

Sitzung vom 31. Januar 1902.

Vorsitzender: Herr L. KNY.

Als ordentliche Mitglieder sind vorgeschlagen die Herren:
Suringar, Dr. J., Wageningen (durch A. ENGLER und CARL MÜLLER).

Zu ordentlichen Mitgliedern sind proclamirt die Herren:

Baesecke, P., Apotheker in **Bingerbrück**,
Hegi, Dr., z. Z. in **Berlin**,
Hiltner, Dr., Regierungsrath in **Berlin**,
Winkler, Dr. Hubert, in **Breslau**.

Mittheilungen.

**I. E. Schwabach: Zur Entwicklung der Spaltöffnungen
bei Coniferen.**

Mit Tafel I.

Eingegangen am 5. Januar 1902.

Die Entwicklung der Spaltöffnungen an Coniferen lässt sich im Frühling nur kurze Zeit verfolgen (meine Untersuchungen beziehen sich auf Ende April bis Mitte Mai geschnittene Knospen), denn schon wenige Wochen, nachdem man die ersten Anlagen beobachten konnte, ist der Vorgang beendet, und der Spaltöffnungsapparat erscheint gerade so gestaltet, wie in einem ein- oder mehrjährigen Blatte. An Nadeln, die noch ganz in der Knospe eingeschlossen sind, findet man erst spät Spaltöffnungsanlagen, während derjenige Theil, der zum Gefässbündel wird, schon früh von dem ihn umgebenden Paren-

chymgewebe differenziert erscheint; auch die Harzgänge gelangen in diesem Stadium von der ersten Anlage bis zur weiteren Entwicklung gut zur Beobachtung. Die Bildung der Spaltöffnungen scheint erst einzutreten, wenn für die Nadel die Nothwendigkeit der Durchlüftung gegeben ist. A. MAHLERT hat im Bot. Centralblatt 1885, Bd. 24, in seinen Beiträgen zur Kenntniss der Anatomie der Laubblätter der Coniferen den Spaltöffnungsapparat besonders berücksichtigt. Er geht auf dessen Entwicklung etwas näher ein, beschreibt das frühe Auftreten der Längswand in denjenigen Zellen, aus denen die Schliesszellen hervorgehen, und veranschaulicht diesen Vorgang an der Hand einiger Flächenschnitte. Weiterhin geht er auf die Verholzung der Schliesszellen ein, wobei er besonders auf die Querschnitts-, ebenso wie auf die Polansicht derselben Bezug nimmt. Ich selbst verfolgte die erste, sowie die spätere Entwicklung des Apparates an Querschnitten von *Picea*, *Abies*, *Juniperus*, *Larix* und *Pinus*, will aber hier im Besonderen auf die Querschnittsbilder, die ich bei den Spaltöffnungen der *Picea*-Nadel fand, eingehen, da die Entwicklung dieser auch bei den anderen beobachteten Coniferennadeln ähnlich verläuft.

Der beinahe quadratische Querschnitt des ganz jungen Blattes von *Picea* lässt die äusserst zartwandigen Epidermiszellen, die sich noch in keiner Weise von dem darunter liegenden Gewebe unterscheiden, erkennen. In der Mitte jeder der vier Seiten des Quadrates sieht man je drei und drei Zellen zu deutlich von einander getrennten Gruppen zusammentreten (Fig. 1 und 1a). Die mittelste jeder der drei zusammengehörigen Zellen einer Gruppe erscheint stets erheblich breiter, als die beiden sie rechts und links begrenzenden Seitenzellen. Diese fallen ein Wenig schräg nach aussen ab, so dass jede Gruppe von der nächsten durch eine geringe Einkerbung getrennt erscheint und hierdurch selbst deutlicher hervortritt (Fig. 1). Die mittlere breite Zelle beginnt bald sich zu theilen. Während man zuerst in derselben einen deutlichen Kern unterscheidet, erkennt man in ihr demnächst deren zwei, die in der weiteren Entwicklung durch eine Wand geschieden werden. Während des Theilungsprocesses sinkt die mittelste Zelle nach innen, so dass, wenn derselbe vollendet ist, ihre Lage bereits eine erheblich tiefere, als die der beiden Seitenwände geworden ist (Fig. 1a). Diese, die durch die Senkung der mittleren etwas schräg herabgezogen werden, wölben sich nun bereits ein Wenig zu beiden Seiten über die Mittelzelle, und wir sehen hier die erste Andeutung zu dem späteren Krater, in dessen Grunde wir die fertige Spaltöffnung finden (Fig. 1a). Die neu gebildete Wand beginnt in ihrem oberen Theile Verdickungen zu zeigen, und zwar nach oben fortschreitend immer stärkere, so dass diese Verdickungen im Querschnitt das Bild eines mit der Spitze

nach unten gerichteten Dreiecks gewähren (Fig. 2). Die Verdickung erstreckt sich ungefähr auf ein Drittel der Wand; eine kleine Stelle in der Mitte derselben bleibt noch lange unverdickt, während der untere Theil später auch Verstärkungen, aber nie so beträchtliche, wie die zuerst am oberen Ende beobachteten zeigt. Inzwischen beginnen auch die beiden Nebenzellen sich zu theilen (Fig. 2). Eine jede zerfällt in zwei, von denen die eine zu einer stark verdickten, sich in keiner Weise von den übrigen unterscheidenden Epidermiszelle wird, während die den Schliesszellen zunächst liegende enorme Verdickungen annimmt, sich über die Spaltöffnungszellen wölbt und mit der ihr gegenüber liegenden Zelle die vertiefte Grube bildet, in deren Grunde der Spaltöffnungsapparat liegt. Die Verdickungen der beiden zu diesem Apparat gehörigen Zellen, die zuerst nur an der mittleren Scheidewand auftreten, dehnen sich im weiteren Verlaufe auch auf den ganzen oberen Theil dieser Zellen aus. Dem oberen verdickten Theil dieser Wand rechts und links gegenüber (siehe Querschnittsbild) treten Verstärkungen der Rückenwand auf, die mit den ersten Verdickungen auf der Bauchseite einen spitzen Winkel bilden (Fig. 3, 4 und 5). Es ist dies eins der charakteristischsten Merkmale der jungen Spaltöffnungen. Das Plasma, das man in diesen Zellen noch deutlich sieht und das den von den Wandverdickungen frei gelassenen Raum ganz ausfüllt, zeigt hier die Gestalt einer Birne, deren Basaltheil nach oben gerichtet ist (Fig. 4). Nun beginnt die Trennung der beiden Spaltöffnungszellen. Sie weichen von innen nach aussen fortschreitend aus einander, wodurch die unmittelbar darunter liegenden Zellen ebenfalls getrennt werden, so dass man dort die ersten Anfänge der Athemhöhle zu suchen hat (Fig. 4). An der Bildung derselben betheiligt sich auch noch die darauf folgende untere Zellschicht. Liegen dort zwei Zellen, so weichen sie mehr oder weniger aus einander; befindet sich dort aber eine einzige grosse Zelle, so wächst sie nur noch in der Weise weiter, dass eine U-förmige Vertiefung entsteht, die zur Athemhöhle gehört (Fig. 11, *u*).

Die Trennung der Spaltöffnungszellen nimmt ihren weiteren Fortgang (Fig. 5). Sie vollziehen eine beträchtliche Drehung und nehmen eine immer schiefere Stellung ein, je weiter die Trennung fortschreitet, die sich zuletzt auch auf das stark verdickte oberste Stück der Wand erstreckt. Die beiden Zellen berühren sich nur noch an dem obersten Punkte ihrer ursprünglichen Scheidewand und stehen nun sowohl oben als unten in einem Winkel von ungefähr 90° zu einander (Fig. 5*a*). Die darüber liegenden Epidermiszellen, die im engsten Zusammenhange mit dem Spaltöffnungsapparate bleiben, müssen natürlich die Drehung mit machen, ihre ursprünglich senkrechte Stellung wird zur horizontalen. Haben schliesslich die Spaltöffnungsapparate ihre definitiv schiefe Lage erhalten, so ist auch der

Krater, in dem sie liegen, durch die Zellen der Epidermis fertig gebildet (Fig. 6). Die charakteristischen spitzen Winkel, die das Lumen der Spaltöffnungszellen auszeichnen, sind nun nicht mehr nach oben, sondern gegen einander, ungefähr auf die gemeinsame Berührungsstelle weisend, gerichtet (Fig. 6). Die stärksten Verdickungen verbleiben demnach der nach aussen gerichteten Seite der Spaltöffnungszellen, während die innere Seite im Verhältniss zur äusseren immer schwächer verdickt erscheint. Die einzige stets dünnwandig bleibende, nie verkorkende Stelle der Wand ist diejenige, an die sich die darunter liegenden, stets mit den Spaltöffnungszellen in Verbindung stehenden Zellen angliedern (Fig. 6, *d*). In Schwefelsäure wird diese Partie aufgelöst, während die übrige Membran von der Säure nicht im Geringsten angegriffen wird¹⁾. Ist die Wasseraufnahme bei der Oeffnungsmechanik, wie jedenfalls anzunehmen, aber bisher bei Coniferen in keiner Weise klar gelegt ist, betheilig, so ist diese Stelle die einzige, die durchlässig bleibt. Hat nun die Entwicklung bereits diesen Grad erreicht, so treten nur noch enorme Verdickungen an der äusseren Seite der Spaltöffnungs- und den darüber liegenden Epidermiszellen auf. Nur die Stelle der letzteren, an der diese sich an die Spaltöffnungszellen anschliessen, bleibt unverdickt und erscheint wie ein Charniergelenk, das dem Spaltöffnungsapparat wohl einen freien Spielraum für die Bewegung lässt (Fig. 6 *g*, 8 *g* und 11 *g*).

Die hier beschriebene Entwicklung des Spaltöffnungsapparates von *Picea* erfolgt in ähnlicher Weise bei *Abies*, *Juniperus*, *Larix* und *Pinus*. Bei *Abies* speciell treten eigenthümliche schiefe Theilungen der den Schliesszellen zunächst liegenden Epidermiszellen auf, so dass diese in zwei nicht gleiche Theile zerfallen und mit der benachbarten, bereits zur Zellpartie des daneben liegenden Spaltöffnungsapparates gehörenden Epidermiszelle eine fächerförmige Gruppe bilden, die ganz charakteristisch für den ausgebildeten Schliessapparat der *Abies*-Nadel ist (Fig. 7 und 8). Bei *Larix* ist die Vertiefung, in der die Schliesszellen sich befinden, keine so grosse wie an anderen Coniferennadeln (Fig. 9); es lässt sich wohl dafür leicht die Erklärung in dem geringeren Schutzbedürfniss der nicht den Winter überdauernden Nadel suchen.

Die *Pinus*-Nadel bietet ein sehr gutes Beobachtungsmaterial durch ihre verhältnissmässig grossen Schliesszellen und auch durch den Umstand, dass man an ein und derselben Nadel alle Entwicklungsstadien der Spaltöffnungen verfolgen kann. Die Nadeln zeigen an ihrem Basaltheil die frühesten, an ihrer Spitze die letzten fertigen Stadien. Das Wachsthum an der Spitze ist längst abgeschlossen,

1) SCHWENDENER, Gesammelte botanische Mittheilungen, Bd. 1.

wenn noch intercalares Wachsthum an der Basis stattfindet. Bei *Pinus* ist noch der ganz besonders tiefe Krater, in dessen Grunde die Schliesszellen liegen, und die enormen Verdickungen dieser und der darüber liegenden Epidermiszellen hervorzuheben (Fig. 10 und 11).

Was nun die Oeffnungsmechanik des Spaltöffnungsapparates all dieser Coniferennadeln betrifft, so ist es mir leider auch nicht gelungen, jemals offene Schliesszellen zu finden, obgleich ich in zwei auf einander folgenden Sommern Versuche mit jungen Nadeln machte, bei denen ich auf einen besseren Erfolg als bei den älteren hoffte. Ein später zu erwähnender Umstand erschwert diese Untersuchung ganz besonders. Es war deshalb unmöglich klar zu legen, wie dieselben functioniren. An alten Nadeln sind die Verdickungen der zum Spaltöffnungsapparat gehörenden Zellen derartige, dass eine Beweglichkeit derselben unwahrscheinlich ist. Allerdings bleibt das bereits erwähnte Charniergelenk oberhalb der Schliesszellen stets unverändert dünn (Fig. 9, *g*), so dass man annehmen muss, dass es bei der etwaigen Oeffnung derselben eine Rolle spielt, ebenso wie der an der Rückenwand befindlichen durchlässigen Stelle sicher eine Bedeutung bei dem Vorgange zukommt.

Dass der Krater, in dessen Tiefe die Schliesszellen aller Coniferennadeln eingesenkt liegen, stets mit einer schwarzen, undurchsichtigen Masse erfüllt ist, glaubte ich zuerst auf Verunreinigung von aussen zurückführen zu müssen, bis ich bemerkte, dass auch in den noch von Knospenhüllen umgebenen Nadeln in dem erst in Bildung begriffenen Krater die gleiche Masse sich findet. K. WILHELM hatte, wie ich erst später sah, dieselbe Beobachtung gemacht und diese bereits 1883 in den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft veröffentlicht; ich glaube aber diese Masse nicht, wie WILHELM, als einen wachsartigen Körper betrachten zu müssen, da ich im Gegensatz zu ihm dieselbe in kaltem absoluten Alkohol leicht löslich fand. Eine andere darauf bezügliche Beobachtung WILHELM's kann ich aber bestätigen; auch ich fand bei vorsichtigem Erhitzen der in Wasser liegenden Schnitte, nach deren Abkühlung, über den Spaltöffnungen liegende Luftblasen, die oft mit einer krystallinisch erscheinenden Masse bedeckt waren. Wachs, das in erwärmtem Alkohol unter dem Deckglase geschmolzen wurde, zeigte nach der Abkühlung ähnliche, aber deutlichere Formen. Ob hier ein Gemisch von Wachs und von in kaltem Alkohol leicht löslichem Harz vorliegt, wie DE BARY in seiner vergleichenden Anatomie als öfters vorkommend angiebt, kann wohl ohne genaue chemische Untersuchung nicht entschieden werden. Jedenfalls hat aber die Lösung dieser Frage kein physiologisches, sondern ein hauptsächlich chemisches Interesse. WILHELM lässt es dahin gestellt, ob diese Masse mit dem körnigen Ueberzug der Oberhaut der Nadeln identisch ist,

der durch DE BARY schon 1871 (Bot. Zeitung) als Wachs erkannt wurde, während F. THOMAS (Jahrbücher für wissensch. Botanik, Bd. IV) denselben für Harz hält.

Der Krater scheint ganz erfüllt von der harzartigen Masse zu sein; doch zeigt dieselbe unter dem Mikroskope in der Mitte eine etwas heller bräunliche Farbe als dort, wo sie den Kraterwänden anliegt. Dass sie stets schwarz und undurchsichtig erscheint, lässt darauf schliessen, dass sie körnig oder schwammig und für Luft durchlässig ist. In Wasser blieb sie unverändert, löste sich aber, wie gesagt, in kaltem Alkohol und Aether augenblicklich, so dass ich annahm, dass es sich hier um keine Wachsausscheidung, sondern um eine Harzabsonderung handelte. Beim Kochen der Schnitte im Wasser unter dem Deckglase verschwand sie sofort; durch dasselbe nahm aber der Inhalt der beiden über den Schliesszellen liegenden Epidermiszellen bei jungen Nadeln eine dunkle Färbung an, während der Inhalt der anderen Epidermiszellen unverändert blieb. Ich glaubte deshalb annehmen zu müssen, dass der Inhalt dieser Zellen eine andere Zusammensetzung hat und in naher Beziehung zu der Harzabsonderung im Krater steht. In einigen dieser die Einsenkung begrenzenden Epidermiszellen fanden sich nach dem Kochen braune Tröpfchen, die wohl durch dasselbe entstanden waren. Wie ZIMMERMANN in seiner Mikrotechnik angiebt, finden sich nach BACHMANN den Membranen von *Lenzites sepiaria* aufsitzend undurchsichtige Kügelchen oder Körnchen einer Harzsäure, die in alkoholischer oder wässriger Kali- oder Natronlauge sehr schnell mit dunkel olivengrüner Farbe gelöst werden. In meinem Falle blieb die Masse nach Anwendung der soeben genannten Laugen unverändert, ebenso in concentrirter Schwefelsäure, die ZOPF zur Lösung von Pilz-Gutti, eines von ihm so genannten gelb gefärbten, harzartigen Stoffes, und einer anderen Harzsäure mit Erfolg anwandte. In Kupferacetatlösung blieb sie noch nach Monaten unverändert.

Wie ich bereits im Vorhergehenden erwähnte, ist das Auffinden offener Spaltöffnungen mit einer besonderen Schwierigkeit verknüpft, die durch die den Krater erfüllende Masse verursacht wird. Ohne dass man die Masse entfernt, ist es nicht möglich, die Schliesszellen im Grunde der Einsenkung zu beobachten; selbst wenn man dieselben von ihrer inneren Seite aus betrachtet, stört auch dann der durchschimmernde schwarze Inhalt, so dass man kein klares Bild des Spaltes erhält. Entfernt man aber den Inhalt mit Alkohol, Aether oder einem ähnlichen Mittel, so wirkt dasselbe, selbst in kurzer Zeit, so wasserentziehend auf die Schliesszellen, dass diese, selbst wenn sie geöffnet gewesen sein sollten, sich doch augenblicklich schliessen würden. —

Da die Oeffnungsmechanik der Schliesszellen bei Coniferen bis

jetzt, wie gesagt, nicht erklärt ist, so beruht natürlich auch die Annahme, dass diese für Luft durchlässige den Krater erfüllende Masse eine weitere Schutzvorrichtung des Spaltöffnungsapparates darstellt, nur auf Vermuthung. WILHELM glaubt es „mit einer Einrichtung zu thun zu haben, deren Bestimmung darin liege, die Transpiration auf ein gewisses Mass herabzusetzen.“ Die in einer sehr tiefen Einsenkung liegenden, zum Theil durch ausserordentliche Verdickungen geschützten Zellen würden durch diese Ausfüllung des Kraters wohl jedenfalls einen ausgiebigeren Schutz erhalten.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1—6. *Picea*.

- Fig. 1. Gruppe von 3 Zellen; die mittelste breite ist die Mutterzelle der Schliesszellen.
- „ 1a. Die mittelste Zelle theilt sich und sinkt ein Wenig nach innen; Beginn der Kraterbildung.
- „ 2. Beginnende Verdickung der die Schliesszellen trennenden Wand. Theilung der angrenzenden Epidermiszellen.
- „ 3. Verdickungen der Rückenwand.
- „ 4. Weiter vorgeschrittene Verdickungen, beginnende Athemhöhle.
- „ 5. Die Trennung der Schliesszellen nimmt ihren Fortgang.
- „ 5a. Die Zellen berühren sich nur noch an dem obersten Punkte ihrer ursprünglichen Scheidewand.
- „ 6. Ausgebildete Spaltöffnung von *Picea*. Der Krater ist von einer schwarzen Masse erfüllt.

Fig. 7—9. *Abies*.

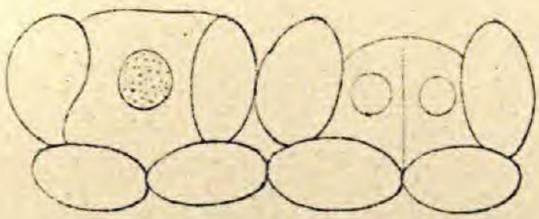
- Fig. 7. Beginnende, schiefe Theilungen der die Schliesszellen überragenden Epidermiszellen.
- „ 8. Ausgebildete Spaltöffnung mit scharf ausgeprägtem Charniergelenk und fächerförmigen Theilungen der Epidermiszellen.
- „ 9. Spaltöffnung einer *Larix*-Nadel. Geringe Einsenkung.
- „ 10. In Entwicklung begriffene Spaltöffnung von *Pinus*.
- „ 11. Fertige Spaltöffnung, tiefer Krater, deutlich ausgeprägtes Charniergelenk.

2. Erich Tschermak: Ueber den Einfluss der Bestäubung auf die Ausbildung der Fruchthüllen. □

Mit Tafel II.

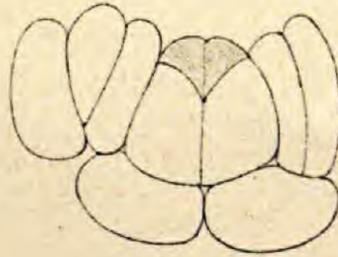
Eingegangen am 13. Januar 1902.

Während meines Aufenthaltes in Gent führte ich im Frühjahre 1898 auf die Anregung des Herrn Professor MAC LEOD hin an einigen blühenden Pflanzen Bestäubungsversuche aus, um festzu-

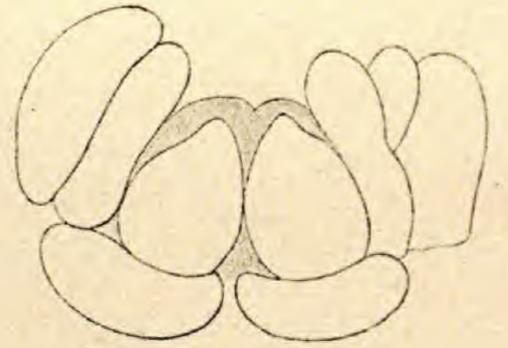


1.

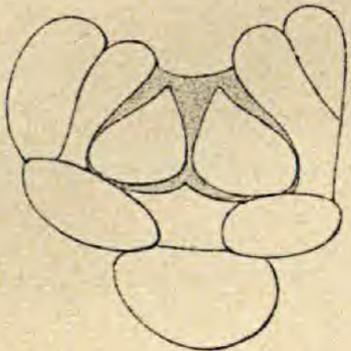
1^a.



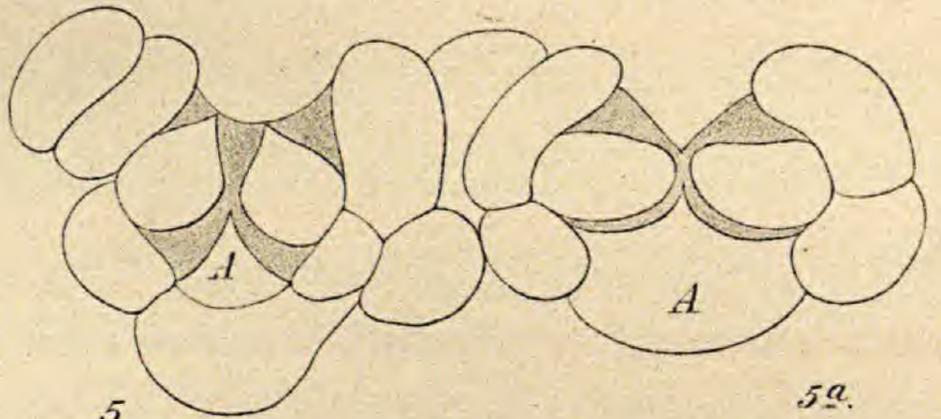
2.



3.

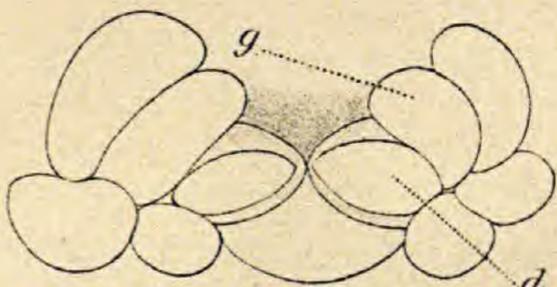


4.



5.

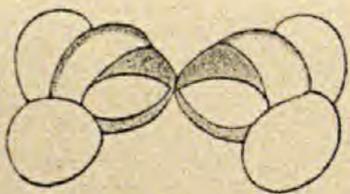
5^a.



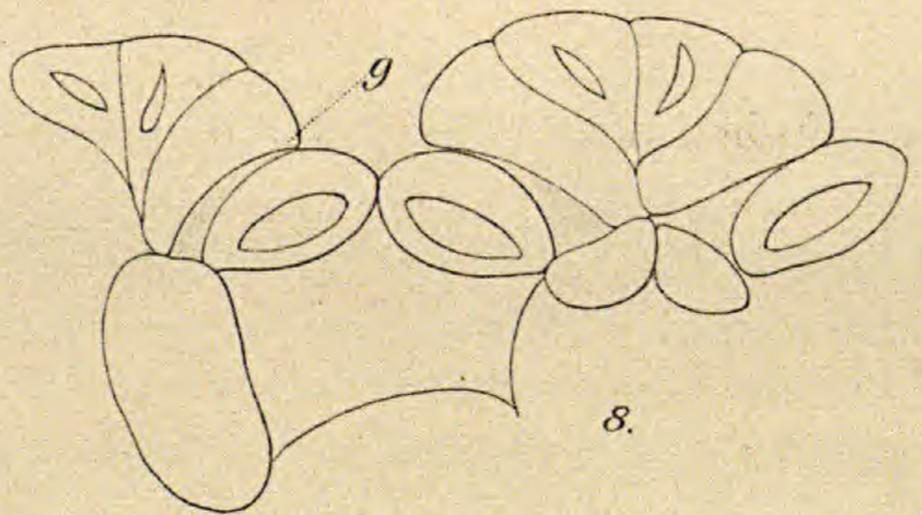
6.



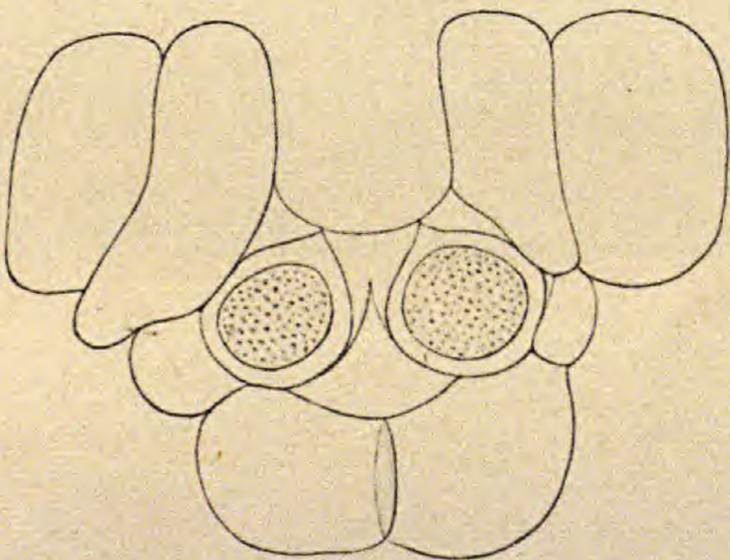
7.



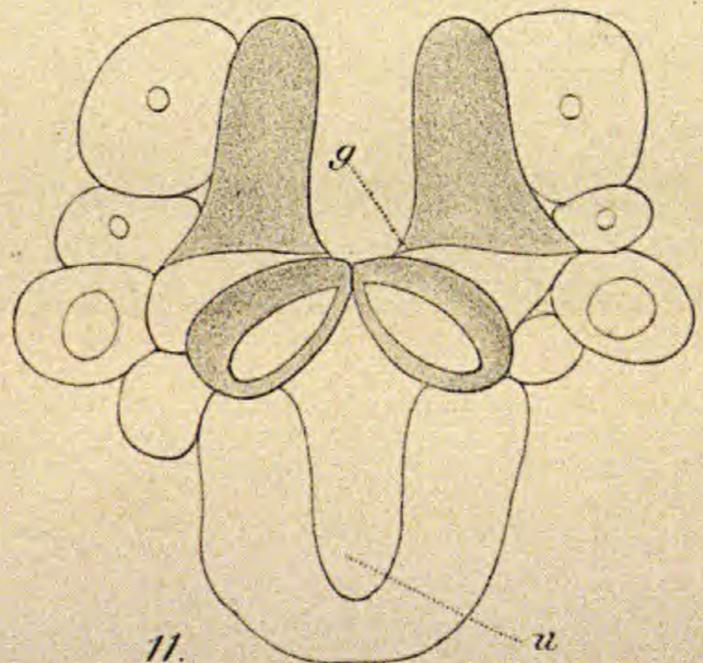
9.



8.



10.



11.

Berichtigungen.

- Seite 1, Zeile 2 von oben lies: „Vorsitzender: Herr A. ENGLER“ statt „Herr L. KNY“.
- „ 2, „ 18 und 19 von oben soll lauten: „. . . da die Entwicklung dieser ähnlich der bei den anderen beobachteten Coniferennadeln verläuft.“
- „ 5, „ 6 von oben streiche „auch“.
- „ 5, „ 16 von oben setze „Fig. 11, g“ statt „Fig. 9, g“.
- „ 6, „ 13 von oben setze „dabei“ für „durch dasselbe“.
- „ 7, „ 9 von oben streiche „jedenfalls“.
- „ 7, „ 15 von unten setze „Fig. 7—8. *Abies*“ statt „Fig. 7—9, *Abies*“.
- „ 36, „ 12 von oben lies: „welcher leichter löslich ist“, statt „welche schwer löslich ist“.
- „ 176 wünscht der Verfasser durch die folgende Berichtigung zu ergänzen:
 „In meiner Arbeit über die Luftwurzeln von *Avicennia* (S. 176) ist meine Darstellung des Streites über den Organcharakter dieser Gebilde leicht etwas missverständlich. WESTERMAIER will sie nämlich nicht selbst als Stammorgane aufgefasst wissen, er betont nur im Gegensatz zu den früheren Autoren diejenigen Eigenthümlichkeiten, welche sie mit Stammgebilden gemeinsam haben, bezeichnet sie selbst aber als Organe sui generis“.
- „ 202, Zeile 12 von unten setze „ Fe_2Cl_6 . . . Spur“ statt „ Fe_2Cl_3 “ . . . 3“.
- „ 202, „ 15 von unten setze „0,2 pCt.“ statt „0,3 pCt.“
- „ 204, „ 7 von oben setze „ Fe_2Cl_6 “ statt „ Fe_2Cl_3 “.
- „ 205, „ 18 von oben setze „beschwerlich“ statt „bemerklich“.
- „ 293, „ 20 von unten setze „Wirthszelle“ statt „Wirthspflanze“.
- „ 323, „ 7 bis 9 von oben ist zu setzen: „. . . dass die concave Krümmung der Sprosse aufgehoben wird und der Spross gerade und schief nach oben gerichtet erscheint.“
- „ 328, Anm. 2, setze hinter „Gesellsch.“ die Jahreszahl „1888“, in Anm. 4 hinter „1892“ die Seitenzahl „442“; statt „ZIEGENHEIN“ setze „ZIEGENBEIN“.
- „ 330, Zeile 2 von unten setze „untersuchenden Lösungen“ statt „untersuchenden“.
- „ 331 setze in der ersten Zeile hinter I.: „Die Culturen wurden vor dem Versuch . . .“
- „ 393, Zeile 2 von unten setze „der südasiatischen Zuckerpalme“ statt „der süd-afrikanischen Zuckerpalme“.
- „ 397, „ 3 von oben setze „28“ statt „27“.
- „ 401, „ 2 von oben setze „Wurzeln“ statt „Wurzel“.
- „ 428 setze über die letzte Kolonne der zweiten Tabelle „27—29tägige Keimlinge“ statt „40tägige Keimlinge“.
- „ 430, Zeile 2 von oben setze „Gesamt- und Eiweissphosphorbestimmung“ statt „gesamten Eiweissphosphorbestimmung“.
- „ 430 setze in der vorletzten Kolonne „0,4656“ statt „0,4645“.
- „ 524, Zeile 4 von unten, lies „Saumbreite“ statt „Samenbreite“.

In Band XIX ist auf S. 560 in Anm. 1, Zeile 9 von unten, „20—36 μ “ statt „20—23 μ “ zu setzen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: [20](#)

Autor(en)/Author(s): Schwabach Elise

Artikel/Article: [Zur Entwicklung der Spaltöffnungen bei Coniferen. 1-7](#)