FLORA.

70. Jahrgang.

No. 12. Regensburg, 21. April 1887.

Inhalt. J. Schrodt: Neue Beiträge zur Mechanik der Farnsporangien.

Neue Beiträge zur Mechanik der Farnsporangien.

Von **J. Schrodt.**

Im 10. Hefte des Jahrganges 1885 der Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, desgl. in einem früheren Aufsatze in dieser Zeitschrift[1]), welcher den Titel führt: „Der mechanische Apparat zur Verbreitung der Farnsporen", habe ich in der Hauptsache die Ansicht vertreten, dass man „bis auf weiteres" die Erklärung des Schnellens der Sporangien in dem plötzlichen Eindringen von Luft aus der Atmosphäre zu suchen habe, im Gegensatz zu Leclerc, welcher dieselbe aus einem Reste von Flüssigkeit im Innern der Annuluszellen hervorgehen lässt.

Diese Auffassung des Vorganges von meiner Seite ist nicht lange ohne Widerspruch geblieben; denn schon das 2. Heft des folgenden Jahrgangs brachte von Herrn Prof. Prantl einen kurzen Aufsatz, dessen Hauptinhalt am Schlusse in folgende Worte zusammengefasst wird:

„Ich habe hiermit folgendes bewiesen: . . . . . Die Luft dringt nicht von aussen ein, sondern wird im Innern der Zellen frei."

Prantl stellt sich also wieder auf den Standpunkt von Leclerc oder richtiger er kommt auf das zurück, was er auf der Naturforscherversammlung zu Baden-Baden i. J. 1879 als Ergebnis seiner Studien vorgetragen hatte und woraus er seine

[1]) Jahrgang 1885 No. 25, 26, 27.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0179-6

Prioritätsansprüche bezüglich der Entdeckung und Erklärung des Vorganges herleitet. Da ich selbst nur in einem meines Erachtens nach allerdings wichtigen Punkte etwas Neues beigebracht und nichts anderes als dies für mich in Anspruch genommen zu haben glaube, so mag die Feststellung dieser Thatsache als Erwiderung auf die Prioritätsansprüche Prantl's genügen, und ich darf wohl sogleich auf den Kernpunkt der nachfolgenden Untersuchungen übergehen. Als solchen betrachte ich die Behauptung Prantl's, er habe bewiesen, dass die im Momente des Schnellens in den Annuluszellen auftretenden Luftblasen aus Wasserresten im Innern entstehen, dass die Membran dieser Zellen resp. der protoplasmatische Wandbeleg für Luft ganz undurchdringlich seien, dass die darin befindliche Luft auf keine Weise daraus entweichen könne. Nur Aetzkali soll die Membran so verändern, dass sie derselben den Durchgang gestatte. Diese Auffassung der Sache hat nach meiner Meinung so viel bedenkliche Seiten, dass man sich, selbst wenn man nicht geneigt sein sollte, der von mir gegebenen Deutung beizupflichten, derselben kaum ohne grosse Bedenken anschliessen wird.

Es sei mir gestattet, einige derselben hervorzuheben:

In erster Linie wird man billig erstaunt sein müssen von einer Membran zu hören, welche für Luft unbedingt undurchlässig sein soll. Die Frage nach der Permeabilität der Membranen ist meines Wissens bis jetzt auf der Grundlage zuverlässiger Beobachtungen noch nicht genügend erforscht. Aber ebenso wie es in der Natur weder einen vollkommen undurchsichtigen oder unlöslichen Körper giebt, ebenso wird man wohl auch, ohne ein strengen Beweis von vornherein annehmen können, dass es keine für Luft ganz undurchdringliche Zellmembranen giebt. So ist es bekannt, dass in den jüngeren Zweigen unserer Holzgewächse am Morgen vor Beginn der Transpiration die Gefässe und Tracheiden mit Wasser gefüllt sind, während am Abend die grosse Masse derselben ganz oder teilweise Luft enthält. Selbst wenn dieselbe nur von der Spannung einer halben Atmosphäre gedacht wird, dürfte es doch schwer vorstellbar sein, dass sie ganz im Wasser gelöst gewesen und bei der Verdunstung aus demselben entbunden sei; da liegt doch gewiss die Annahme näher, dass sie aus den Durchlüftungsräumen sich Eingang in die von Wasser entleerten Zellräume verschafft habe.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0180-7

Noch viel unwahrscheinlicher wird aber die ganze Vorstellung Prantl's durch die Annahme, dass selbst die im Wasser gelöste Luft von der Membran zurückgehalten werde, während verhältnismässig grosse Flüssigkeitsmengen in kurzer Zeit eindringen sollen; denn er sagt wörtlich auf S. 50 seines Aufsatzes: „Wenn nun die Membran wohl das Wasser durch Exosmose austreten lässt, für die darin gelöste Luft aber nicht permeabel ist, so muss u. s. w."; dagegen behauptet er an anderen Stellen, dass Baryumhydroxyd in die Membran, Chlorcalcium und Kaliumhydroxyd mit Wasser zusammen durch dieselbe gehen. Diese Annahmen stehen aber jedenfalls mit einander in Widerspruch, wenn man sich, wie es jetzt geschieht, den Durchgang einer Substanz A durch eine andere B abhängig denkt von dem Grössenverhältnisse der Molekeln von B zu den Molekularinterstitien von A. Wollte man aber gegen diesen Einwand geltend machen, dass die Kraft, welche die Wassermolekeln in das Zelllumen hineinzieht, eben nur auf Baryum- und Kaliumhydroxyd und auf Chlorcalcium wirke, während die gelöste Luft abgestossen werde, so gelangt man zu ganz eigenartigen Kräften, mit denen sich alles und nichts erklären lässt.

Ebensowenig als hiermit lässt sich eine befriedigende Lösung der Schwierigkeit herbeiführen, wenn man den von Prantl allein beobachteten protoplasmatischen Wandbeleg der Annuluszellen in die Betrachtung hineinzieht. Ob Prantl selbst bezüglich des Eindringens von Luft damit rechnet, tritt in seinen Aeusserungen nicht klar hervor. Soviel aber ist sicher, dass dieses Plasma, mag es nun vorhanden sein oder nicht, tot ist; denn selbst Sporangien von Herbarmaterial zeigen, auch wenn sie noch mit Substanzen behandelt worden sind, die Plasma sicher töten, alle Erscheinungen wie die von lebenden Pflanzen entnommenen. Von den Eigenschaften des abgestorbenen Plasmas ist uns aber nichts bekannt und jeder Schluss von den wunderbaren Qualitäten des lebenden auf totes ist durchaus willkürlich und beweist nichts.

Ein letzer Punkt von allgemeiner Natur ist das Verhalten von Gasen, welche in Flüssigkeiten gelöst sind. In meiner Erörterung des Gegenstandes in den B. d. D. B. G. habe ich Leclerc gegenüber wie ich glaube mit Nachdruck hervorgehoben, dass den Physikern von einem plötzlichen Entbundenwerden von Luft aus Flüssigkeiten, in denen sie in zusammengepresstem Zustande vorhanden waren, nichts bekannt ist, doch

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0181-3

vielmehr nach Massgabe der Verminderung des Druckes, welcher auf der Flüssigkeit ruht, ein ganz allmähliges Entweichen der gelösten Luft stattfinden muss. Gleichwohl kommt Prantl doch wieder auf die unhaltbare Vorstellung zurück, durch welche allein schon nach meinem Dafürhalten seine Theorie ganz unannehmbar wird, indem sie in einem wesentlichen Punkte eine Hypothese aufstellt, welche unseren bisherigen Erfahrungen widerspricht. Prantl selbst erkennt diese Schwäche seiner Erklärung an, indem er sagt (S. 50): „Eine Schwierigkeit liegt allerdings darin, dass diese Luft nicht sofort proportional der Druckverminderung frei wird, sondern erst verhältnismässig spät und dann mit einem Schlage.“ Das Beispiel von einer entkorkten Selterwasserflasche beweist ebensoviel gegen als für Prantl; denn wenn er darauf aufmerksam macht, dass ein Teil der Kohlensäure erst allmählich abgegeben wird und noch eine Weile gelöst bleibt, so kann man wohl mit noch grösserem Rechte anführen, dass bei der plötzlichen Aufhebung des Druckes, wie dies durch Entkorkung geschieht, die im Wasser gelöste Kohlensäure meist so heftig entweicht, dass das Wasser dadurch umhergeschleudert wird. Dieser Vorgang ist für das Oeffnen der Selterwasserflaschen jedenfalls charakteristischer als das nachträgliche allmähliche Entweichen von Kohlensäureresten, dessen ursachliche Bedingtheit gewiss eine zusammengesetzte ist. Wenn ferner Prantl auch hier wieder den toten Plasmabeleg zur Verdeckung der Schwäche seiner Theorie heranzieht, indem er sagt: „Ferner erinnere ich an die Anwesenseit von Protoplasma, welches, wenn auch tot, doch die Vorgänge in einer Weise beeinflussen kann, dass deren Erklärung auf unübersteigbare Schranken stösst. Dinge, die man nicht erklären kann, sind aber deswegen nicht unmöglich“, so wird auch dadurch seine Sache um nichts besser. Dinge, die man nicht erklären kann, sind Gegenstand zukünftiger Forschung, aber keine Stütze wissenschaftlicher Theorieen.

Hiermit glaube ich nachgewiesen zu haben, dass Prantl bei seiner Erklärung des Vorganges genötigt ist, der Zellmembran oder der Zellumhüllung, worunter er Membran und Plasmabeleg versteht, Eigenschaften beizulegen, welche entweder mit bekannten Thatsachen in Widerspruch stehen oder den Erscheinungen auf den Leib zugeschnitten sind. Auf der andern Seite will ich gern bekennen, dass auch die von mir vertretene Ansicht von der Permeabilität der Membran für Luft im Hinblick

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0182-9

auf die beobachteten Thatsachen nicht frei von möglichen Einwänden ist; doch bin ich der Meinung, dass sie a priori eine grössere innere Wahrscheinlichkeit hat, ein Punkt, auf den ich noch öfter werde hinweisen müssen.

Ich habe bisher die Prantl'sche Hypothese — denn mit einer solchen, nicht mit bewiesenen Thatsachen haben wir es zu thun — nur in ihren allgemeinen Grundlagen betrachtet; in ihrer Anwendung auf die besonderen Verhältnisse am Farnsporangium gewinnt sie keineswegs an Wahrscheinlichkeit.

In erster Linie dürfte es nicht ganz leicht sein, eine deutliche Vorstellung zu gewinnen von der Art und Weise, wie die Luft in das Innere der Annuluszellen, aus welchen sie später auf keinem natürlichen Wege entweichen kann, hineingekommen ist. Zwar entleert die lebende Zelle sicherlich immer etwas Luft, wie viel, wissen wir nicht, aber dass sie eine ihrem eigenen Volumen gleiche Menge davon bergen sollte, ist gewiss eine Annahme, die für das Plasma der Annuluszellen eine Ausnahmestellung bedeuten würde.

So lange also die Zellen lebendiges Plasma enthielten, ist die später darin enthaltene Luft wohl schwerlich darin gewesen, selbst wenn zu dieser Zeit die Membran permeabel war, was für das Ende der Vegetationsperiode gewiss nicht wahrscheinlich ist; denn wenn die Impermeabilität eine notwendige Eigenschaft der toten Zellhülle, sei es nun der Membran oder des Plasmabeleges, oder beider, ist, so sind wir doch gewöhnt zu schliessen, dass diese Eigenschaft während und durch den Lebensvorgang sich entwickelt habe. Mag dem aber sein wie ihm wolle, so wird man auf keinen Fall um folgendes Dilemma herumkommen: Entweder war die Membran impermeabel und die Luft wurde aus dem Plasma während des Absterbens entbunden, was nicht wahrscheinlich ist, oder die Zellhülle war zu dieser Zeit noch permeabel; dann ist aber wieder nicht abzusehen wodurch und wann sie impermeabel geworden ist und warum die Luft nicht auch sollte hinausdiffundieren können. So kommt man also zu der Annahme, dass zur Zeit des Absterbens die Zellhülle erst für Luft permeabel gewesen und dann wieder ins Gegenteil umgeschlagen ist, eine Annahme, die man wie jede beliebige ohne Zweifel machen kann, die aber gewiss starken Bedenken begegnen wird.

Geradezu zur Unmöglichkeit wird aber die Vorstellung Prantl's durch nachstehende Folgerungen aus seinen eigenen

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0183-5

Angaben. Er sagt (S. 48): „Legt man ein trockenes Sporangium in Wasser, so werden in demselben Masse, als Wasser in die Ringzellen eintritt, die Luftblasen zusehends kleiner und verschwinden schliesslich, d. h. sie werden absorbiert von einer Quantität Wasser, welche ihr Volumen nur wenig übertrifft.“ Der letzte Passus ist der, auf den es ankommt. Ich muss vorausschicken, dass nach den eigenen Angaben Prantl's die in den Ringzellen enthaltene Luft im wesentlichen die Zusammensetzung der Atmosphäre besitzt, und dass zweitens nach den Angaben der Physiker der Absortionscoefficient für Luft in Wasser 0,017 ist, d. h. unter dem Drucke von einer Atmosphäre löst Wasser $^{17}/_{1000}$ = rund $^{1}/_{60}$ seines eigenen Volumens; wenn $^{2}/_{60}$ = $^{1}/_{30}$ gelöst werden sollen, so muss die Spannung der Luft 2 Atmosphären betragen. Also, wenn ein Liter Luft sich in einem Liter Wasser lösen soll, so muss die Spannung der über dem Wasser befindlichen Luft 60 Atmosphären betragen. Hält man damit Prantl's obige Angaben zusammen, so ergiebt sich, dass bei der Aufnahme des Wassers in das Lumen der Annuluszellen und der Lösung der Luft in dem letzteren diese unter einem Drucke von 50—60 Atmosphären steht und mit dieser Kraft eine Membran, die halbcylindrische der Decke, spannt, welche dünn wie Spinngewebe ist; denn sie ist etwa[1]) 0,001 mm. stark. Es wäre doch sehr wunderbar, wenn bei so gewaltigen Druckkräften diese Membran nicht nach aussen gepresst und schliesslich in allen Zellen gesprengt würde. Keines von beiden aber ist der Fall: sie ist immer nach aussen concav und bleibt unversehrt, so oft man auch den Vorgang wiederholen mag. Diese Thatsachen widersprechen schnurstracks der Prantl'schen Hypothese und ich sehe nicht ein, wie man sich ihrer Logik entziehen könnte.

Wenn ich die Prantl'sche Ansicht wiederholt als eine Hypothese bezeichnet habe, so geschah dies in der Erwägung, dass ein direkter Beweis dafür nirgends erbracht, sondern nur der indirekte Schluss gezogen wird: da nur zwei Möglichkeiten vorhanden sind und die des Gegners nicht statthaben kann, so muss die andere die richtige sein. Gegen diese Folgerung lässt sich natürlich nichts einwenden, wenn die materielle Grundlage nicht angezweifelt werden kann. In wie weit dies der Fall ist,

---

[1]) Bei *Scolopendrium*, worauf sich alle Angaben dieser Untersuchungen beziehen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0184-1

soll im folgenden nachgewiesen werden, womit ich die im Titel versprochenen neuen Beiträge beginne.

Prantl macht als Haupteinwand gegen meine Erklärung folgenden Versuch geltend, den er selbst als einwurfsfrei bezeichnet: Er bringt auf den Objektträger unter Deckglas Sporangien in Wasser und kocht, wodurch nach seiner Ansicht die Luft aus dem Wasser entfernt wird. In einiger Entfernung befindet sich auf demselben Objektträger ein Tropfen Glycerin ebenfalls unter Deckglas, welcher darauf in derselben Weise luftfrei gemacht wird. Während des Siedens wird mittelst des Deckglases das Glycerin an das Wasser herangebracht, beide mischen sich, die Sporangien schnellen und sind mit Luft erfüllt. Ob dieselbe die Spannung der atmosphärischen hat, wird nicht festgestellt, dürfte am Ende seine Schwierigkeiten haben; aber auch ohnedies glaube ich nicht an die Beweiskraft dieses Versuchs. Ich glaube nicht daran, dass es überhaupt möglich ist, eine dünne Schicht Wasser, welche unter einem Deckglas sich befindet, durch Kochen von Luft frei zu machen; denn erstens ist die Oberfläche, welche dieselbe dem Eindringen der Luft darbietet, im Verhältnisse zum Volumen viermal so gross als die eines mit Flüssigkeit gefüllten Cubikcentimenters, und zweitens wird das Wasser beim Kochen durch die unter dem Deckglase entstehenden Blasen fortwährend hervorgetrieben und dadurch seine Berührungsfläche gegen Luft ganz bedeutend vergrössert. Dazu kommt noch, dass das kochende Glycerin über eine Glasflaeche bewegt wird, welche soeben mit Luft in Berührung war und an seiner Oberfläche solche enthielt. Mögen nun diese Bedenken begründet sein oder nicht, sie waren für mich Veranlassung auf Wege zu denken, durch welche jene Möglichkeiten ausgeschlossen würden. Ich habe geglaubt, dies auf folgende Weise annähernd erreicht zu haben:

In einem Reagensglase befanden sich in Wasser Sporangien und wurden darin anhaltend gekocht. Da dieselben sich dabei stets an der Oberfläche ansammelten, so wurden sie in ein Leinwandläppchen eingewickelt, letzteres zusammengebunden und durch ein Stück Metalldraht auf dem Boden des Reagensglases festgehalten. Zu derselben Zeit und in derselben Flamme wurde in einem zweiten Reagensglase Glycerin gekocht. Nachdem das Kochen so lange fortgesetzt war, bis man annehmen konnte, dass die Luft vollständig entfernt sei, wurde schnell das Glycerin in das Wasser gegossen. Die Untersuchung der er-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0185-6

kalteten Sporangien ergab, dass eine Anzahl von Zellen ganz luftfrei und mit Flüssigkeit gefüllt war, ein anderer Teil enthielt neben Flüssigkeit nur kleine Luftblasen, daneben waren aber auch solche vorhanden, deren ganzes Lumen davon angefüllt war. Ich bin geneigt, dieses Ergebnis dahin zu deuten, dass das von mir gewählte Verfahren die Luft aus dem Flüssigkeitsgemische vollständiger entfernt hatte, als dies bei Prantl der Fall war; in einer Anzahl von Zellen enstanden leere Räume dadurch, dass das Wasser vom Glycerin ausgezogen wurde, und diese füllten sich während des Erkaltens durch den Ueberdruck von aussen allmählich mit dem Gemische an; in andere drang daneben etwas Luft ein und ein dritter Teil füllte sich vollständig damit an.

Die Zellen von der zweiten und dritten Art beweisen nichts gegen meine Ansicht; denn eine einfache Ueberlegung zeigt, dass auch bei der von mir gewählten Versuchsanstellung immer wieder Luft durch die im oberen Teile sich verdichtenden und der kochenden Flüssigkeit sich beimischenden Wasserdämpfe sich beimengen muss; dagegen dürften die ganz luftreien Zellen einen für die Prantl'sche Erklärung schwer zu beseitigenden Einwand begründen, besonders wenn ich hinzufüge, dass die Annuli durch die Behandlung mit kochendem Wasser und Glycerin nichts von ihrer Beweglichkeit eingebüsst hatten, wovon ich mich durch eine Probe mit gut ausgewachsenen Sporangien überzeugte. Ebenso will ich hier gleich den anderen möglichen Einwand zurückweisen, dass zwar concentriertes Glycerin nicht in die Annuluszellen eindringe, dass dagegen die Membran der entstandenen Mischung den Durchgang gestatte. Dass dies nicht der Fall, konnte leicht geprüft werden, wenn man diese Mischung später an mit Wasser gefüllte Annuli heran brachte. Es zeigte sich, dass dieselben dann in normaler Weise rückwärts gekrümmt wurden, schnellten und ihr Lumen mit Luft füllten.

Hiernach habe ich also auf Grund deselben Gedankens nur mit anderer Versuchsanordnung bewiesen, dass die Luft nicht aus dem Innern, sondern aus der Atmosphäre stammen muss; denn dieselben Zellen, welche zuvor ihre Wasserfüllung auf Zusatz von Glycerin abgegeben und sich darauf unter dem Ueberdrucke der Atmosphäre mit dem Gemisch beider gefüllt hatten, waren, als sie das nächste Mal wieder schnellten, mit Luft gefüllt. Es steht also Experiment gegen Experiment, und

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0186-2

man mag über die grössere oder geringere Zuverlässigkeit des einen und des anderen geteilter Meinung sein, so wird man das eine nicht in Abrede stellen können, dass dem Prantl'schen Versuche eine entscheidende Bedeutung, wie er meint, nicht beizumessen ist.

Dasselbe Experiment gab noch zu folgenden weiteren Erwägungen Veranlassung: Wenn die nach meiner Betrachtungsweise luftleeren Zellen einem Gemische von Wasser und Glycerin, welches unter gewöhnlichen Umständen nicht eindringt und stark genug ist, um die mit Wasser gefüllten Zellen zu entleeren, den Eintritt gewährt, so durfte man auch erwarten, dass am Ende trockene Sporangien, in Glycerin längere Zeit erwärmt, sich damit füllen würden, da unter der Voraussetzung permeabler Membranen die durch Wärme ausgedehnte Luft herausgehen und dafür durch den Ueberdruck von aussen Glycerin eintreten müsste. Diese Voraussetzung bestätigte sich denn auch im vollen Umfange: Trockene Sporangien wurden in einem Reagensglase, welches durch einen Baumwollenpfropf verschlossen war, mit Glycerin zusammengebracht und darin im Wasserbade etwa eine halbe Stunde erwärmt. Die Untersuchung nach dem Erkalten ergab, dass sämtliche Zellen mit Glycerin gefüllt waren. Ein Zusatz von diesem zu in Wasser liegenden Sporangien genügte, um dieselben rasch zum Schnellen zu bringen, und die erwärmten Sporangien zeigten, nachdem sie gut mit Wasser ausgewaschen waren, die bekannten Bewegungen der intakten, ein Beweis, dass sie durch das Verfahren keine wesentlichen Veränderungen ihrer Eigenschaften erlitten hatte.

Wenn dasselbe Glycerin kalt zu trocknen mit Luft gefüllten Sporangien zugesetzt und dafür gesorgt wurde, dass es aus der Atmosphäre keine Feuchtigkeit aufnehmen konnte, so drang auch nach tagelanger Einwirkung nichts in das Innere ein.

Betrachtet man die Membran als permeabel, so ist, wie oben erwähnt, die Erklärung des Ganzen sehr einfach. Stellt man sich aber auf Prantl's Standpunkt, so bleibt wieder nichts anderes übrig, als mit höchst unwahrscheinlichen Annahmen den Erscheinungen Gewalt anzuthun. Man wird etwa sagen können: der hygroscopische Körper im Innern der Zellen verhält sich anders zu kaltem als zu heissem Glycerin; nur das letztere wird angezogen und dringt durch die für Luft imper-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0187-8

meable Zellhülle u. s. w. nach Belieben. Es liegt klar am Tage, dass auf diese Weise alles erklärt werden kann.

Eine weitere Reihe von Versuchen, welche hauptsächlich dazu dienten, die Consequenzen der gegenteiligen Anschauungen zu prüfen, war durch die Anwendung der Luftpumpe, der Compressionspumpe und der Geissler'schen Kammern gegeben. Eine ganz neue Hahnluftpumpe, durch welche es gelang, den Luftdruck unter dem Recipienten bis auf 2 mm. zu verringern, diente zunächst dazu, meine früheren Ergebnisse einer erneuten Prüfung zu unterwerfen, wodurch nur deren Richtigkeit bestätigt wurde, d. h. die genugsam beschriebenen Bewegungen der Annuli erfolgten auch in einem fast luftleeren Raume.

Die Thatsache, dass ein so geringer Druck beim Verdunsten des Wasserinhaltes genügt, um die verhältnismässig dicke Bodenmembran der Annuluszellen, über deren physikalische Beschaffenheit wir allerdings nichts wissen, zu biegen, ist auffallend, man mag auf meinem oder Prantl's Standpunkte stehen; allein als ganz unerklärlich möchte ich sie doch nicht hinstellen; denn 2 mm. Quecksilber sind für diese mikroskopisch kleinen ganz unwägbaren Gebilde immer noch eine ganz beträchtliche Kraft.

Ebenso steht es mit unseren jetzigen Erfahrungen über die Permeabilität der Membranen gewiss nicht im Einklange, dass schon bei einem Ueberdruck von 2 mm. durch die Zellmembran Luft ziemlich reichlich und schnell hindurchgehen soll; doch ist das letzte wohl ebensogut möglich wie das erste sicher ist. Dass im luftverdünnten Raume das Springen der Sporangien viel leichter, d. h. durch eine viel geringere Kraft, erfolgen kann, wo der Bewegungswiderstand im Verhältnisse der zunehmenden Luftverdünnung abnimmt, ist bei so kleinen aus Zellulosebläschen bestehenden Objekten wohl zu beachten, ändert aber doch im Ganzen wenig an der Sache. Legt man dagegen den durch die andere Erklärung gegebenen Massstab an, so ist nicht zu läugnen, dass auf den ersten Blick manches Unbefriedigende der vorigen schwindet. Dafür aber entstehen neue Schwierigkeiten, die sich schwerlich beseitigen lassen dürften. Man müsste nämlich, wenn ein äusserer Druck von 2 mm. genügt, um die Annuli nach rückwärts bis zur Berührung ihrer beiden Enden zu spannen, eine Thatsache, die auch Prantl nicht in Abrede stellen kann, erwarten, dass die in den einzelnen Zellen eingeschlossene Luft, deren Spannung ja nach Prantl annähernd eine Atmosphäre betragen soll, im Vacuum sowohl

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0188-4

auf die dicken Seitenwände als auch auf die dünne Deckmembran einen Druck ausüben würde, genügend stark, um die Annuli wieder in die Lage zurückzuführen, welche sie im reifen Sporangium haben, während bekanntlich beim Auf- und Zuklappen unter dem Atmosphärendrucke die definitive Ruhelage der trockenen Sporangien der geraden Linie sich mehr oder minder nähert; und man sollte ferner erwarten, dass im Vacuum die unter der Wirksamkeit der von der eingeschlossenen Luft herrührenden Spannung völlig geschlossenen Sporangien in dem Augenblicke Oeffnungsbewegungen machen und sich strecken würden, in welchem man Luft in die Geissler'sche Kammer wieder eintreten lässt. Von alledem ist auch nicht das geringste zu beobachten, sondern alles verläuft in der bekannten Weise: die mit Wasser gefüllten Annuli, welche im Vacuum getrocknet wurden, waren nach dem Zusammenklappen gerade gestreckt, die Druckmembran nach aussen concav, und auch das Einströmen der Luft in die Kammer brachte in dieser Beziehung nicht die kleinste Aenderung hervor. Wenn aber Sporangien eben noch einem Drucke von 2 mm. Quecksilber leicht nachgaben und sich nach rückwärts umbogen, so müsste sie zweifellos unter der in ihrem Innern herrschenden Spannung einer Atmosphäre sich schliessen. Es ist gerade die Prüfung dieses Punktes als eine der wesentlichsten Folgerungen der Prantl'schen Lehre von der Impermeabilitat der Membran und der in den Zellen gefangenen Luft, von mir mit den verschiedensten Abänderungen wiederholt worden, doch stets ohne den zu erwartenden Erfolg.

Eine Anordnung des Versuchs war beispielsweise folgende. Die Geissler'sche Kammer, welche trockene Sporangien enthielt, war durch eine Bleiröhre mit der Luftpumpe in Verbindung gesetzt und konnte durch einen Hahn plötzlich der Wirksamkeit des Vacuums ausgesetzt werden, ohne dass ein Annulus irgend welche Veränderung, sei es seiner Gesamtrichtung, sei es der Concavität der über die einzelnen Zellen gespannten Meniscen erkennen liess. Nach diesem Misserfolge musste die wenn auch entfernte Möglichkeit ins Auge gefasst werden, dass der Ueberdruck der in den Zellen eingeschlossenen Luft, der im leeren Raume sich hätte äussern müssen, nicht stark genug sei, um den Annulus zu schliessen. Es wurde daher dieselbe Geissler'sche Kammer an die Compressionspumpe angeschraubt und, nachdem in derselben ein Druck von 3—4 Atmosphären hergestellt war, der Zugang zur Kammer plötzlich geöffnet;

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0189-2

dann hätte dieser Unberdruck die dünne Membran nach innen biegen und den Annulus nach rückwärts spannen müssen; aber auch dieser Fall trat nicht ein, obwohl ein mit Wasser gefülltes Sporangium beim Austrocknen im luftleeren Raume, wie oben gezeigt, sich schon bei einem Ueberdruck von 2 mm. sehr schnell rückwärts bog. Zu solchen Widersprüchen gelangt man bei einer Theorie, welche die Impermeabilität der Membran zur Grundlage hat, während bei der Annahme einer sehr leichten Permeabilität, wie sie von mir gemacht worden ist, die Deutung der obigen Experimente keinerlei Schwierigkeiten verursacht. Wenn eben Luft die dünne Decke der Annuluszellen leicht durchdringt, so wird ganz naturgemäss bei einem Druckunterschiede zwischen aussen und innen ebenso schnell, als derselbe hervorgebracht worden ist, durch die Membran hindurch ein Ausgleich erfolgen und jede Bewegung unterbleiben müssen.

Wollte man aber anch diese Deutung der Experimente nicht gelten lassen, so wird man auch hier wieder soviel zugeben müssen, dass sie die Meinung Prantl's, er habe seine Auffassung bewiesen, nicht bestätigen.

Ich komme nun zu der von Prantl gemachten Probe mit Aetzkali, die er zur Untersuchung der in den Zellen eingeschlossenen Luft auf ihre chemische Beschaffenheit vorgenommen hat. Er berichtet darüber S. 45, dass frische verdünnte Kalilauge die Luft absorbiert habe, dass die letztere aber nach Wiederholung des Dehiszenzvorganges nicht mehr zum Vorschein gekommen sei. S. 50 wird dann weiter ausgeführt, dass dieses Reagens in seiner Wirkung etwas abweiche von den anderen wasserentziehenden Mitteln: es bewirkt nur in geringerem Masse eine Raumverminderung der Zellen, alsdann erfolge sogar wieder Schliessung des Sporangiums. Die letzte Angabe bezieht sich augenscheinlich auf in Wasser liegende Objekte, zu denen Kalilauge gesetzt wurde, während im ersteren Falle mit trockenen gearbeitet wurde. Es wird dann noch die Bemerkung hinzugefügt: „nach Einwirkung dieses Reagens erscheint die Luft nicht mehr wieder; sie ist inzwischen in die Umgebung hinausdiffundiert."

Als ich diese Stelle las, erinnerte ich mich eines bei meinen ersten Untersuchungen über diesen Gegenstand gemachten Versuches, den ich als belanglos nicht veröffentlicht hatte. Ich wollte damals mit Schulze'schem Reagens Annuli macerieren, um das Verhalten und den Bau einer einzelnen Zelle eingehen-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0190-6

der kennen zu lernen. Dazu musste zuerst eine Prüfung darüber angestellt werden, ob durch Salpetersäure nicht eine Störung des Vorganges herbeigeführt wurde. Folgendes war das Ergebnis: Nachdem die mit Salpetersäure gekochten Sporangien mit Wasser gut ausgewaschen worden, waren ihre Membranen, wie zu erwarten stand, etwas gequollen. Wenn man sie nun mit Wasser gefüllt an der Luft trocknen liess, so krümmten sie sich unter fortschreitender Entleerung des Inhalts vollkommen zum Kreise zurück, sprangen nun aber nicht mit einem Ruck unter Aufnahme von Luft in die Anfangsstellung über, sondern blieben tagelang in der Endstellung liegen. Genau dasselbe beobachtete ich bei der Behandlung mit kalter verdünnter Kalilauge, die durch Prantl's Angabe veranlasst war, und ich zweifle nicht, dass jedes Quellungsmittel ebenso wirken würde. Wie erklärt nun Prantl diese Erscheinung? Wiederum durch eine ganz räthselhafte Eigenschaft der Kalilauge. Gewöhnliches Wasser, eine Barytlösung, und eine dreiprocentige Chlorcalciumlösung, welche eindringen, nehmen die Luft auf, lassen aber, so weit man es beobachten kann, die Membran unverändert; sie geben die Luft wieder frei, wenn sie die Zellen verlassen. Ganz anders Kalilauge. Auch sie tritt ein, saugt die Luft auf und geht wieder heraus, aber mit ihr auch die Luft. Durch das Quellen der Membran ist also dieselbe nach Prantl für Luft permeabel geworden. Auch hier kann ich die schon oben gemachte Bemerkung nicht unterdrücken, dass diese Veränderung recht wohl denkbar aber wenig verständlich ist. Ich habe, als ich die Wirkung der Salpetersäure sah, in Uebereinstimmung mit meiner Auffassung des ganzen Vorganges gerade die umgekehrte Annahme gemacht: während die Membran sonst leicht für Luft permeabel ist, verliert sie durch Quellung diese Eigenschaft; daher krümmen sich wohl die Sporangien nach rückwärts, aber sie können nicht mehr springen, weil aus der Atmosphäre nichts mehr eindringen kann. Ein Beweis für oder wider ist dies Experiment natürlich auch nicht; denn durch zwei entgegengesetzte nicht zu prüfende Annahmen lässt es sich für jede der beiden Theorien verwerten. Von Bedeutung ist es nur in sofern, als der Grad der Wahrscheinlichkeit der einen oder der anderen Voraussetzung wie mir scheinen will ein verschiedener ist und ich meine, das bessere Teil auf meiner Seite zu haben.

Einen sicheren Weg, der alle Zweifel gegen die von mir

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0191-2

vertretene Ansicht beseitigte, würde man meines Erachtens beschritten haben, wenn es gelänge, die Zellen des Annulus mit einer Gasart zu füllen, für welche ein ausserordentlich empfindliches Reagens bekannt ist. Meine Bemühungen in dieser Richtung haben leider keinen Erfolg gehabt; doch sei es mir gestattet, über eine Art derselben zu berichten nur um meine Meinung näher darzulegen: Herr Pringsheim erwähnt in einem seiner letzten Aufsätze in den Berichten der Deutschen Bot. Ges.[1]) das Schützenberger'sche Reagens, eine weisse wässrige Flüssigkeit, welche durch Spuren von Sauerstoff blau gefärbt werden soll. Demgemäss wurden feuchte, auf einem nassen Streifchen Löschpapier liegende Sporangien in eine Glasröhre gebracht und ein gut getrockneter Sauerstoffstrom darüber geleitet. In demselben trockneten der Papierstreif und die Sporangien allmählich und letztere sprangen in bekannter Weise. Hierauf wurden dieselben schnell auf den Objektträger ausgeschüttet, ein Deckglas darüber gelegt und nun das Reagens zugesetzt, welches wie Wasser schnell die Lumina füllte, ohne jedoch seine Farbe zu verändern. Der zu grunde gelegte Gedanke ist hiernach leicht erkennbar: Wenn die von mir vertretene Ansicht von der leichten Permeabilität der Membran die richtige ist, so muss beim Schnellen im Sauerstoff-Strome dies Gas eindringen und später das Schützenberger'sche Reagens, welches den O aus den Zellen verdrängt, bei der Berührung mit demselben sich blau färben. Wenn aber Prantl recht hat, dass die Membran impermeabel ist und die eingeschlossene Luft eine der Atmosphäre ähnliche Zusammensetzung hat, also zu $^4/_5$ aus N besteht, so wird durch dieselbe die Farbe der Schützenberger'schen Flüssigkeit entweder nur schwach oder gar nicht verändert werden. Natürlich ist von vorn herein die Möglichkeit einer so grossen Empfindlichkeit des Reagens nicht ausgeschlossen, dass schon das eine Fünftel Sauerstoff rasch die eindringende Flüssigkeit blau färbt; das war jedoch nicht der Fall, wie ein bezüglicher Vorversuch zeigte. Damit wäre also die Controverse im Sinne Prantl's entschieden gewesen, wenn sich nicht nachträglich herausgestellt hätte, dass die mir gelieferte Flüssigkeit keineswegs die Eigenschaften hatte, um deren willen sie angewendet worden war; denn als ich etwas davon in ein Reagensglas brachte und Sauerstoff un-

[1]) Jahrgang 1886 Heft 11 S. LXXXVI.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0192-8

gefähr 5 Minuten lang hindurchleitete, erlitt die Flüssigkeit keine bemerkbare Veränderung; nur die aufsteigenden Gasblasen, welche eine zeitlang an der Oberfläche sich hielten, ehe sie platzten, waren von einer bläulichen Flüssigkeitshaut umgeben.

Andere Versuche in derselben Richtung scheiterten an anderen Schwierigkeiten, die sämtlich durch die Reinheit der Objekte bedingt waren, so dass es mir nicht gelungen ist, die Frage in dem einen oder anderen Sinne zu entscheiden. Nur das eine denke ich unzweideutig klar gestellt zu haben, dass Prantl seine Ansicht keineswegs bewiesen hat.

Der zweite wichtigste Punkt der Theorie ist die Erklärung der Kraft, durch welche das Wasser in die luftgefüllten Zellen aufgenommen wird. Ich hatte in meinen früheren Arbeiten über diesen Gegenstand die Ansicht vertreten, dass die in den Zellen enthaltene Luft etwas verdünnt sei und dass infolge dessen durch den Ueberdruck der Atmosphäre ein Hineinfiltrieren von Wasser stattfinde. Es war dies mehr eine gelegentlich ausgesprochene Bemerkung, die ich weder durch Experimente gestützt noch weiter ausgeführt hatte, da für mich die Hauptfrage die oben besprochene war. Nachdem jedoch durch Prantl diese Frage in den Vordergrund gerückt worden war, sah ich mich veranlasst, mich ebenfalls näher damit zu beschäftigen, zumal ich einsah, dass so ohne weiteres meine Auffassung nicht genügte, denn der Einwand würde mir nicht erspart worden sein, dass, wenn die Luft im Innern der Zellen $^1/_2$ Atmosphäre Spannung besässe und es würde durch den Ueberdruck von aussen Wasser hineingepresst, sich das Lumen der Zellen doch nur zur Hälfte damit füllen könnte, da ja dann der Druck innen und aussen gleich und somit die Filtrationsursache weggefallen wäre. Prantl hebt nun hervor, dass die Luft im Innern nicht verdünnt sein könne — den experimentellen Beweis dafür tritt er nicht an — und entwickelt dann seine auf osmotische Versuche gestützte Theorie, dass im Innern ein Wasser anziehender Stoff vorhanden sei, dessen anziehende Kraft grösser als die einer dreiprocentigen, aber kleiner als die einer fünfprozentigen Lösung von $CaCl^2$ sei. Ich weiss nicht, wie gross die endosmotische Kraft einer drei- bis fünfprozentigen Lösung dieses Salzes ist; aber davon würde ich mich schwerlich überzeugen können, dass sie erstens hinreicht, den Widerstand der Zellmembran zu verhindern und ausserdem noch den viel grösseren, welchen ein von innen nach aussen wirkender

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0193-4

Druck von 50 bis 60 Atmosphären — vgl. S. 182 — dem Eindringen des Wassers entgegensetzt. Auch weiss ich nicht, was Prantl sich unter dem Wasser anziehenden Stoffe vorstellt, einen Pflanzenschleim, welcher durch Wasseraufnahme sein Volumen um ein Bedeutendes vermehrt, oder einen salzartigen Körper von stark hygroscopischer Beschaffenheit. Fast scheint letzteres der Fall zu sein; denn auf S. 49 spricht er davon, dass die Membran dem Wasser anziehenden Stoffe den Austritt verweigere, was sich nur auf ein Salz beziehen kann, da für Schleimgebilde eine solche Voraussetzung wohl überflüssig wäre. Für beide Fälle aber halte ich meine früher aufgestellte Forderung, mir den osmotisch wirksamen Stoff zu zeigen, unbedingt aufrecht und lasse mich nicht mit dem Hinweise auf eine turgescente Parenchymzelle zufrieden stellen, bei welcher man, wie ich sehr wohl weiss, den osmotisch wirksamen Stoff nicht aufzeigen kann und für welche mir nicht eingefallen wäre, die Forderung der Demonstration zu stellen. Bei toten Zellen, welche nur einen spärlichen bräunlichen Wandbeleg haben, liegt aber, die Sache ganz anders. Hier ist kein in seinen chemischen Einzelheiten unbekannter Lebensvorgang, sondern ein salzartiger, im Wasser löslicher Körper vorhanden, welcher nach der Verdunstung des letzteren als sichtbare Kruste der Zellhülle im Innern anhaften und an trockenen durchschnittenen Sporangien durch verschiedene Lichtbrechung sichtbar werden müsste.

An ebensolchen Präparaten müsste auch ein Pflanzenschleim erkennbar sein: ein heller Saum an der Innenseite würde auf Zusatz von Wasser schnell breiter werden und mit fortschreitender Quellung zuletzt verschwinden. Wiederholte Beobachtungen meinerseits an dünnen Längsschnitten haben aber nie etwas Derartiges erkennen lassen, so dass ich trotz der Versuche mit Chlorcalcium meine Zweifel an der Richtigkeit der Prantl'schen Auffassung auch bezüglich dieses Punktes nicht aufgeben kann und dieselbe, da sie auf der Construction unauffindbarer Substanzen beruht, denen die durch die Beobachtungsthatsachen geforderten Eigenschaften beigelegt werden, als eine Erklärung betrachte, bei welcher die Behauptung in die Voraussetzung aufgenommen ist. Im übrigen ist die Beobachtung Prantl's, dass 10-, 20- und 30-procentige Lösungen von Chlorcalcium nicht in die Zellen des Annulus eindringen nach meinen Erfahrungen eine ungenaue; wenigstens habe ich ganz zweifellos die Thatsache feststellen können, dass, wenn man die Sporangien einige Tage in der 10- und 20-procentigen Lösung stehen liess, alle Zellen sich damit füllten; nach 8—14 Tagen war auch die 30-procentige Lösung vollkommen eingedrungen, so dass auch für noch stärkere Gemische dasselbe Verhalten ausser Zweifel steht.

(Schluss folgt.)

Redacteur: **Dr. Singer.** Druck der F. H. Neubauer'schen Buchdruckerei (**F. Huber**) in Regensburg.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0194-0

blicke, in welchem in jeder einzelnen Zelle des Annulus die eingestülpte Deckmembran ihren tiefsten Punkt erreicht hat und der sinkenden Oberfläche des eingeschlossenen Wassers nicht weiter zu folgen vermag, entsteht unter ihr ein leerer Raum, in welchen von aussen Luft hineingepresst wird. Dadurch springen in jeder einzelnen Zelle die Pfeiler auseinander, was in den meisten Fällen in vielen oder allen Zellen zugleich geschieht, wodurch in erfolgreicher Weise die anhaftenden Sporen fortgeschleudert werden. Nach dem Zusammenklappen verdunstet der Rest des Wassers ohne Formveränderung des Annulus, wobei dasselbe durch zuströmende Luft ersetzt wird. Ist der Vorrat erschöpft, so wird die dünne Deckmembran trocken und verkürzt sich, wobei mit Hülfe der Pfeiler, welche als Hebel wirken, der dicke Boden gespannt und aus seiner Gleichgewichtslage gebracht wird. Wenn dann die dünne Decke durch Thau oder Regen benetzt wird, so lässt der von ihr ausgehende Zug nach und die Bodenmembran strebt ihre Ruhelage zu erreichen. Dadurch entsteht eine nach dem Zellinnern wirkende Saugkraft, vermöge welcher Luft und Wasser durch die Interstitien der dünnen Decke wandern. Letzteres presst vermittelst der kapillaren Spannung die in den Zellen enthaltene Luft zusammen, welche durch das umgebende Wasser und die Membran hindurch nach den Orten geringeren Druckes d. h. nach aussen strömt. Dadurch füllt sich die Zelle wieder mit Wasser, so dass der eben geschilderte Vorgang von neuem beginnen kann.

Botanisches Institut der Universität.

Berlin, im März 1887.

Corrigenda.

In der vorangegangenen Nr. 12 blieben leider einige sinnstörende Druckfehler stehen, die wir zu verbessern bitten.

Flora Nr. 12:

pag.	181	Zeile	14	von oben:	enthält statt entleert.
„	184	„	18	„ unten:	ausgewaschenen statt ausgewachsenen.
„	187	„	16	„ oben:	Deckmembran statt Druckmembran.
„	188	„	1	„ „	Ueberdruck statt Unberdruck.
„	191	„	6	„ „	Kleinheit statt Reinheit.
„	191	„	2	„ unten:	überwinden statt verhindern.

Anzeige.

Botanisir- **Stöcke, -Mappen, -Büchsen, -Spaten, Pflanzenpressen** jeder Art, **Loupen**. Gitterpressen M. 3.— (weitgefl. M. 2.25) und Neu! mit Tragriemen M. 4.50; Schutzdecken dafür, Spatentaschen. — Ill. Preisverzeichnis frei.

Friedr. Ganzenmüller in Nürnberg.

Redacteur: **Dr. Singer.** Druck der F. H. Neubauer'schen Buchdruckerei (**F. Huber**) in Regensburg.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0210-3

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1887

Band/Volume: 70

Autor(en)/Author(s): Schrodt J.

Artikel/Article: Neue Beiträge zur Mechanik der Famsporangien 177-192