

Ausführung einer großen Anzahl von Einzelbeobachtungen erhalten werden konnte. Hierdurch ist ein großer Zeitaufwand bedingt. Voraussichtlich wird man in solchen Fällen bedeutend rascher zum Ziel kommen, wenn man von vornherein mit erblich einheitlichem Material (reinen Linien) arbeitet.

Naumburg a. S., Zweigstelle der Biologischen Reichsanstalt,
17. Oktober 1920.

7. K. Linsbauer: Über die kalkfreien Cystolithen der Acanthaceen.

(Mit 9 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 30. Oktober 1920.)

Unter den in der Literatur erwähnten Fällen des Vorkommens kalkfreier Cystolithen¹⁾ beanspruchen die von MOLISCH entdeckten Cystolithen im internodialen Marke von Acanthaceen besonderes Interesse. Während es sich nämlich in den meisten der beschriebenen Fälle um typische „Kalk-Cystolithen“ handelt, die nur aus pathologischen Gründen der Inkrustation entbehren oder bei denen der Kalkmangel auf einer Entkalkung mit zunehmendem Alter der Lithocysten zurückzuführen ist, gelten die erwähnten Acanthaceen als von vornherein kalkfrei und könnten in dieser Hinsicht den „Harz-Cystolithen“ (Resinocysten [SCHOENNET-ZALEWSKI, FELLERER]) der Begoniaceen und den „Schleim-Cystolithen“ der Urticacee *Girardinia palmata* (SCHORN) an die Seite gestellt werden.

Die in Rede stehenden Acanthaceen-Cystolithen wurden wohl schon von RICHTER gesehen, da er ausdrücklich von „verholzten“ Cystolithen im Marke von *Ruellia picta* u. a. spricht und gerade

1) Vgl. die Zusammenstellung der Literatur über kalkfreie Cystolithen bei RADLKOEFER (1890, S. 115 ff.). Angaben über das Schwinden der Kalkinkrustation bei *Ficus*-Arten finden sich ferner bei HABERLANDT (l. c., S. 496) und RENNER (l. c., S. 188); ich selbst fand ein solches Vorkommen kalkfreier und dabei rudimentärer Cystolithen bei einem Exemplar von *Ficus venosa* im hiesigen Gewächshause. Auf den eigenartigen Fall des Schwindens der Kalkinkrustation in den Cystolithen der Santalaceen-Gattung *Champereia* (CHAREYRE) wird später zurückzukommen sein.

die Verholzung nach MOLISCH für die kalkfreien Cystolithen charakteristisch ist, doch entging ihm der Mangel der Inkrustation und andere histologische Eigentümlichkeiten. MOLISCH konstatierte die Beschränkung ihres Vorkommens auf idioblastisch ausgebildete Zellen im zentralen Teil des Internodiums, während sie im Knoten die typische Inkrustation aufweisen (*Strobilanthes glomeratus*, *Str. isophyllus*, *Ruellia ochroleuca*). Nach KOHL (S. 136) kann man bei Acanthaceen alle Abstufungen von kalkhaltigen bis zu vollkommen kalkfreien Cystolithen beobachten; so sollen sie bei *Ruellia japonica* im Blatte wenig, in Mark und Rinde dagegen viel Kalk enthalten. Die von MOLISCH beobachteten kalkfreien Cystolithen unterscheiden sich aber nicht allein durch ihre Lage und graduell nach ihrem Kalkgehalt von den typischen Formen, sondern auch durch ihre sonstige Ausbildung; als charakteristisch ist insbesondere hervorzuheben der Mangel an Protuberanzen, ihre Verholzung und ihre Anheftung mit mehreren Stielen; sie besitzen an ihrer Basis 1—2, seltener 3, an den Seitenwänden bis 8 und mehr Stiele.

Als ich gelegentlich den verbreiterten Markkomplex im Knoten eines mehrjährigen Stämmchens von *Str. isophyllus* untersuchte, fiel es sogleich auf, daß auch an dieser Stelle kalkfreie Cystolithen mit allen den Eigentümlichkeiten auftraten, die MOLISCH für die gleichen Gebilde im internodialen Marke angibt. Dieser Befund ließ vermuten, daß auch in diesem Falle in den alternden Markzellen eine Lösung des inkrustierenden kohlensauren Kalkes vor sich geht. Die Richtigkeit dieser Deutung vorausgesetzt, wäre zu erwarten, daß auch die Cystolithen des internodialen Markes in einem früheren Entwicklungszustand CaCO_3 führen. Die Untersuchung ganz junger Internodien erbrachte den gewünschten Beweis; in dieser Region sind sämtliche Cystolithen im Marke sowohl wie in der Rinde kalkführend. An älteren Internodialteilen findet man Cystolithen in allen Stadien der Entkalkung nebeneinander und schließlich nur mehr kalkfreie Skelette, wie sie MOLISCH beobachtete. Die sogenannten kalkfreien Cystolithen der Acanthaceen sind somit auch hier nichts anderes als normale Kalkcystolithen, die in einem vorgeschrittenen Entwicklungszustand eine Entkalkung erfahren. Daß im Marke des Internodiums der Entkalkungsprozeß früher einsetzt als im Nodus ist im Hinblick auf das frühzeitige Absterben der internodialen Markzellen nicht überraschend. In bezug auf die Inkrustation unterscheiden sich somit die Markcystolithen der Acanthaceen in keiner Weise von

den typischen Cystolithen. Was indessen unser Interesse beansprucht, sind die mit der Entkalkung einhergehenden histologischen und mikrochemischen Veränderungen.

Mit dem Schwinden des Kalkes nimmt die Konsistenz des Zellulosegerüsts ab, die Protuberanzen verlieren sich, der Körper schrumpft etwas in radialer Richtung; die nur von einer dichteren Hülle umgebene zarte Gerüstsubstanz büßt ihre Festigkeit ein und der Cystolith sinkt gewöhnlich an eine Seitenwand. Gleichzeitig geht eine chemische Veränderung in der Gerüstsubstanz vor sich;



Abb. 1.



Abb. 2.

Abb. 1. Kleiner Doppelcyst. aus dem internodialen Marke; nach der Entkalkung umgesunken und mit der Lithocystenmembran verwachsen.

Abb. 2. Umgesunkener, mit der Lithocystenwand verwachsener Cyst. mittlerer Größe.

die ursprüngliche Zellulose erfährt ebenso wie die Membran des Lithozysten eine Verholzung, die in erster Linie den zentralen Teil des Gerüsts und die sogenannten „radialen Stränge“ ergreift, während die äußere Hülle unverholzt bleibt. Rutheniumsесquichlorür ruft eine intensive Rötung des Cystolithen und der Mittellamellen hervor; es ist somit auch eine Pektinmetamorphose eingetreten, die, wie insbesondere Querschnitte durch die Cystolithen zeigen, ebenso wie die Verholzung von innen nach außen fortschreitet. Der Kern des Cystolithenkörpers scheint somit in chemischer Hinsicht den Charakter der Mittellamelle anzunehmen.

Dort, wo der umgesunkene Cystolith mit einer unverholzten Hülle die Innenseite der Zellmembran berührt, erfolgt die Aus-

bildung einer kurzen, brückenartigen Verbindung der beiden Wandteile (Abb. 1 und 2)¹⁾ doch können solche Verbindungsstränge anscheinend auch von anderen Teilen der Oberfläche der Cystolithen zur Membran gebildet werden (Abb. 3 und 4). Bisweilen erschienen sie dünn und fadenförmig, dagegen erfolgt an anderen

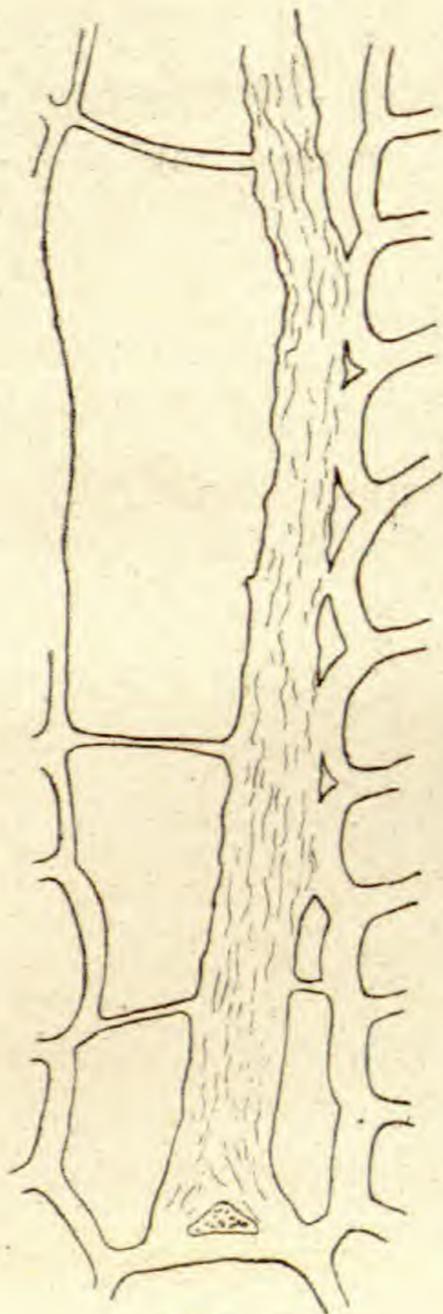


Abb. 3.

Abb. 3. Großer kalkfreier Cyst., an zahlreichen Stellen mit der Lithocystenmembran verwachsen.

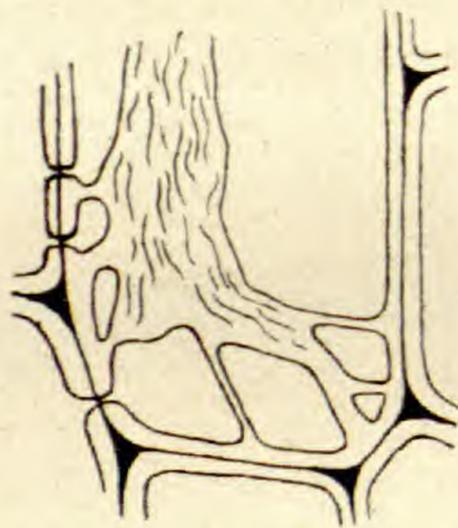


Abb. 4.

Abb. 4. Ausbildung sekundärer Stiele an einem alten, kalkfreien Cyst.



Abb. 5.

Abb. 5. Kalkfreier Cystolith, dessen Spitze mit der Lithocystenmembran verwachsen ist.

Stellen die Verschmelzung auf breiter Fläche über eine größere Strecke hin. Von der Fläche gesehen, erscheinen die Ansatzstellen dieser Zellulosebrücken an die Zellmembran daher von verschiedenem Durchmesser und unregelmäßig konturiert. Bisweilen verschmilzt sogar die Spitze des Cystolithen mit der gegenüber-

1) Sämtliche Abbildungen betreffen *Strobilanthes isophyllus*. Abgesehen von Abb. 8 wurden alle bei 650facher Vergrößerung entworfen und zur Reproduktion um $\frac{1}{3}$ verkleinert.

liegenden Quermembran, so daß er wie ein säulenförmig ausgebildeter Tropfstein den Lithocysten in seiner ganzen Länge durchzieht (Abb. 5).

Der Cystolith steht nun meist mit zahlreichen stielförmigen Fortsätzen mit der Membran in Verbindung, ähnlich wie es, freilich viel weniger ausgeprägt, für die ROSANOFFSchen Kristalle bekannt ist. Über die entwicklungsmechanischen Gründe der Ausbildung solcher Zellulosebrücken läßt sich zunächst nichts genaueres aussagen; vielleicht stehen sie aber in beiden Fällen in ihrer Genesis den „Stabkörpern“ nahe, wie man sie bei Koniferentracheiden und im Markparenchym mancher Pflanzen¹⁾ antrifft. Diese entstehen nach RAATZ (l. c., S. 594) im Holzkörper durch Wachstum unter Zugspannung aus Zelluloseansammlungen, welche durch Berührung opponierter Wände veranlaßt werden.

Den von MOLISCH beobachteten seitlichen Cystolithenstielen liegt somit augenscheinlich eine ganz andere Entwicklung zu Grunde, als dem eigentlichen Stiel des Gebildes, mit dem sie nur eine formale Ähnlichkeit haben; man könnte sie zur Unterscheidung als „sekundäre“ Stiele bezeichnen.

Schwieriger gestaltet sich die Erklärung des Zustandekommens mehrerer Stiele an der Querwand des Lithocysten, von welcher der Cystolith seinen Ursprung nimmt. Zum Verständnisse müssen einige Worte über den primären Stiel der Acanthaceencystolithen vorausgeschickt werden.

Die Literaturangaben über Auftreten, Aussehen und Verhalten des Stieles sind wenig bestimmt. Schon bei WEDELL und SCHACHT findet sich die Angabe, daß der Stiel immer äußerst fein und bisweilen gar nicht zu sehen sei. Nach SCHACHT liegt der Stiel bei den „Donnerkeilformen“ stets an der stumpfen Seite des Körpers; da er ihn jedoch nur bei *Justitia carnea* mit Sicherheit nachweisen konnte, vermutet er, daß er späterhin verschwindet. Auch RICHTER bekennt sich, wenigstens bzgl. der langgestreckten Cystolithen in Rinde und Bast, zu dieser Auffassung, während er den Stiel der Epidermis- und Markcystolithen²⁾ öfters deutlich beobachten konnte. Die Anheftungsstelle soll jedoch „ganz regellos“, „an ganz verschiedenen Punkten der Oberfläche des Cystolithen“

1) Ich fand sie gelegentlich auch [im Marke von *Strobilanthes isophyllus*, wo sie sich in der Richtung der Längsachse durch mehrere Zellen hindurch erstrecken.

2) Wahrscheinlich hat aber RICHTER, wie man aus einer Stelle des Textes (S. 8) schließen kann, hier nur die allerdings sehr deutliche Anheftung der kalkfreien Cystolithen, nicht aber den eigentlichen Stiel gesehen.

(S. 8, 11) gelegen sein und auch bezüglich der Anheftungsstelle an der Zellwand soll keine Regelmäßigkeit erkennbar sein. Auch KOHL glaubt an eine Resorption des Stieles im Alter, so daß die Cystolithen frei in ihrer Trägerzelle liegen (S. 136). Die Angaben über die Anheftungsstelle und ihre Beziehung zur Form des Cystolithen lauten aber hier wesentlich bestimmter. Bei den „Donnerkeilformen“, wie sie in Rinde und Mark auftreten, liegt der Befestigungspunkt, wie auch aus den eingehenden Studien HOBEINS hervorgeht, jedenfalls am stumpfen Ende¹⁾. Die Unmöglichkeit, den Stiel an älterem Materiale aufzufinden²⁾ führt auch ihn wie CHAREYRE zu der Vorstellung von der Vergänglichkeit dieses Gebildes.



Abb. 6.

Abb. 6. Cystolithenstiele aus einem ausgewachsenen Blatte von *Str. isoph.*

Ich selbst konnte bei meinem Materiale über diese Frage lange nicht ins Klare kommen. Günstige Ergebnisse erhielt ich schließlich durch Überfärben von mit Javelle vorbehandelten zarten Schnitten und nachträgliche Differenzierung oder an Mazerationspräparaten (gewonnen durch Kochen mit NH_3), die mit Chlorzinkjod behandelt wurden. Mit diesen Methoden habe ich schließlich die Cystolithenstiele in allen Geweben und in verschiedenen Altersstadien, wenn auch nicht in jedem Falle nachzuweisen vermocht. Eine Resorption der Cystolithenstiele oder besser gesagt ihrer Ansatzstelle an die Membran könnte somit, wenn überhaupt, nur gelegentlich vorkommen. Die Schwierigkeit ihres Nachweises

1) Die Angabe bei HABERLANDT (S. 495), der Stiel der Acanthaceen-Cystolithen wäre „seitlich“ inseriert, gilt nur für einzelne Cystolithenformen, wie sie insbesondere oft in der Epidermis zu beobachten sind, aber durchaus nicht allgemein und jedenfalls nicht für die „Donnerkeil“-Formen.

2) Bisweilen findet man in Lehrbüchern freilich auch bei den Donnerkeil-Formen die Cystolithenstiele recht deutlich abgebildet; in solchen Fällen hat aber zweifellos die Phantasie bei der Zeichnung Pate gestanden.

liegt vorwiegend in ihrer Substanzarmut, so daß sie oft trotz der Färbung nur wie ein leichter Schatten erscheint.

Die Art des Ansatzes möge aus den Abb. 6 entnommen werden. Die Masse des Stieles erscheint gleichmäßig oder es läßt sich mit Gentianaviolett ein dunkel tingierbarer zentraler Strang differenzieren. Ob diese Verschiedenartigkeit ein Ausdruck verschiedenen Alters des Cystolithen ist, vermag ich nicht zu sagen.

Mit fortschreitender Entkalkung der Markcystolithen tritt auch im Ansatz eine Veränderung auf; an breiteren Ansatzstellen beobachtet man wie am Cystolithenkörper, daß die Peripherie des Gerüsts eine festere Konsistenz besitzt, während der zentrale Teil, von seiner Basis beginnend, eine weitgehende Degeneration erfährt; es bildet sich anscheinend ein mit feinkörniger Substanz erfüllter Hohlraum (Abb. 7). Offenbar unterliegt auch hier das Innere des Gerüsts einer gummi- oder pektinartigen Metamorphose. Die erhalten bleibenden peripheren Anteile machen dann den Eindruck von meistens zwei Stielen (Abb. 3 und 7), die somit gleichfalls als sekundär bezeichnet werden müssen.

Mit der Verholzung und der Ausbildung der sekundären Stiele des Cystolithen ist indessen die Altersveränderung des Lithocysten noch nicht abgeschlossen. Namentlich die in der Peripherie des Markes gelegenen Lithocysten wachsen beträchtlich heran und nehmen den Charakter von Sklerenchymfasern mit stumpfen, bisweilen gegabelten Enden an (Abb. 8). Ihre Membran ist deutlich gestreift und trägt linksschiefe spaltenförmige Tüpfel. Gleichzeitig erfährt sie durch Anlagerung neuer Membranlamellen eine beträchtliche Verdickung — wie insbesondere aus den Querschnittsbildern zu ersehen ist (Abb. 9). Endlich verholzt sie (speziell in der Mittellamelle) wie die übrigen Markzellen.

Damit ist ein sehr auffälliger und vollkommener Funktionswechsel des Lithocysten vollzogen: aus einem Exkretbehälter ist eine Stereide geworden. Verwächst der Cystolithenkörper dazu mit der Membran der Trägerzelle, so trägt auch er zu ihrer Verstärkung bei.

Wie eine Bastzelle kann schließlich auch der Lithocyst eine Fächerung erfahren, d. h. durch Bildung von Querwänden in eine Anzahl von Zellen zerlegt werden. Tritt die Bildung solcher Wände im Bereiche des Cystolithen auf, so setzen sie an den seitlich verlagerten Cystolithen an, wodurch ein höchst auffälliges mikroskopisches Bild zustandekommt; man gewinnt den Eindruck, als würde der Cystolith mehrere Zellen durchsetzen. Auch diese Bildung hat MOLISCH bereits beobachtet, aber anders gedeutet,

indem er annahm, daß mehrere übereinanderliegende Cystolithen aufeinanderstoßen, verschmelzen und anscheinend einen einzigen auffallend langen Cystolithen bilden, der die Querwände der Zellen durchsetzt.

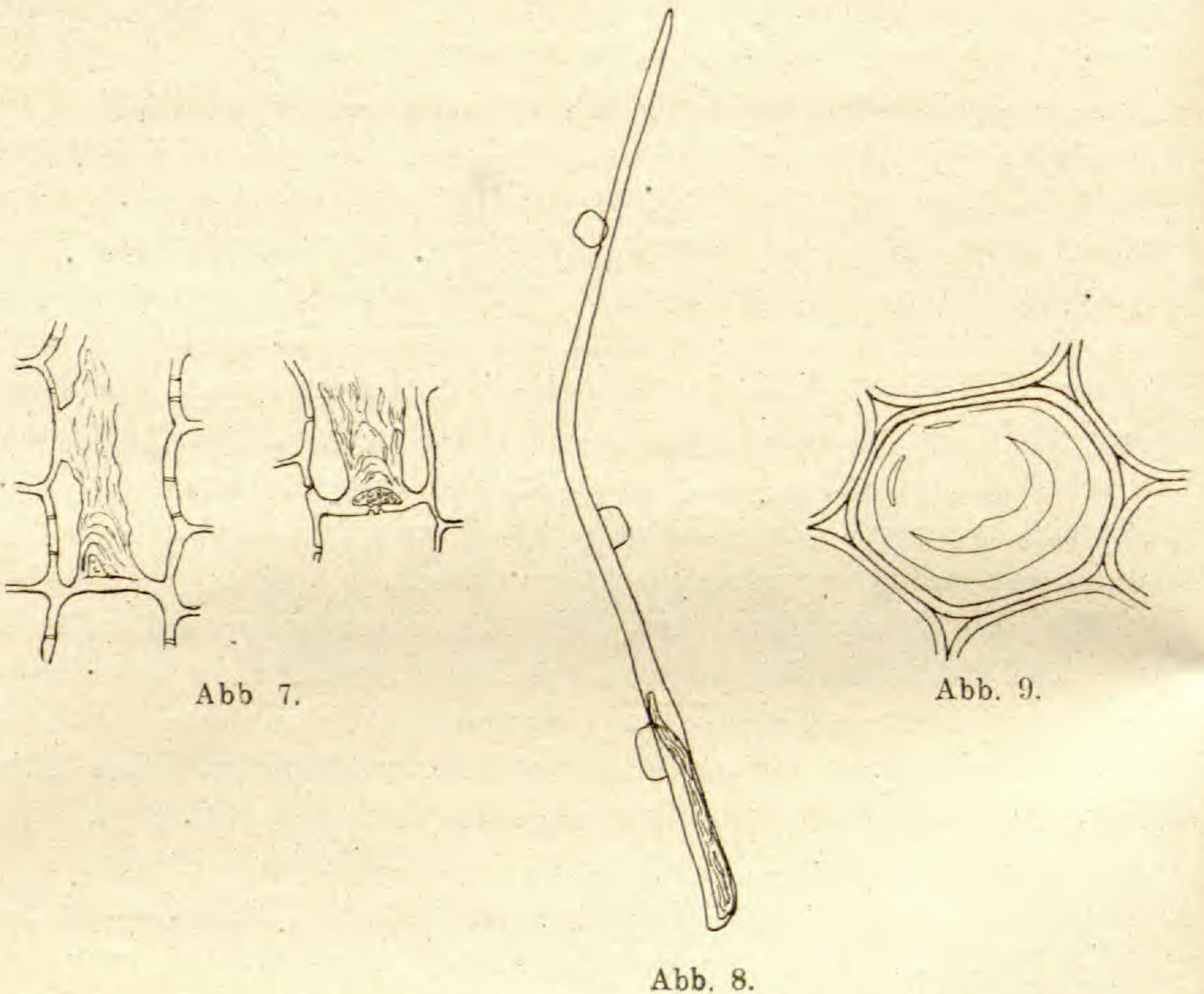


Abb. 7.

Abb. 9.

Abb. 8.

Abb. 7. Häufigste Formen sek. Stiele an der Ansatzstelle der Cystolithen.

Abb. 8. Zu langer, faserförmiger Zelle herangewachsener isolierter Lithocyst mit vereinzelt noch anhaftenden Markparenchymzellen; am Grunde der mit der Membran verwachsene kalkfreie Cystolith.

Abb. 9. Querschnitt durch einen alten, zur Sklereide gewordenen Lithocysten (aus dem 10. Internodium), exzentrisch gelagerten Cystolithen und sek. Membranverdickungen zeigend.

Soweit ich aus der einschlägigen Literatur ersehe, ist bisher nur ein einziger analoger Fall bekanntgeworden; er betrifft die von BEHM beschriebene und auch bei SOLEREDER (l. c., S. 830) abgebildete Umwandlung eines Doppelcystolithen im Baste von *Champereia*. Auch sie beginnt mit der Auflösung der Kalkinkrustation; gleichzeitig beobachtet man eine Sklerosierung der Lithocystenmembran, die auch auf den peripheren Teil des Cystolithen übergreifen kann. Bisweilen verschmelzen die sklerosierten

Teile miteinander, so daß die ursprüngliche Trägerzelle zu einer Steinzelle wird und somit einem gleichen Funktionswechsel unterliegt wie im Marke der Acanthaceen.

Das Schicksal der Cystolithen ist somit je nach Organ und Gewebe, in dem sie auftreten, verschieden. Die Pflanze entledigt sich ihrer beim Laubfall oder, sofern sie im peripheren Gewebe des Stammes liegen, durch Peridermbildung, oder sie erfahren, wie in den oben erwähnten Fällen, eine Entkalkung unter Sklerosierung des Lithocysten.

G r a z, pflanzenphysiologisches Institut.

Literatur-Nachweis.

- BEHM, Anat. Charakteristik d. Santalaceen, Bot. Centralbl. 1895/II.
 CHAREYRE, J., Sur la formation des cystolithes et leur resorption. Compt. rend. Paris 96, 1883, S. 1594.
 FELLERER, C., Beitr. z. Anat. u. Syst. d. Begoniaceen, Diss., München 1892.
 HABERLANDT, G., Physiolog. Pflanzenanatomie, V. Aufl., Leipzig 1918.
 HOBEIN, M., Über den syst. Wert d. Cystolithen b. d. Acanthaceen. ENGLERS Bot. Jahrb. 5, 1884, S. 422.
 KOHL, F. G., Kalksalze u. Kieselsäure in den Pfl. Marburg 1889.
 MOLISCH, H., Über kalkfreie Cystolithen, Öst. bot. Ztschr. 1882, Nr. 11.
 RADLKOFER, L., Über die Gliederung d. Fam. d. Sapindaceen. Sitzber. k. bayr. Akad. d. W., math.-phys. Kl., 20, 1890.
 RAATZ, W., D. Stabbildung im sek. Holzkörper d. Bäume, Jahrb. f. wiss. Bot., 23, 1892.
 RENNER, O., D. Lithocysten d. Gatt. *Ficus*. Beih. bot. Centralbl., 25/I, 1910.
 RICHTER, K., Beitr. z. genaueren Kenntn. d. Cystolithen u. einiger verwandter Bildungen im Pflanzenreiche. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss., Wien, 1. Abt., 76, 1877.
 SCHACHT, H., Über d. gestielten Traubenkörper im Bl. vieler Urticeen etc. Abh. d. SENKENBERG-Ges. in Frankfurt a. M. 1854, 1, S. 133.
 SCHOENNET, M., Rezynocysty, Kosmos, Lemberg, 18, cit. nach ZALEWSKI.
 SCHORN, F., Über Schleimzellen von Urticeen und über Schleimcystolithen von *Girardinia palmata* Gaudich. Sitzber. d. Akad. d. Wiss., Wien, math.-nat. Kl., 1. Abt., 116, 1907.
 SOLEREDER, H., Systematische Anatomie d. Dikotylen. Stuttgart 1899.
 WEDELL, A., Sur les cystolithes ou concrétions calcaires des Urticées et d'autres végétaux. Ann. d. sc. nat., 4. sér., 2, 1854.
 ZALEWSKI, A., Über SCHOENNETTS Resinocysten, Bot. Ctrbl. 70, 1897.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1921

Band/Volume: [39](#)

Autor(en)/Author(s): Linsbauer Karl

Artikel/Article: [Über die kalkfreien Cystolithen der Acanthaceen 41-49](#)