FLORA.

64. Jahrgang.

No. 35. **Regensburg, 11. Dezember** **1881.**

Inhalt. Max Niggl: Das Indol ein Reagens auf verholzte Membranen. — Literatur. — Personalnachricht.

Das Indol ein Reagens auf verholzte Membranen.

Mikrochemische Untersuchungen von **Max Niggl.**

Im 140. Bande der Annalen der Chemie und Pharmazie erwähnt Prof. A. Baeyer unter den Eigenschaften des von ihm zuerst dargestellten Indol, dass mit Salzsäure befeuchtetes Fichtenholz durch die Dämpfe oder eine alkoholische Lösung des Indol kirschrot gefärbt werde.

Diese Erscheinung lässt sich jedoch nicht nur am Fichtenholz, sondern auch an allen einheimischen Holzarten hervorrufen. In der näheren Verfolgung derselben gelangte ich zur Annahme, dass sie ein Mittel biete, die Verholzung der Pflanzenmembranen nachzuweisen, und dass sie zu einer für die mikrochemische Analyse brauchbaren Reaction sich verwerten lasse.

Befeuchtet man nämlich einen Querschnitt z. B. der Triebe von *Hoja carnosa* mit verdünnter Salzsäure und bringt alkoholische Indollösung dazu, so werden die als verholzt bezeichneten Zellwände schön kirschrot gefärbt, während andere, wie die des Cambium, der Rinde, der Epidermis ungefärbt erscheinen. Die gleiche Beobachtung wurde an einer grossen Anzahl von Schnitten der verschiedensten Pflanzen gemacht.

Die Anwendung einer alkoholischen Indollösung, sowie

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03646-0547-8

der Salzsäure ist jedoch lästig und lieferte unzuverlässige Resultate. Die erstere färbt sich schon nach einigen Tagen braun, wahrscheinlich in Folge eines Oxydationsprozesses und ist dann nicht mehr gut anwendbar, die Salzsäure aber verursacht einen unangehmen Beschlag der Object- und Deckgläser, indem das in der Luft enthaltene Ammoniak mit der Salzsäure Chlorammonium bildet.

Es lag daher vor Allem daran, eine brauchbare Methode ausfindig zu machen. Nach mancherlei Versuchen fand ich, dass eine wässerige Lösung am geeignetsten ist. Statt der Salzsäure wende ich verdünnte Schwefelsäure[1]) an (vom spec. Gew. 1,2, darzustellen, indem 1 Vol. englischer Schwefelsäure mit 4 Vol. Wasser verdünnt wird).

Ich verfahre folgendermassen: Reines Indol wird in warmem Wasser gelöst.[2]) Die Schnitte werden auf dem Objectglas mit einem Tropfen dieser wässerigen Lösung befeuchtet und mit dem Deckglas bedeckt. Hierauf ziehe ich das Indol mittels eines Stückchens Filtrierpapier (wenigstens teilweise) aus und lasse dann sofort 1—2 Tropfen der verdünnten Schwefelsäure nachfliessen. Bei Berührung der von der Indollösung durchdrungenen Schnitte mit Schwefelsäure, tritt die Farbenerscheinung sofort und deutlich auf. Die „verholzten" Membranen zeigen dann eine prachtvoll kirschrote Farbe, manchmal eine purpurrote, z. B. bei den Steinzellen. Die nach dieser Methode behandelten mikroskopischen Präparate bewahren ihre schöne Farbe längere Zeit.

Wurde eine concentriertere Säure angewendet, oder der Ueberschuss[3]) nicht entfernt, so geht die Farbe nach einigen Wochen in Braunrot über. Die wässerige Lösung ist lange haltbar, besonders wenn sie nicht dem directen Sonnenlichte ausgesetzt wird.

Die Verholzung ist eine für die Zellwände gewisser Gewebe und Gewebe-Elemente charakteristische Erscheinung, die durch

---

[1]) Die Einwirkung des Indol findet nicht nur bei Gegenwart von Salzsäure, sondern auch von Schwefelsäure, Phosphorsäure, Salpetersäure, jedoch nicht von Essigsäure oder Borsäure statt.

[2]) Da das Indol nur in sehr geringer Menge im Waser löslich ist, so genügten einige Krystallplättchen zu einer Lösung, mit der man monatelang arbeiten kann.

[3]) Ich lasse die Säure 1—2 Stunden einwirken, ziehe dann einen Teil derselben mit Papier aus und ersetze ihn durch Glycerin.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03646-0548-4

verschiedene physikalische und chemische Eigenschaften gekennzeichnet ist. Die verholzten Membranen zeigen gegenüber den als nicht verholzt bezeichneten besonders Steigerung der Härte, Verminderung der Dehnbarkeit, leichte Durchdringbarkeit für Wasser ohne bedeutende Anschwellung, Einlagerung grösserer Mengen unverbrennlicher Stoffe.

Nach der an verschiedenen Holzarten angestellten Elementaranalyse sollen sie durch einen höheren Kohlenstoff- und geringeren Sauerstoffgehalt ausgezeichnet sein. Neben einem gewissen Grade von Löslichkeit in conzentr. Schwefelsäure, Chromsäure, Kalilauge oder Kupferoxydammoniak benützte man bis in die neueste Zeit zum Nachweis der Verholzung vegetabilischer Membranen fast ausschliesslich die Chlorzinkjod- oder Jod-Schwefelsäurereaction, nach welcher derartige Membranen bekanntlich gelb bis grüngelb gefärbt werden.

Die erwähnte Eigenschaft des Indol gab Veranlassung, an der Hand der mitgeteilten, verlässigen Methode das Verhalten des Indol zu den Membranen der verschiedenen Gewebe phanerogamischer und kryptogamischer Pflanzen und die Beziehungen zwischen der Jod-Schwefelsäure- und der Indolreaction festzustellen.

Zellpflanzen.

Die Membranen der Algen werden durch Jod und Schwefelsäure in den allermeisten Fällen blau gefärbt. In der Literatur finde ich keinen Fall angeführt über Verholzung der Algenmembranen.

Sachs[1]) ist der Ansicht, dass die Membranen der Algen „sehr selten, vielleicht gar niemals verholzen."

Die von mir untersuchten Algen aus den Gattungen *Pleurococcus*, *Cosmarium*, *Euastrum*, *Spirogyra*, *Conferva*, dann *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria digitata*, *Chondrus crispus*, *Chondrus mamillosa*, *Chordaria scorpioides*, *Fucus serratus*, *F. vesiculosus*, *F. nodosus*, *Chara fragilis* zeigten bei Behandlung mit Indol und Schwefelsäure keine Spur einer Rotfärbung. Eine Ausnahme sah ich nur bei den stark warzig verdickten Membranen einiger *Cosmarium*-

[1]) Sachs, Lehrbuch der Botanik. II. Auflage, p. 206.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03646-0549-2

Arten (*Cosmarium Botrytis* und *C. speciosum*), welche durch Indol und Schwefelsäure deutlich rot gefärbt wurden.

Die „Pseudointercellularsubstanz" der *Fucoideen* und *Florideen* blieb ebenfalls ganz ungefärbt.

Die Membranen der grossen Mehrzahl der Pilze zeigen die Cellulosereaction — Blaufärbung bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure oder mit Chlorzinkjodlösung — nicht, sie werden dadurch nicht oder gelb gefärbt. Trotz letzterer Eigenschaft gelten viele dieser Membranen nicht für verholzt, und es ist daher die Anwendung der Jod-Schwefelsäure-Reaction zum Nachweis der Verholzung nicht wohl zulässig.

In Folge der vielen Unterschiede, welche die Pilzmembran gegenüber den Membranen der übrigen Pflanzenklassen zeigt, nimmt de Bary[1]) an, dass sie aus einer Cellulose bestehe, die man „Pilzcellulose" nennen könne; er zweifelt nicht daran, dass die Membranen älterer Zellen besonders bei Pilzen von längerer Lebensdauer verholzen können.

Bei mehreren von mir untersuchten Pilzen (*Saccharomyces cerevisiae*, *Mucor Mucedo*, *Penicillium glaucum*, *Daedalea quercina*, *Agaricus procerus*) wurde durch Indol keine Spur einer Rotfärbung hervorgerufen; andere, wie *Polyporus fomentarius* zeigten einen deutlich erkennbaren roten Schimmer; *Ochrolechia pallescens*, *Trametes suaveolens* wurden deutlich rot gefärbt.

Der Thallus der Flechten verhält sich bei Behandlung mit Indol und Schwefelsäure verschiedenartig. So blieben die Membranen von *Cladonia rangiferina*, *Anaptychia ciliaris*, *Usnea barbata* durch Indol ungefärbt; dagegen waren die Cortical- und Medullarschichten von *Cladonia deformis*, *Cetraria islandica* schwach, von *Cladonia furcata*, *Cl. gracilis*, *Imbricaria physodes*, *Sticta pulmonacea* deutlich rot gefärbt.

Gefässpflanzen.

I. Zellengewebe.[2])

A. Epidermis. „Die Zellwände der Epidermis sind Cellulosemembranen, welchen eingelagert oder aufgelagert sind

[1]) De Bary, Morphologie und Physiologie der Pilze, p. 7 u. 9.

[2]) Ich folge hier der von de Bary in dessen „vergleichender Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne" aufgestellten Einteilung.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03646-0550-3

eine Anzahl anderer Körper: Cutin (Cuticularsubstanz), Wachs Harze, Gummi etc. (de Bary l. c. p. 77).

Bei weitaus der grössten Anzahl der untersuchten Pflanzen fand ich bei Behandlung mit Chlorzinkjodlösung oder mit Jod und Schwefelsäure die Wände der Epidermiszellen blau, durch Indol und Schwefelsäure nicht gefärbt.

An den Epidermiszellen des Blattes von *Cinnamomum Culilawan*, *Cycas revoluta*, *Cycas flexuosa* (Ober- und Unterseite) bemerkte ich bei Behandlung mit Indol eine deutliche Rotfärbung der Zellwände. Auffallend ist diese Erscheinung bei den Nadeln der *Coniferen*. So werden durch Indol die Wände der Epidermiszellen von *Abies pectinata*, *A. excelsa*, *Pinus Nordmannia*, *P. Pumilio*, *P. Mughus*, *P. nigricans* intensiv rot gefärbt.

Die Cuticula verhält sich gegen Jod und Schwefelsäure ähnlich wie die verholzte Membran, sie wird gelb bis gelbbraun gefärbt. Bei Behandlung mit Indol und Schwefelsäure bleibt sie im Allgemeinen ungefärbt. Dieses Verhalten beobachtete ich an einer sehr grossen Anzahl von Pflanzen. Eine Ausnahme sah ich nur an der dünnen Cuticula junger Triebe von *Aesculus Hippocastanum*, *Acer pseudoplatanus*, *Hippuris communis*.

Die Cuticularschichten jedoch zeigen verschiedenes Verhalten. An den Blättern von *Cycas revoluta*, *Réaumuria hypericoides*, *Helleborus niger*, *Sapindus laurifolius*, *Citrus Aurantium*, *Laurus nobilis*, wo sie eine unter der dünnen Cuticula hinziehende mächtig entwickelte Schicht bilden, oder bei *Taxus baccata*, wo sie aus zwei deutlich wahrnehmbaren Schalen bestehen, fand ich die Cuticularschichten durch Indol ungegefärbt. Dagegen wurde die in conz. Schwefelsäure unlösliche Cuticularschicht von *Hoja carnosa* und von *Ruscus aculeatus* schwach gerötet.

In anderen Fällen besteht die Cuticularschicht aus mehreren Schalen, die verschiedenes Verhalten zeigen, indem sich z. B. die äusseren Schichten weniger tief gelb färben als die inneren. An den Blättern zweijähriger Zweige von *Nerium Oleander* beobachtete ich, dass die äussere Schicht bei Behandlung mit Indol und Schwefelsäure ungefärbt bleibt, während der innere Teil der Cuticularschicht sich deutlich rot färbt.

Aehnliche Verhältnisse sind zu beobachten bei *Agave americana* und *Ilex aquifolium*, wo aber die beiden Schichten ineinander übergehen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03646-0551-9

Spaltöffnungen. Schacht[1]) fand die Spaltöffnungen „stets durch Jod und Schwefelsäure schön blau oder violett gefärbt". Nach ihm „verholzen die Schliesszellen niemals, ihre Wandung besteht immer aus Zellstoff". Auch Dippel[2]) gibt an, dass die Schliesszellen der Spaltöffnungen nicht verholzen, und dass deren Wände nach Anwenduug von Chlorzinkjod oder Jod- und Schwefelsäure durch alle Schichten violett oder blau sich färben.

Unter den von Schacht als Beleg hiefür angeführten Pflanzen sah ich bei *Cycas* und *Abies* die Wände der Schliesszellen durch Jod und Schwefelsäure nicht blau, sondern deutlich gelbbraun gefärbt. Bei Behandlung mit Indol fand ich an den Spaltöffnungen von *Abies pectinata, A. excelsa*, *Cycas flexuosa, C. revoluta, Taxus baccata, Pinus nigricans, P. Pumilio, P. Mughus, P. Nordmannia* die Wände der Schliesszellen stets schön rot gefärbt.

Trichome. Die Wände der Trichome gelten im Allgemeinen als cuticularisirt, was wenigstens die Angaben aus der Literatur andeuten, mit nur wenigen Ausnahmen. So spricht Schacht[3]) von den Borsten als von dickwandigen verholzten Haaren.

Wiesner[4]) hat Verholzung nachgewiesen an den Samenhaaren von *Asclepias curassavica* und *A. volubilis*.

Burgerstein[5]) sah die Stengelhaare von *Lamium purpureum* verholzt.

Die sehr stark verdickten Haare von *Pulmonaria officinalis, Urtica dioica, Anchusa italica, Boronia triphylla* (strahlenförmig), *B. floribunda* (borstenförmig), *Coreopsis palmata* zeigten keine Spur einer Rotfärbung durch Indol, ebenso die verdickten Haare von *Helianthus laetiflorus, Cucurbita Pepo, Cirsium canum, C. lappaceum, Hieracium Lawsonii, H. firmum*. Dagegen wurde deutliche Rotfärbung beobachtet an den Blatthaaren von *Hieracium Hoppeanum* Schult., *H. brachiatum* Bert., *H. sabaudum* C. form., *H. aurantiacum-furcatum* Naeg., an den Stengelhaaren von *Fragaria vesca, Eupatorium repens, Stachys germanica* und an den Haaren

[1]) Schacht, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. I. pag. 278.

[2]) Dippel. das Mikroskop. II. p. 181.

[3]) Schacht, l. c. I, pag. 284.

[4]) Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches. p. 302.

[5]) Sitzungsberichte der kaiserl. Academie in Wien. B. 70. p. 344.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03646-0552-5

in den Achseln der Blattnerven von *Tilia parvifolia*. (Der Pappus von *Taraxacum officinale* zeigte sich durch Indol rot gefärbt, ebenso von *Hieracium prenanthoides-valdepilosum* Naeg., während der Pappus von *H. boreale* und *H. sabandum* nicht gerötet wurden, ebenso die Samenhaare von *Eupatorium cannabinum*, *Agrimonia Eupatorium* und *Epilobium roseum*.

B. **Kork**. Nach den Untersuchungen v. Höhnel's[1]) sind die Wände aneinandergrenzender Korkzellen zusammengesetzt aus fünf Lamellen: 1) einer mittleren — Mittellamelle —, die gewöhnlich aus stark verholzter Cellulose bestehen soll, 2) zwei sich daran schliessenden, aus verkorkter Cellulose bestehenden — Suberinlamellen —, und 3) aus zwei Cellulose-lamellen, die an die Zelllumina grenzen und welche auch verholzen können.

Zwischen den total verkorkten äusseren Wandschichten gab schon früher Sauio[2]) eine sehr dünne, stofflich von diesen sehr verschiedene Grenzlamelle (bei *Ulmus effusa*, *Sorbus Aucuparia*) an.

Wiesner[3]) beobachtete „blos in den ältesten Zellwandschichten der Korkzellen (Intercellularsubstanz) Holzstoff". Auch Haberlandt[4]) hält die am Korke der Korkeiche, des Hollunders, der Kartoffel, des Feldahorns beobachtete Grenzlamelle für „Holzsubstanz".

Eine Einwirkung des Indol auf verkorkte Lamellen findet nicht statt; nie wurde auch nur eine Spur einer Rotfärbung der „Suberinlamellen" bemerkt.

An den Wändeu älterer Korkzelleu, besonders massenhaft entwickelten Korkes ist nach Behandlung mit Indol und Schwefelsäure eine Rotfärbung bemerkbar und wie sich an sehr feinen Schnitten erkennen lässt, betrifft sie die Mittellamelle. An jungen Korkzellen war diese Erscheinung nicht zu bemerken. Wo sie gesehen wurde, war es im eigentlichen Korke (Höhnel's Phellem minus Phelloid).

Am besten konnte ich diese Verhältnisse beobachten am Kork der Kartoffel, wo die Rotfärbung der Mittellamelle deutlich wahrgenommen werden kann.

Bei *Betula papyracea*, *Sorbus Aucuparia*, *Acer campestre* var.

---

[1]) Botan. Zeitung. 1877. p. 783.

[2]) Pringsheim's Jahrb. II. und de Bary, l. c. pag. 119.

[3]) Wiesner, Einleitung in die technische Mikroskopie p. 120.

[4]) Oesterreichische bot. Zeitschrift XXIV. p. 234.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03646-0553-0

suberosa, *Acer platanoides*, *Tilia grandifolia*, in der Chinarinde, besonders deutlich an Rhizomen monokotyler Pflanzen habe ich ebenfalls das Auftreten dieser Mittellamelle und ihre Rotfärbung durch Indol und Schwefelsäure beobachtet.

C. **Parenchym.**[1]) Die Zellwände des Collenchymgewebes zeigen bei Behandlung mit Chlorzinkjodlösung oder mit Jod und Schwefelsäure Blaufärbung (de Bary, Dippel).

In wenigen Fällen bemerkte Dippel[2]) eine Verholzung (u. A. *Angelica sylvestris*), was jedoch Burgerstein nicht bestätigte.

An einer grossen Zahl untersuchter Pflanzen (z. B. *Acer*, *Aesculus*, *Begonia*, *Corydalis*, *Cannabis*, *Nerium*, *Cucurbita*, *Rumex*, *Sambucus*, bei *Labiaten*, *Umbelliferen* u. A.) konnte ich durch Indol keine Rotfärbung der Collenchymwände bemerken.

Eine Ausnahme zeigte das Collenchym des Stengels und Blattes von *Sapindus laurifolius*, wo auf dem Querschnitt betrachtet, die Zellwände bald ihrer ganzen Ausdehnung nach, bald in den Winkeln durch Indol deutlich rot gefärbt wurden.

An dem in Stengeln und Blättern die Epidermis verstärkenden Hypodermgewebe habe ich in mehreren Fällen nach Behandlung mit Indol und Schwefelsäure eine Rotfärbung der Zellwände bemerkt; so bei *Cycas revoluta*, *Cycas flexuosa*.

In den Nadeln der *Coniferen* wird die Epidermis mit bald grösserer, bald geringerer Unterbrechung durch eine Hypodermschicht verstärkt, welche aus lang gestreckten Faserzellen besteht, die besonders dicht gedrängt in den Kanten auftreten. Die Zellwände dieser hypodermalen Schicht werden durch Indol rot gefärbt, z. B. bei *Abies pectinata*, *Pinus Pumilio*, *P. Mughus*, *Taxus baccata*.

Die Einwirkung des Indol findet in manchen Fällen in der Weise statt, dass nur die Grenzlamelle deutlich rot sich färbt, während die mittlere Schicht selten und dann nur schwach, und die innerste gar nicht rot gefärbt wird, so bei *Abies excelsa*, *P. Nordmannia*, *P. nigricans*.

Im Blattparenchym sollen sich nach Schacht[3]) nie verholzte Zellen finden.

Im Diachym von *Cycas revoluta* und *C. flexuosa* fand ich

---

[1]) De Bary (l. c. p. 121) nennt Parenchym das gesamte innere, d. h. innerhalb der Epidermis oder Korkschicht befindliche Zellengewebe.

[2]) l. c. p. 155.

[3]) Schacht, l. c. II. p. 121.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03646-0554-6

die Zellwände des Palissaden-Parenchyms, besonders deren Verdickungsleisten durch Indol deutlich rot gefärbt.

Das Schwammparenchym von *Cycas flexuosa*, *C. revoluta*, *Xantophyllum excelsum* wurde durch Indol deutlich rot gefärbt, ebenso die Wände des bei *Cycas revoluta* und *C. flexuosa* auftretenden Querparenchyms.

Eine eigenthümliche Beschaffenheit zeigen die aus drei Schichten bestehenden Wände des chlorophyllreichen Palissadenparenchyms der oberen Blattseite, wie die des lockeren, ebenfalls reichlich Chlorophyll einschliessenden Parenchyms der Unterseite im Diachym von *Abies excelsa*. Während die innerste das Zelllumen umgebende Schicht deutliche Cellulosereaction zeigt, durch Indol und Schwefelsäure unverändert bleibt, wird die mittlere und äussere Schicht durch Indol und Schwefelsäure deutlich rot-gefärbt.

Die Wände des Markgewebes werden in jüngeren Stadien durch Jod und Schwefelsäure oder durch Chlorzinkjodlösung blau gefärbt, später jedoch erfahren sie meistens eine Veränderung in der chemischen Beschaffenheit, wenigstens insoweit, als die Cellulosereaction nicht oder erst nach längerer Zeit eintritt. Dippel (l. c. p. 143) erwähnt mehrere Fälle von vollständiger Verholzung der Membranen der Markzellen.

Von der sehr grossen Zahl untersuchter Pflanzen fand ich bei den meisten die Zellwände des Markgewebes durch Indol rot gefärbt. Manchmal sah ich die Färbung nur an einzelnen Zellen, während die Wände des übrigen Gewebes Cellulosereaktion zeigen; z. B. bei *Hoja carnosa*.

Die Zellwände des Holzparenchyms — Strangparenchym — „sind in fertigem Zustande verholzt." (de Bary l. c. p. 501).

Die Verholzung der äusseren und mittleren (primären und secundären) Wandschicht ist eine längst festgestellte Tatsache. Die innerste Schicht, welche meist als dünnes Häutchen das Zelllumen begrenzt, wurde von Sanio[1]) und von Burgerstein (l. c.) als verholzt bezeichnet, während nach den Beobachtungen von Schacht und von Dippel die tertiäre Schicht aus reiner Cellulose bestehen oder nur in geringem Masse verholzt sein soll. (Dippel l. c. II. 239.)

Bei allen untersuchten Holzarten fand ich die gesamte

[1]) Bot. Zeitung 1860. p. 202. Pringsheims Jahrb. IX. 68.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03646-0555-2

Zellwand, auch die innerste Schicht, durch Indol deutlich rot gefärbt. Nur in jüngeren Stadien tritt die Rotfärbung an dieser Schicht sehr schwach auf, wenn primäre und secundäre Schicht schon deutlich rot gefärbt werden.

Das Parenchym der Markstrahlen — Strahlenparenchym — „besteht bei den weitaus meisten secundären Hölzern (nicht fleischig-saftigen) aus Zellen, die im Wesentlichen die Eigenschaften des zugehörigen Strangparenchyms besitzen und deren Wände verholzt sind." (cf. de Bary l. c. p. 501.)

Bei allen untersuchten Hölzern fand ich die Wände der Markstrahlenzellen durch Indol rot gefärbt, mit Ausnahme von *Aristolochia Sipho*, bei welcher Pflanze die Wände der Markstrahlen durch Indol ungefärbt blieben.

Endodermis. Mit diesem Namen bezeichnet de Bary die von Caspary Schutzscheide genannten Grenzschichten, welche in der Regel an der Grenze von Parenchymmassen und ungleichnamigen Gewebesystemen, zumal Gefässbündeln liegen." Eines der charakteristischen Merkmale der Endodermzellen ist, dass die radialen Seitenwände unregelmässig undulierte Querfaltung zeigen, welche sich über die ganze Fläche erstrecken kann, oder nur an einem bandartigen Längsstreifen auftritt. Hiedurch erscheinen auf Querschnitten, besonders bei nicht ganz dünnen Präparaten diese undulierten Stellen verdickt und als dunkle Punkte oder Striche (Casparyscher Fleck). Bei Behandlung mit Indol und Schwefelsäure findet man auf Querschnitten diese Stellen deutlich rot gefärbt und zwar erscheint auf nicht sehr dünnen Schnitten der ganze Fleck rot gefärbt. Bei eingehender Untersuchung fand ich, dass an diesem Punkte die Wand aus 3 Lamellen besteht, zwei seitlichen verkorkten und einer mittleren durch Indol sich rot färbenden; stets aber ist es nur diese mittlere Lamelle, welche die erwähnten Punkte gefärbt erscheinen lässt. Dass die undulirten Wandteile aus drei Lamellen bestehen, konnte ich sehr gut beobachten auf tangentialen Längsschnitten der Rhizome von *Botrychium Lunaria, Equisetum limosum, Tradescantia virginica, Polygonatum vulgare.* Leichter sind die Lamellen zu bemerken, wenn man nicht ganz dünne Querschnitte mit Indollösung befeuchtet und dann ziemlich conzentrierte Schwefelsäure durchziehen lässt. Während mit Ausnahme der undulierten Stellen alle übrigen Gewebspartien zerstört werden, legt sich die Radialwand d. h. der von ihr übrig gebliebene Teil in der Regel derart um,

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03646-0556-8

dass sie wie im tangentialen Längsschnitt gesehen wird und da sie nun (auch wegen der Quellung) in grösserer Ausdehnung dem Beobachter sichtbar ist, können die 3 Lammellen bei entsprechender Einstellung auf die Mitte sehr deutlich wahrgenommen werden.

In den genannten Fällen wurde durch Indol auf Querschnitten an einer Stelle der radialen Seitenwand Rotfärbung hervorgerufen. Die übrigen Teile der radiären Wand wie die tangentialen Wände wurden durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt und von concentr. Schwefelsäure gelöst. (*Botrychium Lunaria, Equisetum variegatum, E. limosum, Pinguicula vulgaris, Polygonatum vulgare, Tradescantia virginica.*

Bei anderen Pflanzen ist die ganze radiäre Seitenwand der Endodermzellen in conz. Schwefelsäure unlöslich, sie wird (ihrer ganzen Ausdehung nach) von 3 Lamellen zusammengesetzt, von denen die beiden seitlichen verkorkt sind, während die Mittellamelle durch Indol rot gefärbt wird; die tangentialen Wände erscheinen ungefärbt und lösen sich in conz. Schwefelsäure. So bei *Smilax rotundifolia, Ruscus aculeatus, Iris florentina, Epipactis palustris, Asparagus officinalis.* Doch kann man bei den eben genannten und anderen Pflanzen die Verkorkung auch auf die tangentialen Wände sich erstrecken sehen.

Bei den nämlichen Pflanzen findet man eine der ursprünglichen Wand der Endodermzellen innen aufgelagerte Verdickungsschicht, welche durch Indol nicht oder nur höchst schwach rot, durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt wird. Die Verdickungsschicht von *Ruscus aculeatus* wurde durch Indol rot gefärbt.

Die Verdickung der Endodermwände ist bei den Rhizomen von *Gramineen* und *Cyperaceen* meist eine einseitige und zwar ist es dann die dem Centrum zunächstliegende Wand, an welche sich nach innen schalenförmig eine ziemlich mächtige, meist stark lichtbrechende Verdickungsschicht anlegt. Diese in conz. Schwefelsäure unlösliche Verdickungsschicht der Endodermzellen von *Phalaris arundinacea* wurde durch Indol nicht gefärbt. Die in conz. Schwefelsäure lösliche Verdickungsschicht von *Festuca gigantea, Melica altissima, Poa pratensis* wird durch Indol intensiv rot gefärbt.

Die Endodermis von *Poa pratensis* ist umgeben von einem dreifachen Ring nur nach der Axe zu schalenförmig verdickter

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03646-0557-3

Zellen, deren in konzentrierter Schwefelsäure lösliche Wände durch Indol intensiv gerötet werden.

II. Sklerenchym.[1])

Unter den wesentlichen Eigenschaften der Sklerenchymelemente nennt de Bary (l. c. p. 133) auch die Verholzung.

Die „kurzen Sklerenchymelemente" zeigen durch die sämtlichen Schichten ihrer stark verdickten Wandung gleichmässige Beschaffenheit; sie werden durch Indol prachtvoll rot gefärbt, so die „Steinelemente" im Fruchtfleische der Birnen, die stark verdickten Steinzellen im Marke und in der Rinde von *Hoja carnosa*, in der Wurzel von *Dahlia*, in der Rinde dikotyledoner Hölzer, wo sie aus nachträglicher Sklerose von Parenchymzellen hervorgehen, bei *Acer*, *Morus*, *Fraxinus*, *Fagus*, *Platanus*. Bei *Cinnamomum* und *Robinia* bilden sie mit den Bastfasern einen Cambium und Holzkörper umgebenden Ring, der sich bei Behandlung mit Indol durch die intensive Rotfärbung auffallend vom umgebenden Gewebe abhebt.

Die kurzen, spitzen Fasern der *Cinchoneen* werden durch Indol intensiv rot gefärbt.

Die „Sklerenchymfasern", nach einem Orte ihres besonders häufigen Auftretens bei Dikotyledonen auch Bastfasern, Bastzellen genannt, zeigen bezüglich der chemischen Beschaffenheit ihrer Membranen grosse Verschiedenheit.

Nach Schacht[2]) verholzen die Bastzellen der Dikotyledonen in der Regel erst spät oder gar nicht, die Bastzellen der Monokotyledonen sind mehr oder weniger verholzt. Sachs[3]) scheint eine Verholzung der Bastzellen nicht anzunehmen, indem er nur von Verholzung der Grenzlamelle spricht. („Gewöhnlich ist bei dichtgedrängter Lagerung die Mittellamelle der Scheidewand zweier Fasern verholzt oder cuticularisiert.") Nach Wiesner[4]) „scheint unter den zahlreichen Substanzen, die in den Membranen der die Fasern constituierenden Zellen auf-

[1]) de Bary (l. c. p. 133) bezeichnet damit diejenigen Gewebselemente, die nicht nur ihre Wände auf Kosten des Zell-lumens verdickt, sondern hiebei auch die Zellenqualität verloren haben.

[2]) Schacht l. c. p. 245 und 251.

[3]) Sachs, Lehrbuch der Botanik 1874. p. 121.

[4]) Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches. p. 295.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03646-0558-9

treten, die sogenannte Holzsubstanz die am häufigsten verbreitete zu sein." Er bezeichnete als verholzt die Bastfasern von *Abelmoschus tetraphyllos*, *Urena sinuata*, *Sida retusa*, *Thespias Lampas*, *Cordia latifolia*, *Aloe perforata*, *Bromelia Caratas*, des rohen Hanfes u. A.

Burgerstein[1]) nennt drei verschiedene Arten von Bastzellen: 1) solche, deren Membranen in allen Schichten gleich stark verholzt sind — ganz verholzte Bastzellen —, 2) solche, bei welchen die primäre und die secundäre Verdickungsschicht verholzen, während die tertiären Schichten unverholzt bleiben (partiell verholzte Bastzellen) und 3) solche, deren sämtliche Schichten unverholzt sind (unverholzte Bastzellen).

Bastfasern, die durch Indol nicht verändert werden, bemerkte ich in Stamm und Blatt von *Nerium Oleander*, im Stamm von *Morus alba*, *Cannabis sativa*, *Linum usitatissimum*, *Hoja carnosa*, *Hibiscus cannabinus*. Manchmal sieht man an einzelnen Stellen die Grenzlamelle durch Indol gerötet, z. B. bei *Linum*, *Cannabis*, *Hibiscus*. Die im Mark von *Nerium Oleander* vorkommenden Fasern werden durch Indol nicht gefärbt. Bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure färben sie sich blau.

Bastfasern, deren Membranen gleichmässig durch Indol gerötet werden, bemerkte ich bei *Sapindus laurifolius* und *Vitis vinifera*.

In den meisten Fällen jedoch sah ich nur eine teilweise Rotfärbung der Bastfasernwände bei Behandlung mit Indol. In jüngeren Stadien schon fand ich die äussere Schicht rot gefärbt, während die inneren Verdickungsschichten ungefärbt erschienen. In älterem Zustande wird die mittlere Schicht (secundäre Membran) mehr oder weniger rot gefärbt, während die innerste, das Lumen umgrenzende, gelatinöse, durch Jodkaliumjodlösung sich violett färbende Schicht, stets ungefärbt bleibt. Diese Verhältnisse beobachtete ich bei *Acer*, *Aesculus*, *Cinnamomum*, *Glycyrrhiza*, *Caragana*, *Robinia*, *Syringa*, *Astragalus*. Bei den Bastfasern der letztgenannten Pflanze besteht die mittlere Schicht aus mehreren conzentrischen Schalen, von welchen in der Regel die inneren, an der Grenze der gelatinösen innersten Schicht liegenden durch Indol gefärbt werden, während die äusseren Schalen ungefärbt bleiben.

Den teilweise verholzenden Bastzellen ganz ähnlich sind

[1]) Burgerstein l. c. p. 348.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03646-0559-8

die in den Nadeln der Coniferen auftretenden Faserzellen, welche die Epidermis verstärkend das Hypodermgewebe bilden (conf. pag. 552.)

Die in den Samenschalen von *Ricinus*, *Linum*, im Endocarp von *Coffea* auftretenden, langgestreckten, stark verdickten Faserzellen werden durch Indol tief rot gefärbt.

Die Sklerenchymfasern des Holzes, — Holzfasern, Holzzellen „besitzen in der Regel verholzte Wände." (de Bary l. c. p. 497).

Aeussere und mittlere Schicht sah ich stets durch Indol rot gefärbt. Bei mehreren Pflanzen ist die innerste, das Zelllumen umgebende Schicht der Holzfaserwandung von knorpelig-gallertartiger Beschaffenheit (*Astragalus*, *Caragana*, *Robinia*, *Cytisus*.). Diese blieb durch Indol ungefärbt.

Zu den Sklerenchymelementen werden auch die in lakunösem ungleichnamigem Gewebe vorkommenden verästelten Fasern gerechnet. Bei *Prunus avium* sah ich dieselben durch Indol intensiv gerötet. Die sternförmig verästelten Fasern von *Araucaria excelsa* werden durch Indol schwach rot gefärbt.

Die bei den *Ternstroemiaceen* bekannten und von Hermann Sebald, verstorbenen Assistenten des botan. Laboratoriums in München, auch im Diachym einiger *Boronieen* und *Magnoliaceen* gefundenen, sternförmig verästelten Fasern, welche durch das Pallisadengewebe bis an die Epidermis sich einschiebend höchst wahrscheinlich als Festigungsapparate dienen, sah ich durch Indol wenig oder gar nicht gefärbt. So blieben die Fasern von *Boronia stricta* und *B. floribunda* ungefärbt; mehr oder weniger schwach gefärbt erschienen die Fasern von *Boronia triphylla*, *Trochodendron aralioides*, *Anneslea crassipes*, *Cleyera grandiflora*, *Adinandra Jackiana*, ebenso bei der zu den *Polygaleen* gerechneten *Montabea guianensis*.

III. Tracheen und Siebröhren.

Eine charakteristische Eigenschaft der *Tracheen* und *Tracheiden* ist die sehr frühzeitig und in reichlichem Masse auftretende Verholzung ihrer Wände. Bei einer Untersuchung junger Triebe kann man sich leicht davon überzeugen, dass von allen Elementarorganen der Pflanzengewebe die Gefässe am frühesten

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03646-0560-9

verholzen. Nach Burgerstein (l. c.), welcher Beobachtungen über das erste Auftreten des „Holzstoffes“ in den Zellmembranen anstellte, beginnen die Gefässe von *Cannabis*, *Ervum* und *Pisum* schon am zweiten oder dritten Tage nach der Keimung zu verholzen.

An den von mir untersuchten Pflanzen fand ich stets bei Behandlung mit Indol und Schwefelsäure die Membranen der Gefässe und deren Verdickungen schön rot gefärbt.

„Die Wände der Siebröhren sind immer weiche, nicht verholzte, farblose Cellulosemembranen.“ (de Bary l. c. p. 181.) Bei *Vitis vinifera*, *Cucurbita Pepo*, *Morus alba*, *Caragana arborescens*, *Serjania grandiflora*, *Tilia parvifolia* konnte ich nicht die geringste Rotfärbung der Wände und Platten der Siebröhren durch Indol beobachten.

(Schluss folgt.)

Literatur.

Standpunct und Fortschritt der Wissenschaft in der Mycologie von S. Schlitzberger. Berlin, Verlag von Adolf Stubenrauch, 1881.

Der Verfasser versucht in dieser Schrift „an der Hand der Literatur einen kleinen Theil des grossartigen betr. Bauwerkes in scharfen Linien zu zeichnen, indem er von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart die Anschauungen, Beobachtungen und Urtheile über die Entstehung der Pilze enthüllte.“

Zu diesem Zwecke wurde von dem Autor eine äusserst reichhaltige und interessante Literatur verwendet und die Citate derselben sind sehr umfachreich eingefügt in seiner Arbeit, um ein Nachschlagen bei den betr. Schrifstellern unnöthig zu machen. An der Hand dieser Literatur zeigt er vom frühesten Alterthum beginnend, wie sich allmählich die Anschauungen über die Entstehung der Pilze entwickelten und läuterten; er zeigt uns ferner, wie sich in der historischen Zeit bis zur Gegenwart die Anschauungen über das Wesen der Pilze, theils nach naturphilosophischen Betrachtungen, theils auf Grund innerer exacterer naturwissenschaftlicher Forschungen herausbildeten. Dabei werden die Ansichten über die Generatio aequivoca aus-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03646-0561-4

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1881

Band/Volume: 64

Autor(en)/Author(s): Niggl Max

Artikel/Article: Das Indol ein Reagens auf verholzte Membranen 544-559