurch wird aber die Einlagerung neuer Substanzmoleküle in die horizontale Haut in horizontaler Richtung erleichtert; die vorher durch das eindringende Wasser aus einander gedrängten Substanztheile treten durch wirkliches Wachsthum (durch Intussusception) in eine neue molekulare Gleichgewichtslage ein.« (Lehrbuch 1865. S. 510.)

Soll etwa diese Stelle beweisen, dass Herr S. damals unter hydrostatischem Druck eigentlich Turgescenz verstanden habe? Der hier gemeinte, durch das Gewicht der Zellflüssigkeit ausgeübte Druck wächst der Tiefe zu, proportional der überstehenden Flüssigkeitssäule, während der durch den Turgor bewirkte (hydraulische) Spannungsdruck, im Gegensatze zum Gewichtsdruck, auf alle Theile der Zellhaut in Höhe und Tiefe gleich stark wirkt, gleichgiltig wie hoch und wie schwer die eingeschlossene, gepresste Flüssigkeitsmasse ist. Und während der Turgor der Zelle sich dadurch charakterisirt, dass er mit Wassersaugung, durch die Haut hindurch von aussen nach innen, einhergeht, demonstrirt uns Herr S. hier, dass der hydrostatische Druck umgekehrt Wasser aus dem Zellinhalt heraus in die Haut presst*).

Kein Unbefangener wird in dieser beizugewogenen Stelle auch nur eine aufdämmernde Ahnung des richtigen Sachverhältnisses oder den Beweis dafür finden, dass Herr S. 1865 unter hydrostatischem Druck Turgescenz verstanden habe. Diese Stelle beweist nur das Eine schlagend, wie sehr damals die mecha-

*) Beiläufig bemerkt, scheint Herr S. auch jetzt noch das Wesen des Turgors nicht richtig aufzufassen. So soll nach seiner Ansicht (Lehrbuch, dritte Auflage S. 695) bei sehr hohem Turgor reines Wasser durch die Molekularporen der Zellhaut hinausgepresst werden können. Da aber das eindringende Wasser erst den Turgor erzeugt, wie kann es durch seinen Eintritt einen Druck hervorrufen, durch den es sofort wieder herausgepresst wird? Wie gelangt es dann überhaupt hinein?

nische Theorie des Zellwachstums noch im Argen lag*).

Erst 1871 (ein älteres Document weiss er auch jetzt nicht aus seinen Werken beizubringen) kommt Herr S. endlich zu einer richtigeren Anschauung der Dinge, der er folgenden, vorläufig überaus kurzen Ausdruck gibt: »Theoretisch genommen entspricht es wenigstens unseren bisher gehegten Ansichten von dem Wachstum, dass durch die Dehnung, welche die Zellhaut unter dem Druck des Zellsaftwassers erfährt, die Intussusception erleichtert, das Wachstum beschleunigt wird.« (Arbeiten des bot. Inst. 1871. S. 104.)

Nun erst ist das Eindringen von Wasser in die Haut zur Erleichterung der Intussusception nicht mehr nöthig, nun ist es plötzlich der wirkliche, nicht mehr künstlich interpretirte Turgor, dem ohne weitere Angabe zwingender Gründe das früher vom Wasser verwaltete Amt vertrauensvoll übertragen wird.

Also erst 1871, nicht früher, hat Herr S., wie aus seinen eigenen Citaten hervorgeht, den Einfluss des Turgors auf die Intussusception und zwar in kaum motivirter Weise ausgesprochen, nachdem schon mehrere Jahre vorher (1864 und 1867) die in allen Details klare und physikalisch begründete Wachstums-Lehre von mir veröffentlicht war. Mit Feststellung dieser durch Interpretationskunst nicht zu verwischenden Thatsache ist die Prioritätsfrage nunmehr wohl ein für alle Mal, und zwar zu meinem Gunsten erledigt.

IV.

In seiner Entgegnung spricht Herr S. meinen Arbeiten eine wesentliche Bedeutung für die Mechanik des Zellwachstums in folgenden Worten ab:

*) Diese Hypothese zeigt übrigens, wie Herr S. seine mechanischen Theorien begründet. Durch das Gewicht der Zellflüssigkeit sollen Wassertheilchen zwischen die Moleküle der Zellhaut gepresst werden! Wäre diese Voraussetzung richtig, so müsste sich jeder horizontal gelegte, mit einer Lösung gefüllte längliche Schlauch von selbst concav nach oben krümmen, denn die untere Seite müsste durch Einpressung von Wasser gedehnt werden. Warum hat Herr S. diesen so naheliegenden physikalischen Versuch (der übrigens wahrscheinlich das erwartete Resultat nicht ergeben hätte) nicht angestellt? Das eben ist das Charakteristische der sogenannten mechanischen Theorien des Herrn S., dass er nicht die Verpflichtung fühlt, vor Allem seine physikalischen Voraussetzungen durch Experimente ausserhalb der Organismen als thatsächlich zu erweisen.

»Jedenfalls hatte ich nicht nöthig, auf Traube's Niederschlagsmembranen zu warten, um mir eine Vorstellung von den Wachstumsvorgängen zu bilden; dazu reichten für mich Nägeli's grossartige Leistung und meine eigenen Beobachtungen an lebenden Pflanzen aus.«

Es sei mir in Erwiderung darauf gestattet, einen kurzen Rückblick zu werfen auf die Geschichte der Wachstumsmechanik der Zellen überhaupt und insbesondere auf das thatsächliche Material, das einerseits Herr S., andererseits ich selbst zur Begründung dieser Lehre geliefert haben.

Das Wachstum der Zellen zerfällt in zwei Prozesse, in die Volumzunahme ihres **Inhaltes** einerseits und in das flächenartige Wachstum ihrer **Haut** andererseits.

Das Wachstum des Zellinhalts durch endosmotische Saugung und der daraus hervorgehende Turgor waren verhältnissmässig leicht zu erklären. Die vorhandenen physikalischen Thatsachen der Endosmose reichten zu diesem Zwecke aus. Die Physik lehrte schon längst, dass eine concentrirte wässrige Lösung von irgend welchem Stoffe im Stande sei, Wasser aus der Umgebung durch eine Membran hindurch anzuziehen und ihr Volum dadurch zu vergrössern, und da der Inhalt junger Zellen concentrirter ist, als der der ausgewachsenen, so lag es eigentlich überaus nahe, die Volumvergrösserung des Zellinhalts während des Wachstums auf eine einfache endosmotische Wassersaugung zurückzuführen und den ersten Impuls zum Wachstum der Zelle in diesem endosmotischen Vorgang zu suchen.

Dennoch waren die Pflanzenphysiologen weit entfernt, den Vorgang in dieser Weise aufzufassen. Nägeli, obwohl er den Turgor der Zellen bei Wasserpflanzen constatirt hatte, verlegt trotzdem die primäre Ursache des Wachstums in die Zellhaut, in ihre Fähigkeit, durch in ihr selbst thätige Molekularkräfte, durch Attraction der bereits vorhandenen Hautmoleküle auf die in der Mutterlauge noch gelösten celluloseartigen Stoffe, ihre eigene Substanz zu vermehren und sich dabei in die Fläche auszubreiten. Hofmeister spricht allerdings wiederholt von einer endosmotischen Spannung des Zellinhalts*), schreibt aber trotzdem die

*) Lehre von der Pflanzenzelle. 1867. S. 267—269.

Ursache des Turgors nicht der Endosmose, sondern dem Expansionsbestreben der inneren Zellhautschichten zu und deutet nirgend an, dass er die endosmotische Wasser- saugung als den ersten Impuls zum Wachstum betrachte. Sachs schloss sich, wie wir gesehen haben, zu jener Zeit beiden Ansichten an. Das Verständniss des wirklichen Zusammenhangs muss also doch nicht so offen zu Tage gelegen haben, wie es gegenwärtig den Anschein hat. Jetzt allerdings erscheint er als selbstverständlich, denn wer nur einmal das schnelle Wachstum eines anorganischen Zellbläschens, wie es z. B. durch Kupferchlorid in einer verdünnten Ferrocyankaliumlösung entsteht, beobachtet hat, kann nicht im Zweifel darüber sein, dass der Hergang in den organischen Zellen in Bezug auf die Wassersaugung und den Turgor durchaus der nämliche ist. Die Uebereinstimmung war um so überzeugender, als diese Einsaugung des Wassers bei den anorganischen Zellbläschen sich nicht von einem Gegenaustritt löslicher Stoffe aus der Zelle in die Umgebung begleitet oder abhängig zeigte, sondern genau ebenso, wie bei den organischen Zellen, in einem bloß in das Innere derselben gerichteten einseitigen Wasserstrom bestand. Bekanntlich geben ja auch die Pflanzen keine löslichen Stoffe an die Umgebung ab, sondern saugen das zu ihrem Wachstum und zur Erhaltung ihres Turgors nöthige Wasser ohne Gegen- austausch ein.

Auch der Turgor wachsender Zellen war, wie ich weiterhin erörtern werde, nicht so leicht und nur durch die Beobachtungen an anorganischen Zellen zu erklären.

Ungleich schwieriger jedoch, als das endosmotische Wachstum des Inhalts der Zelle und des daraus resultirenden Turgors war das Flächenwachsthum ihrer Haut auf mechanische Grundlagen zurückzuführen.

Zunächst war mir klar, dass die Lösung dieses zweiten schwierigeren Theils der Aufgabe unmöglich sei, wenn nicht der Process der Bildung der Membran vorher erkannt war. Denn ihre Flächenausbreitung besteht nicht in blosser Dehnung, sondern in wirklicher, proportionaler Zunahme an Substanz, in einer fortgesetzten Neubildung*).

*) Nach Nägeli (Stärkeköerner 1858. S. 279) wachsen die Röhrenzellen von *Nitella syncarpa* von ihrer ersten Anlage bis zum entwickelten Zustande 2000 Mal in die Länge und 10 Mal im Querdurchmesser und,

Die mechanische Erklärung des Flächenwachsthum der Haut hat hiernach zwei Fragen zu beantworten, 1) wie geht die Bildung der Zellhaut vor sich, 2) warum wächst sie vorzugsweise in tangentialer Richtung?

Ueber die Bildung der Zellhaut hatten die Physiologen verschiedene Ansichten. Nägeli (Stärkeköerner S. 289 und 295) hielt sie für eine Art Krystallisation aus einer übersättigten Lösung. Nach Sachs (Handbuch 1865. S. 338) besitzt das Protoplasma die Fähigkeit, seine einzelnen Bestandtheile nach verschiedenen Richtungen hin in Bewegung zu setzen, die Cellulosemoleküle an die Aussenfläche, die Kernsubstanz nach dem Centrum hin. Nach Hofmeister (l. c. S. 147) ist der Stoff der Membran in halbflüssigem Zustand innerhalb des halbflüssigen Protoplasmas bereits vorhanden und tritt in diesem Zustande an die Aussenfläche, um dort sich zu einer festwerdenden Haut zu sammeln. Die Theorien von Sachs und Hofmeister sind nicht mechanischer Natur, indem sie dem Protoplasma die vitale Fähigkeit zuschreiben, die Zellhaut zu secerniren, resp. deren Moleküle durch eine unbekannte Kraft nach der Peripherie hinzulenken. Eine rein mechanische Theorie lieferte Nägeli, ohne indess den Versuch zu machen, ob sich physikalisch auf dem von ihm angedeuteten Wege Membranen herstellen lassen, ein Versuch, der auch schwerlich zu einem günstigen Resultat geführt hätte (s. weiter unten).

Die Hauptschwierigkeit für eine mechanische Erklärung lag hier offenbar in dem Umstande, dass die Physik die dazu nöthigen Thatsachen selbst noch nicht kannte. Alle die verschiedenen Häute, deren man sich bisher zu osmotischen Versuchen bedient hatte, waren entweder selbst fertige Producte organischer Thätigkeit, wie Harnblase, Därme, Caulerpastücke oder waren (wie Pergamentpapier, Collodiumhaut) durch chemische und mechanische Behandlung aus organischen Zellhautstoffen in Form dünner Scheiben künstlich hergestellt. Eine nicht durch künstliche Vorrichtungen vermittelte Entstehung dünner, Diosmose gestattender Substanzschichten hatte man ausserhalb der organischen Werkstätten bisher nirgend wahrgenommen

da die Dicke der Membran hierbei nicht abnimmt, so muss bei diesem enormen Flächenwachsthum auch die Membran um weit mehr als das 2000fache an Substanz durch fortgesetzte Neubildung zunehmen.

oder unbeachtet gelassen. Sie war — wenn nicht etwa ein auf besonderen vitalen Kräften beruhender und dann überhaupt unerklärbarer Vorgang — ein physikalisches Räthsel und wollte man die Membranbildung mechanisch erklären, so waren die dazu nöthigen physikalischen Thatsachen erst zu entdecken. Der Erklärung eines Lebensprocesses musste erst eine Erweiterung der Physik vorangehen, — und dieser so vielfach missverständene Umweg zu einem physiologischen Ziel durch das Gebiet der Physik hindurch war nach Lage der Sache durchaus geboten.

Wie aber diese Thatsachen auffinden? Es waren meine früheren physiologischen Versuche an im Dunkeln wachsenden Pflanzen (1859. S. 92), die mir die richtige Fährte andeuteten. Durch diese Versuche war ich zu dem Schluss gelangt, dass die Respiration (die Einathmung von Sauerstoff) ein auch für die Pflanzen (nicht blos für die Thiere) nothwendiger Lebensact ist, dass der Sauerstoff ausschliesslich nur von den wachsenden Theilen, und von diesen nur so lange, als sie wachsen, aufgenommen wird, dass das wichtigste Product dieser Sauerstoffaufnahme die Bildung eines unlöslichen Körpers, eines Niederschlags, — der Cellulose ist^{*)}.
(Schluss folgt.)

Litteratur.

Cinchona. Arten, Hybriden und Cultur der Chininbäume. Monographische Studie nach eigenen Beobachtungen in den Anpflanzungen auf Java und im Himalaya. Von Otto Kuntze. Leipzig 1878. 124 S. und 3 Tafeln. 8 Mark.

Von den bisher angenommenen ungefähr 30 Species behält der Verf. nur *Cinchona Pahudiana* Howard bei und stellt, wenigstens in veränderter Fassung, folgende neue Arten auf: *C. Weddelliana* (nicht sehr abweichend von der gewohnten *C. Calisaya*), *C. Pavoniana* (*C. micrantha* und andere umfassend) und *C. Howardiana* (im Wesentlichen die frühere *C. succirubra* darstellend). Alle übrigen Cinchonen hält er für Abkömmlinge dieser vier Stammformen und zwar sowohl die zum Theil allerdings zweifellos in Indien entstandenen Bastarde, als auch die nach ihm mit denselben völlig zusammenfallenden wildwachsenden »Chininbäume« Südamerikas. Im südlichen Theile der dor-

^{*)} Diese von mir schon 1859 zuerst klar hingestellte directe Beziehung der Respiration zur Bildung und dem Wachsthum der Zellen scheint auch jetzt noch nicht genügend gewürdigt zu sein.

tigen Cinchonenregion, besonders südlich vom Aequator, finden sich auch die vier von Kuntze allein anerkannten Hauptarten. Nicht nur in systematischer Hinsicht nimmt derselbe für die Hybridation eine ausserordentliche Bedeutung in Anspruch, sondern auch in chemischer. Die Hybriden sollen sich nämlich ganz gesetzmässig reicher an Alkaloïd erweisen. Das Genus *Cinchona* beschränkt der Verf. auf die mit unten aufspringenden, oben durch den Kelch zusammengehaltenen Kapseln versehenen Cinchoneen; die Blüten sind nach Kuntze geruchlos, nach anderen Beobachtern schwach, aber unzweifelhaft wohlriechend. F.

Mechanische Theorie der Blattstellungen von Dr. Schwendener. Leipzig, W. Engelmann 1878. — 141 S. 4^o. 17 Taf.

Ueber die in diesem Buche verfolgten Tendenzen ist bereits früher gelegentlich berichtet worden. Hier folgen die Resumés des Verfassers selbst, vom Schlusse des Buches.

»Die seitlichen Sprossungen erfahren nach ihrem Hervortreten an der Stammspitze in der Regel gesetzmässige Verschiebungen, weil ihr Ausdehnungsbestreben parallel und quer zur Axe des ganzen Systems mit dem factischen Längen- und Dickenwachsthum dieses letzteren nicht übereinstimmt; je nachdem hier der Umfang oder die Länge relativ stärker zunimmt, stehen die einzelnen Organe unter dem Einfluss eines longitudinalen oder aber eines gleichgerichteten Zuges. In beiden Fällen werden sie abwechselnd nach der einen und nach der anderen Seite verschoben; sie schwingen gleichsam pendelartig hin und her, wobei die Schwingungsamplitude ceteris paribus um so kleiner ausfällt, je höher die Coordinationszahlen der Schrägzeilen, welche als Contactlinien fungieren. Die Bewegungsrichtung bleibt hierbei in Bezug auf rechts und links unverändert, so lange die nämlichen Contactlinien wirksam bleiben, schlägt aber jedesmal in die entgegengesetzte um, wenn die in der Ziffernfolge nächsthöheren oder nächsttieferen Schrägzeilen zur Mitwirkung kommen. Für die Ziffernfolge selbst gilt die bekannte Regel, dass jedes folgende Glied gleich ist der Summe der beiden vorhergehenden.

Diese Verschiebungsvorgänge lassen sich für kreisförmige Organe genau berechnen; sie ergeben auch für elliptische von constanter Querschnittsform, so lange die Ellipsen genau longitudinal oder transversal orientirt sind, dieselben Schwankungen der Divergenz; nur die Höhe der Organe über dem Mittelpunkt ist in jedem beliebigen Stadium der Verschiebung je nach Längs- oder Querstellung der Ellipsen entsprechend grösser oder kleiner. Dasselbe gilt auch für beliebige andere Querschnittsformen, welche durch eine Verticale in zwei symmetrische Hälften theilbar sind. Dagegen ist der Verschiebungsgang ein wesentlich abweichender, sobald die Organe vermöge ihrer Plasticität sich gegenseitig abplatteln. In diesem Falle bleiben nämlich durch alle Stadien hindurch je drei Schrägzeilensysteme dauernd wirksam, wodurch das Verschiebungsproblem sehr viel verwickelter wird. Eine nothwendige Folge dieser Dreizahl ist das Kleinerwerden der Oscillationsweiten und die abweichende Krümmung der Curven, welche die von den Organen beschriebenen Bahnen bezeichnen.

BOTANISCHE ZEITUNG.

Redaction: A. de Bary. — G. Kraus.

Inhalt. Orig.: M. Traube, Zur mechanischen Theorie des Zellwachsthums und zur Geschichte dieser Lehre (Schluss). — Personalmeldung. — Neue Litteratur. — Anzeigen.

Zur mechanischen Theorie des Zellwachsthums und zur Geschichte dieser Lehre.

Von
Moritz Traube,
 Dr. phil. et med.
 (Schluss.)

Die nunmehr an die Physik gestellte Frage war: Können Niederschläge die Form zusammenhängender, Diösmose vermittelnder Häute (Membranen) annehmen und unter welchen Umständen ist dies der Fall?

Die von mir zur Lösung dieser Frage angeordneten physikalischen Versuche hatten einen überraschenden Erfolg und drangen in die eigentliche Werkstatt der Membranbildung vor. Sie lehrten, dass amorphe Niederschläge unter bestimmten Bedingungen sich von selbst und ohne äusseres Zuthun in Form überaus dünner, zusammenhängender, homogener Häute ausscheiden. Die so entstandenen Membranen besitzen, im Gegensatz zu den bisher gekannten, keine grösseren Poren oder Capillaren, sondern nur molekulare Zwischenräume und zeigen Eigenschaften, die nach der Brücke'schen Theorie, die von der Existenz grösserer capillarer Zwischenräume in den Membranen ausging, nicht vorausgesehen werden konnten. Sie zeigen unter Umständen eine Diösmose, die nur in einem einseitigen Wasserstrom ohne gleichzeitigen Austritt gelöster Stoffe in entgegengesetzter Richtung besteht. Der Begriff des endosmotischen Aequivalents musste fallen. An dessen Stelle trat, als alleinige Ursache der Wasserströmung, die endosmotische Kraft, die Anziehung löslicher Körper zum Wasser, und, während man nach der bis-

herigen Hypothese annehmen musste, dass die colloiden Stoffe, deren endosmotisches Aequivalent als unendlich bezeichnet wurde, die grösste Anziehung zum Wasser besitzen, ging aus meinen Versuchen hervor, dass sie unter allen Körpern die geringste endosmotische Kraft besitzen und in dieser Beziehung von den krystalloiden Stoffen weit übertroffen werden.

Nachdem aber erst die Membranbildung durch chemische Fällung als rein mechanischer Process erkannt, ihre Unabhängigkeit von besonderen vitalen Kräften dargethan war, konnte mit Leichtigkeit auch das Wachstum der Membranen, insbesondere ihre Flächenausbreitung durch Intussusception, erklärt werden. Jede Niederschlagsmembran vermag unter bestimmten Umständen von selbst und ohne künstlich geschaffene Vorrichtungen, ähnlich der Cellulosehaut, die Form geschlossener Bläschen anzunehmen und alle diese Bläschen zeigen, wenn der von ihnen eingeschlossene Inhalt durch endosmotische Kraft Wasser von aussen her einzusaugen im Stande ist, sofort auch die Erscheinungen des Wachsthums in die Fläche durch Intussusception.

Somit waren die allgemeinen mechanischen Gesetze des Zellwachsthums ermittelt. Denn es war nicht der geringste Grund einzusehen, weshalb gerade bei der Cellulosehaut, die ja jedenfalls auch eine Niederschlagsmembran ist, die Bildung geschlossener Bläschen und deren Wachstum nach anderen Gesetzen erfolgen sollte, als bei allen übrigen Niederschlagsmembranen. Ueberdies zeigen die anorganischen Zellbläschen in Bezug auf Entstehung, Wachstum in die Fläche durch Intussusception und auf Gestaltung so über-

raschende Analogien mit den Zellbläschen lebender Pflanzen, dass es zunächst unnöthig, ja unrecht erscheint und gegen die allgemein geltenden Principien der Naturforschung verstiesse, wollte man nach einer andern Erklärung dieser Lebensphänomene suchen, ehe noch der Nachweis geliefert ist, dass diese endlich gefundene und bisher einzige mechanische Erklärung mit den vorhandenen physiologischen Thatsachen in unlösbarem Widerspruch steht (1857. S. 158). Bis jetzt ist, wie gezeigt wurde, ein solcher Nachweis auch von gegnerischer Seite nicht erbracht worden. Und selbst, wenn scheinbar entschieden widersprechende Thatsachen gefunden werden sollten, würde es voreilig sein, sofort auch die Theorie für widerlegt zu halten; denn, wie wir gesehen haben, können sich solche Thatsachen selbst als unerwiesen herausstellen.

Und welche neue Thatsachen hat Herr S. für die Theorie 1) des Wachstums des Zellinhalts, 2) der Bildung der Zellhaut, 3) ihres Flächenwachstums geliefert? Er führt diese Thatsachen selbst in seiner Entgegnung an, in Beantwortung meiner früher aufgeworfenen Frage, auf Grund welcher Beobachtungen er seine früheren entgegengesetzten Ansichten fallen gelassen habe. Die von ihm citirte Stelle (aus den Arbeiten des bot. Inst. 1871. S. 104) lautet: »Indessen zeigt die tägliche Beobachtung an mikroskopischen Pflanzen, dass die Zellen derselben, so lange sie wachsen, stark turgesciren, und man ist daran gewöhnt, dass eine nicht turgescirende Zelle für krank, todt oder doch nicht für eine wachsende gehalten wird; ebenso zeigt die Erfahrung bei der Pflanzencultur, dass das Wachstum nur so lange oder doch nur dann kräftig stattfindet, wenn die wachsenden Theile turgesciren.« »Theoretisch genommen entspricht es wenigstens unseren bisher gehegten Ansichten von dem Wachstum, dass durch die Dehnung, welche die Zellhaut unter dem Druck des Zellhautwassers erfährt, die Intussusception erleichtert, das Wachstum beschleunigt wird.«

Nun — mit dem Reiz der Neuheit sind diese Beobachtungen nicht geschmückt, sie gehören theilweis sogar zu dem ehrwürdigen und ältesten Bestande, den die Botanik aus grauer Urzeit übernommen hat. Neu ist höchstens die Behauptung, man könne an mikroskopischen Pflanzen ohne Weiteres sehen, dass sie turgesciren. Auch beweisend sind die

Beobachtungen für den vorliegenden Zweck nicht, denn wenn sie es wären, warum hat er erst 1871 ihre Beweiskraft erkannt? Mikroskopirt hatte er ja schon früher und oft genug auch vorher jene Beobachtungen an Pflanzen gemacht. Auch hatte ja Nägeli bereits 1855 den Turgor entdeckt, ohne dessen Bedeutung für das Wachstum zu erkennen.

Mit diesem Material alltäglichster Beobachtungen sind aber die thatsächlichen Leistungen des Herrn S. für die Zellwachstumslehre bereits gänzlich erschöpft, denn Alles, was er darüber noch nachträglich beibringt, sind nichts als theoretische Betrachtungen ohne neue Versuche oder Beobachtungen.

Von dem wichtigsten Theil der Lehre, von der Erklärung der Zellhautbildung, ist in seiner »Mechanik des Wachsens« (Lehrbuch 1873) nicht einmal die Rede.

Auch sind einige der Betrachtungen selbst unrichtig. Indem er u. A. von meiner Theorie nur die Beziehung des Turgors zur Intussusception adoptirte, dagegen meine Erklärung der Bildung der Zellhaut und ihres Wachstums stillschweigend verwarf, ohne eine andere an deren Stelle zu setzen, schob er die Bedeutung des Turgors, durch den allein er schon das Wachstum der Hauptsache nach erklären zu können vermeint, über Gebühr in den Vordergrund. Es gewinnt dadurch den Anschein, als ob die Neubildung der Membran durch Intussusception als selbstverständlicher kaum einer Erklärung bedürftiger Process nur einfach nebenher laufe und auf jeden Wink gewärtig sei, sich einzustellen. Aber gerade in der Erklärung der Membranbildung liegt der Schwerpunkt der Theorie. Durch den Turgor allein kommt das Wachstum nicht zu Stande. Nur so lange der Process der Membranbildung fort dauert, ist ein Wachstum der Zelle möglich. Eine gewöhnliche, mit concentrirter Lösung gefüllte Blase, und wäre sie aus dickster Membran geschnitten, würde durch endosmotische Wasseraugung zuletzt platzen oder die Lösung durch ihre erweiterten Poren herausdringen lassen, weil eben diese Haut nicht zugleich an Substanz zunehmen kann.

Wird bei den im Dunkeln wachsenden Pflanzen der Membranbildungsprocess durch Abhaltung des atmosphärischen Sauerstoffs unterbrochen, so hört sofort, trotz ungehinderter Wasserzufuhr, ihr Wachstum auf (1859. S. 85—89) und dasselbe geschieht bei anorganischen Zellbläschen nach Entfernung

des äusseren Membranbildners, obgleich hier auch dann noch der Turgor fortdauert (1867. S. 111). Ferner zeigen Pflanzenzellen, die nach Erschöpfung des Vorraths an membranbildendem Stoff ans Ende ihres Wachstums gelangt sind, nunmehr bloss Turgor ohne Intussusception.

Umgekehrt kann Wachstum der Haut stattfinden auch ohne Turgor, wodurch dann schlaffe Zellen entstehen (1867. S. 110). Turgor und Intussusception sind also durchaus getrennte Dinge, die in keinem unlösbaren, höchstens nur in einem solchen casualen Zusammenhang stehen, dass bei Anwesenheit beider Membranbildner Turgor unbedingt Intussusception nach sich zieht, nicht aber umgekehrt die Intussusception den Turgor.

Es würde mich zu weit führen, auch andere Fehler in den Reflexionen des Herrn S. richtig zu stellen. Das Mitgetheilte genügt zur Rechtfertigung der Behauptung, dass, abgesehen von der bereits früher erledigten Prioritätsfrage, auch der Besitzstand der Zellwachstumstheorie durch die speculativen Zuthaten des Herrn S. weniger vermehrt als beeinträchtigt erscheint.

Es erübrigt nunmehr nur noch die Beantwortung der Frage, ob, wie Herr S. behauptet, einige Theile meiner Theorie schon von Nägeli herrühren.

Wie Herr S. hervorhebt, hat Nägeli die Turgescenz bereits 1855 (Pflanzenphys. Unt. S. 25) betreffs der Pflanzenzellen constatirt. Dies ist, wie ich gern anerkenne, richtig und zwar hat Nägeli die Turgescenz (allerdings zunächst nur) für Wasserpflanzen behauptet und durch sinnreiche Deutung feiner Beobachtungen sicher constatirt. Aber die physiologische Bedeutung der Turgescenz, insbesondere ihre Beziehung zum Wachstum, hat Nägeli nicht erkannt, nirgend gesagt, dass der erste Impuls zum Wachstum der Zelle in der endosmotischen Wasseraufnahme gegeben ist, im Gegentheil, wie schon mehrfach erörtert wurde, die Beziehung des Turgors zum Wachstum entschieden in Abrede gestellt. Offenbar ist gerade dadurch seine schöne Beobachtung als vereinzelt dastehendes Factum, als eine Folgeerscheinung ohne wesentliche physiologische Bedeutung nicht zur vollen Geltung gelangt, ja fast vergessen worden, denn Hofmeister hat sie in seiner Theorie der Span-

nung der Zellmembranen vernachlässigt, und auch Herr S. erst jetzt darauf hingewiesen. Ich selbst habe, ohne die Beobachtung Nägeli's zu kennen, jedenfalls die Bedeutung des Turgors als allgemeiner, die Form der Zelle bedingender Lebenseigenschaft junger (nicht verdickter) Zellen ins richtige Licht gestellt und gleichzeitig experimentell erläutert, dass Zellen während ihres Wachstums nur dann die Erscheinungen der Spannung (Turgescenz) zeigen, wenn die Dehnung der Haut ausschliesslich durch die endosmotische Schwellung (nicht durch einen gleichzeitigen Druck anderer Art) herbeigeführt wird. Wirkt ein anderer Druck mit, so wird die Hülle so gross, dass sie durch den Inhalt nicht straff ausgefüllt werden kann, und es entstehen schlaffe Zellen*).

Wüchse, wie Nägeli meint, die Zellhaut durch in ihr selbst wirkende Molekularkräfte in die Fläche, so müsste sie allemal so gross werden, dass sie durch den Inhalt nicht straff ausgefüllt werden könnte, und es würden immer nur schlaffe Zellen entstehen. Die Priorität der Entdeckung des Zellenturgors aber — das möge nochmals hervorgehoben sein — gebührt unstreitig Nägeli.

Ferner meint Herr S., Nägeli habe bereits vor mir (Stärkeköerner 1858) den Gedanken ausgesprochen, »die Bildung der Zellhaut und ihr Wachstum könne in gewissem Sinne als durch Niederschlag fester Theilchen (Micellen) aus der Nährflüssigkeit erfolgend aufgefasst werden.« Aber zunächst wird kaum ein Chemiker in dieser Definition die unumwundene Erklärung erkennen, »die Zellhaut ist ein einfach chemischer Niederschlag«, und auch abgesehen davon — die Behauptung des Herrn S. ist an sich unrichtig.

Eine bestimmte Stelle in dem umfangreichen Werke von 1858, wo Nägeli jene Aeusserung gethan haben soll, hat Herr S. nicht angeführt, und so habe ich denn vergeblich das ganze Buch durchgelesen, ohne jener Stelle oder auch nur dem Ausdruck »Micellen«**) zu begegnen, dagegen zahlreiche Sätze

*) Die Turgescenz wachsender Zellen war nicht ganz leicht zu erklären, insofern die Intussusception dem Turgor entgegenwirkt und ihn auszugleichen sucht. Ich habe eben physikalisch erläutert, unter welchen Umständen diese Ausgleichung nicht erfolgt und der Turgor trotz gleichzeitiger Intussusception fortbesteht (1867. S. 97—111).

**) Der Ausdruck »Micellen« wird von Nägeli und Schwenden er erst in neuester Zeit gebraucht.

gefunden, die für eine durchaus verschiedene Auffassung Nägeli's sprechen.

Wie dieser ausgezeichnete Forscher meint, ist die erste Bildung der Stärkekörner*) eine Art von Krystallisation aus einer übersättigten Lösung (S. 289, 295). »Hat einmal die Bildung der Stärke (und Zellhaut) begonnen, so ist ebenfalls, wie bei der Krystallbildung, die weitere Ausscheidung räumlich bestimmt, indem jene festen Gebilde anziehend wirken und daher aus der Flüssigkeit gelöste Substanz aufnehmen, ehe der vollständige Sättigungsgrad erreicht ist« (S. 295). Ein Niederschlag aber vermehrt sich niemals dauernd in dieser Weise, d. h. durch Attraction der bereits gebildeten Moleküle auf die noch gelöste Substanz, sondern immer nur durch Fortdauer des chemischen Processes, der den unlöslichen Körper erzeugt. Die ersten Moleküle eines Niederschlags entstehen, wie die letzten, durch die nämliche und zwar chemische Wirkung. Auch hat die Krystallbildung mit dem Niederschlagsprocess insofern nicht die geringste Aehnlichkeit, als selbst die löslichsten Stoffe bei genügender Concentration ihrer Lösungen feste Krystalltheilchen absetzen können, die dabei nicht ihre Löslichkeit einbüßen, die Bildung eines Niederschlags aber immer auf Entstehung eines unlöslichen Körpers beruht, die Krystallbildung überdies immer nur bei Krystalloiden stattfindet, Niederschläge aber auch amorph sein können, wie ich denn alle Niederschlagsmembranen als amorphe Stoffe im gewöhnlichen chemischen Sinne betrachte.

Herr S. fasst die physiologischen Beobachtungen Nägeli's über Wachstum und Intussusception sowohl, als auch dessen mechanische Erklärung dieser Prozesse unter der Bezeichnung »Nägeli's Theorie« zusammen. Aber ich glaube, dass man gut thut, beide Leistungen scharf aus einander zu halten. Soweit mir, der ich nicht Botaniker von Fach bin, ein Urtheil hierüber zusteht, können die umfassenden Arbeiten Nägeli's über den Verlauf jener physiologischen Prozesse und über die Feststellung der Orte, wo die Neubildungen stattfinden, nicht hoch genug angeschlagen werden; sie gaben speciell auch für meine physikalischen Versuche

*) Die Entstehung und das Wachstum der Zellhaut ist nach ausdrücklicher Erklärung Nägeli's (S. 328) ein analoger Process.

einen wesentlichen Anknüpfungspunkt ab (1867. S. 88). Seine mechanische Erklärung jener Lebensvorgänge aber ging einerseits von durchaus anderen physikalischen Voraussetzungen aus, als meine Theorie, andererseits entbehren sie der Controle durch physikalische Versuche — einer Controle, die ich bei allen physiologisch-mechanischen Theorien wohl mit Recht für unerlässlich halte.

Man wird Theorien so lange nicht für wirklich mechanische halten dürfen, so lange es nicht gelungen ist, die betreffenden Erscheinungen auch **ausserhalb** der Organismen in die Erscheinung zu setzen.

Die von mir aufgestellte physikalisch-chemische Theorie hat in keinem Punkte eine Aehnlichkeit mit der Auffassung Nägeli's, und so darf ich denn, ohne, wie ich glaube, den Rechten Anderer irgend zu nahe zu treten, aussprechen, dass die mechanische Theorie des Zellwachstums, die Rückführung dieses vitalen Vorgangs auf physikalisch-chemische Grundlagen, der Hauptsache nach von mir herrührt. Es wurde von mir zuerst mit Bestimmtheit ausgesprochen:

1) dass die endosmotische Saugung den ersten Impuls zum Wachsthum der Zelle abgibt und dass die Volumzunahme der wachsenden Zelle nur auf dem Eintritt von Wasser beruht (1867. S. 88, 116)*).

2) dass die Spannung (Turgor) eine allgemeine, ihre bestimmte Gestalt bedingende Lebens Eigenschaft junger (nicht verdickter) Zellen ist und bei wachsenden Zellen dadurch entsteht, dass die dem Wachsthum vorangehende Dehnung der Membran ausschliesslich durch die endosmotische Schwellung des Zellinhalts bewirkt wird (1867. S. 103, 111).

3) dass die Respiration der Pflanzen (die

*) Ich halte es für möglich, dass die endosmotische Wassersaugung als letzte Ursache des Zellenwachstums schon von älteren Physiologen erkannt oder mehr oder weniger deutlich geahnt worden ist — ich habe darüber bis jetzt keine geschichtlichen Studien machen können —, sicher aber ist, dass, wenn dies der Fall, diese richtige Auffassung des Sachverhalts in späterer Zeit wieder verlassen und erst durch mich, und zwar unabhängig von etwaigen früheren Arbeiten, wieder in ihre Rechte eingesetzt wurde.

In Bezug auf die physikalisch-chemische Erklärung des schwierigsten Theils des Wachsthumsvorgangs, der Bildung der Zellmembran und ihrer Flächenausbreitung durch Intussusception, bin ich wohl ohne jeden Vorgänger gewesen.