FLORA.

55. Jahrgang.

№ 8. Regensburg, 11. März 1872.

Inhalt. E. Pfitzer: Ueber die Einlagerung von Kalkoxalat-Krystallen in die pflanzliche Zellhaut. Fortsetzung. — Literatur: A. v. Krempelhuber: Die Fortschritte und Literatur der Lichenologie vom Jahre 1866—71. — Sammlungen. — Personalnachrichten. — Einläufe zur Bibliothek und zum Herbar. — Anzeige.

Ueber die Einlagerung von Kalkoxalat-Krystallen in die pflanzliche Zellhaut.

Von Dr. E. Pfitzer.

(Fortsetzung.)

Es lässt sich voraussehen, dass diese Entwicklungsweise der Einlagerungen nur da mit Sicherheit wird nachgewiesen werden können, wo die Krystalle, noch ehe sie zur Zellwand in irgend eine Beziehung treten, eine beträchtliche Grösse erreichen. Ein solches Beispiel bieten die zuerst von Payen[1]), später auch von Schacht[2]) in seiner Arbeit über die Cystolithen erwähnten, im Gewebe der *Citrus*-Arten vorkommenden Krystalle. Payen hat deren Verbindung mit der Zellwand nicht bemerkt, Schacht beschreibt sie folgendermassen:

„Bei *Citrus vulgaris* sehen wir, sowohl unmittelbar unter der Oberhaut, namentlich der oberen, keine Spaltöffnungen führenden (Blatt-) Seite, als auch im Innern des Blattgewebes, und dann wiederum häufiger in der Nähe der Gefässbündel, also in der Umgebung der grösseren und der kleineren Blattnerven, Zellen,

1) Mémoire sur les dévéloppements des végétaux. V. Concrétions et incrustations minérales. Mém. présentés par divers Savants à l'académie. Tome IX. p. 91. Pl. III. fig. 9. 10. 1846.

2) Ueber die gestielten Traubenkörper im Blatte vieler *Urticeen* und über ihnen nah verwandte Bildungen bei einigen *Acanthaceen*. Abhandl. d. Senckenberg. naturf. Gesellsch. I. 1854. S. 149.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03639-0115-6

welche einen einzigen, sehr schön ausgebildeten Krystall umschliessen, der in vielen Fällen gewissermassen auf einer Zellstoffsäule ruht, häufiger jedoch in einer, nur längs der einen Hälfte der Zellwand erfolgten Zellstoffablagerung wie eingebettet liegt. Häufig kommt die Zellstoffsäule, welche sich vielleicht mit dem Zellstoffstielchen im Feigenblatt vergleichen lässt, mit der Zellstoffablagerung längs der Zellwand gemeinschaftlich vor; in einem und demselben Blatte finden sich jedoch in dieser Beziehung wesentliche Verschiedenheiten. Salpetersäure löst die Krystalle langsam ohne Gasentwicklung; nachdem dieselben vollständig verschwunden sind, tritt das Zellstoffbett um so deutlicher hervor. Schwefelsäure greift die Krystalle ebenfalls an; sie werden vom Rande her angefressen, verschwinden aber nicht, sind vielmehr noch nach 16 Stunden als Massen von zerfressenem Aussehen überall vorhanden. Eine schwächere Säure, wahrscheinlich organischer Art, wird hier ausgetrieben und durch die Schwefelsäure ersetzt; die ziemlich formlosen Massen bestehen jetzt wahrscheinlich aus schwefelsaurem Kalk. Die Krystalle im *Citrus*-Blatt sind doppelbrechend, sie geben im Polarisationsmikroskop herrliche Farbenerscheinungen, und würden, da ihre Kanten so ausserordentlich scharf ausgebildet sind, in krystallographischer Beziehung leicht zu bestimmen sein. Obschon diese Krystalle im Blatt der *Citrus*-Arten mit den trauben-, donnerkeil-, und spiessförmigen Körpern der *Urticeen* und *Acanthaceen* nichts gemein haben, da hier ein ausgebildeter Krystall, ein pflanzensaurer (citronsaurer?) Kalk, dort aber zahlreiche Zellstoffschichten mit scheinbar formlosen Kalksalzen (kohlensaurer Kalk) vermischt, vorkommen, so hat doch die örtliche Abscheidung des Zellstoffes, welche das Säulchen oder den formlosen Erguss längs der Zellwand bildet, allerdings etwas Verwandtes; sie könnten demnach leicht mit den anderen Bildungen verwechselt werden. Der Einfluss des mineralischen Salzes, welches sich als Krystall in diesen Zellen abscheidet, auf die Verdickung der Zellwand wird auch hier, obschon die Erscheinung eine ganz andere ist, sichtbar; diejenigen Zellen nämlich, welche keinen Krystall umschliessen, haben ihre Wand überall gleichmässig verdickt, von der säulenförmigen Zellstofferhebung ist bei ihnen nichts zu finden."

Diesen, von einer nicht sonderlich gelungenen Abbildung begleiteten Beobachtungen, die ich, soweit sie sich auf das rein Thatsächliche beziehen, im Allgemeinen bestätigen kann, bleibt noch folgendes hinzuzufügen. Das Vorkommen der Krystalle ist

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03639-0116-2

zunächst nicht auf die Blätter beschränkt, sondern sie finden sich in etwas anderer Weise auch im Blattstiel, in der primären Rinde, im Mark, wie in der Umgebung der Bastbündel des Stamms, fehlen auch in dem Parenchym der Früchte nicht. Was die Blätter betrifft, so gehören die krystallführenden Zellen der Oberseite der der Epidermis angrenzenden Lage des zweischichtigen Pallisaden-Parenchyms an, zeichnen sich aber bei gleicher Erstreckung senkrecht zur Blattfläche, durch einen um etwa das vierfache grösseren tangentialen Durchmesser aus, sowie dadurch, dass sie nach aussen in die Begrenzung der Epidermis hinein vorspringen (Fig. 7, 8). Auch führen sie kein Chlorophyll, sondern nur wenig Plasma und farblose Flüssigkeit. Die starke Wandverdickung, welcher der Krystall eingebettet ist, liegt stets auf der dem Blattinnern zugewandten Seite der Zelle und rückt nur selten ein wenig nach einer der Seitenflächen hinauf. Sie füllt als solide Masse etwa die Hälfte des Zellraums aus und überzieht sich verjüngend den mit seiner untern Hälfte in sie eingesenkten Krystall auch an seinem nach aussen gewandten Ende als zarte aber ununterbrochene Schicht, wie namentlich sehr dünne Schnitte, nachdem die Krystalle herausgefallen sind, dickere nach Anwendung von Salzsäure zeigen. Eine Schichtung der Verdickungsmasse ist nicht zu erkennen, nur selten sieht man eine feine Linie um den Grund des Krystalls sich herumziehen. Die viel seltener vorkommenden „Zellstoffsäulen" (Fig. 8) unterscheiden sich nur dadurch, dass die Verdickung an einer eng umschriebenen Stelle stattgefunden hat. Was die stoffliche Beschaffenheit der Zellstoffmasse anlangt, so zeigt sowohl die starke Lichtbrechung derselben, als die intensivrothe Färbung, welche sie mit der von Hanstein näher beschriebenen [1]) gemischten Lösung von Rosanilin und Anilinviolett annimmt, dass wir es mit einer chemisch dem Collenchym nahestehenden Modification der Cellulose zu thun haben. Mit Chlorzinkjod färbt dieselbe sich schnell blau und quillt sehr stark auf.

Ihrer Form nach gehören die Krystalle unzweifelhaft dem monoklinischen System an — die meisten entsprechen einfach dem schiefen Grundoctaeder mit der schiefen Endfläche (Fig. 5, 7, 8). Sie erscheinen dem zufolge, je nach ihrer Lage zum Gesichtsfeld bald rhombisch, bald sechsseitig. Andere Formen sind selten,

1) Sitzungsberichte d. Niederrhein. Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde 1868. S. 85., Botanische Zeitung 1868. S. 708.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03639-0117-8

doch kommen noch Zwillinge vor, bei welchen die schiefe Endfläche Zwillingsebene wird. Die Ausbildung ist, wie schon Schacht hervorhebt, eine sehr vollkommene, doch finden sich die Flächen des Oktaeders oft concav entwickelt (Fig. 8 links).

Die Krystalle, welche in der der unteren Blatt-Epidermis nächsten Schicht des Schwamm-Parenchyms vorkommen, verhalten sich ebenso, wie die oben beschriebenen, sind aber weniger zahlreich und nicht so gross und regelmässig ausgebildet. Dasselbe gilt von den Krystallen des übrigen Blatt-Parenchyms, welche aber an beliebigen Stellen mit der Wand zusammenhängen. Diejenigen, welche in der Umgebung der Gefässbündel sich finden, füllen meist die Zelle, in welcher sie liegen, vollständig aus.

In ganz besonders grosser Menge treten die Krystalle im Blattstiel auf, wo sie auch noch grösser werden, als in der Spreite. Derselbe besteht aus einem collenchymatischen Gewebe, das durch einen geschlossenen, elliptischen Gefässbündelkreis in einen kleinen centralen und einen grösseren peripherischen, von einer einschichtigen Epidermis bedeckten Theil geschieden wird. Beide führen Krystalle, die im mittleren Theil des letzteren ihre grösste Ausbildung erreichen. In der Art und Weise, wie dieselben an der Wand befestigt sind, verhalten sich die Zellschichten verschieden. Diejenige, welche unmittelbar an der Epidermis liegt, ist ganz analog der entsprechenden Schicht im Blatt beschaffen, abgesehen natürlich von dem Fehlen der Pallisadenform der krystallfreien Zellen. Im weiter nach Innen gelegenen Gewebe fehlt dagegen die bestimmte Richtung der, hier in der Regel von einer sehr deutlichen, derben Zellstoffhülle umgebenen Krystalle, und sind dieselben nur mit einer kleinen, bald an einer stumpfen bald an einer spitzen Ecke der Krystalle gelegenen Stelle der Zellhaut angeheftet. Häufig bohren sich auch zwei gegenüberliegende Ecken gewissermassen in die weiche Zellwand so hinein, dass keine Grenze zwischen Hülle und Wand erkennbar bleibt, so dass man ohne die Analogie der daneben vorkommenden anderen Fälle glauben könnte, der Krystall liege wie bei *Kerria* u. s. w. in einem den Zellraum durchsetzenden, sehr stark ausgedehnten Cellulose-Balken. Bei noch weiter gehender Grössenzunahme des Krystalls wird der umhüllende Sack endlich der Wand überall so fest angepresst, dass man kaum oder gar nicht die Ansatzstelle auffinden kann (a in Fig. 12), wodurch dann der Anschein entsteht, als läge der Krystall im Lumen, und nicht in einer besonderen mit der Wand verbundenen Cellulose-Hülle.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03639-0118-3

Dies leichte Verschmelzen der letzteren mit der Wand wird wohl wesentlich gefördert durch die collenchymatische Beschaffenheit beider. Die Hülle zeigt im Blattstiel bei ihrer beträchtlichen Dicke leicht dieselben Reactionen wie die Polster der Blattseite. Jedoch behält die innerste, dem Krystall unmittelbar anliegende Membran-Schicht ihre scharfe Begrenzung auch nach Auflösung der Krystalle vollkommen, scheint demnach aus dichterer Substanz zu bestehen. Solche mit Salzsäure behandelte zarte Schnitte geben sogar besonders anschauliche Präparate (Fig. 9). Sehr selten sind in einer Zelle zwei Krystalle vorhanden, deren Hüllen dann auch unter einander verschmelzen (Fig. 13).

Die in der Rinde des Stammes von *Citrus* vorkommenden Bildungen verhalten sich ihrer Lage und Vertheilung nach ganz ähnlich; im Marke trifft man sie nur spärlich an. Die in der Umgebung der Bastbündel sich findenden Krystalle, welche das Lumen der sie umschliessenden kleinen Zellen meist ganz ausfüllen (Fig. 14), nehmen hier eigenthümliche Zwillingsgestalten an, welche dadurch entstehen, dass die schon oben erwähnten schwalbenschwanzförmigen Zwillinge wieder unter einander verwachsen, und zwar entweder so, dass sie ihre einspringenden Winkel nach derselben, oder nach entgegengesetzten Seiten wenden. Im ersteren Fall entstehen zickzackartig gebogene, im letzteren Fall fast Sförmige Gestalten. Eine genaue Bestimmung der Zwillingsebene war bei der sehr geringen Grösse dieser Krystalle nicht ausführbar — es schien auch hier die schiefe Endfläche zu sein.

Was die Substanz aller bei *Citrus* vorkommenden Krystalle betrifft, so hat sich die sehr nahe liegende, von Schacht ausgesprochene Vermuthung, dass die organische Säure Citronensäure sei, nicht bestätigt. Während nämlich citronensaurer Kalk sich in Essigsäure löst, greift diese letztere die in Rede stehenden Bildungen nicht an, und müssen dieselben wohl ihrer Form, wie ihrem chemischen Verhalten nach, als oxalsaurer Kalk betrachtet werden.

Die Entwicklungsgeschichte wurde an einem Exemplar von *Citrus vulgaris* untersucht, welches im December im Warmhause angetrieben wurde, und schliesslich auch an einigen bereits im Kalthause austreibenden Bäumen bestätigt.

Während im Allgemeinen die krystallinischen Gebilde, Rhaphiden, Krystalldrusen u. s. w. in sehr jugendlichen Stadien der Organe auftreten, zeigten etwa centimeterlange Blattspreiten des

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03639-0119-1

erwähnten *Citrus* zwar schon die volle Zahl (zehn bis zwölf) der im erwachsenen Blatt vorhandenen, jetzt noch sämmtlich in lebhaftester Flächentheilung begriffenen Zellschichten, aber, auch bei Durchmusterung im polarisirten Licht, noch keine Spur von Krystallen. Erst in Blättern, die etwa drei Centimeter Länge erreicht haben, treten im Plasma ganz spärlich winzige im polarisirten Licht aufleuchtende Punkte auf. Das Pallisadenparenchym ist zu dieser Zeit noch der Form der Zellen nach kaum vom übrigen Gewebe verschieden, nur seitlich etwas fester geschlossen und reicher an Chlorophyll.

Die eigentliche massenhafte Entwicklung der später in sehr grosser Menge vorhandenen Krystalle geschieht erst, wenn das Blatt sein Flächenwachsthum nahezu vollendet hat. Dasselbe fühlt sich dann noch weich an und ist viel dünner als die erwachsenen Blätter, indem seine Zellen eine letzte Streckung senkrecht zur Blattfläche und gleichzeitige Verstärkung ihrer Wände noch nicht ausgeführt haben. Diejenigen Zellen, welche später Krystalle führen sollen, werden zunächst grösser und Chlorophyll-ärmer, als die benachbarten. So bald die in ihnen entstehenden Krystalle gross genug sind, um sie mit Sicherheit von den übrigen körnigen Einschlüssen der Zelle unterscheiden zu können, sieht man, dass sie nicht in der Wand, sondern innerhalb des Plasmaschlauchs liegen. Bei vielen lässt sich durch genaue Einstellung geradezu erkennen, dass sie in der Mitte der Zelle erscheinen, wenn deren Ränder gerade scharf sichtbar sind, dass sie dagegen verschwinden, sowie man diejenigen Wände genau sieht, welche die grosse Zelle nach oben (d. h. nach dem Ocular zu) und nach unten abschliessen. Es ist damit bewiesen, dass die Krystalle — welche übrigens auch gar nicht auf die nach innen gewandte Hälfte der Zelle beschränkt sind, wo sie später angewachsen erscheinen — nach keiner Richtung hin mit der Zellwand zusammenhängen. Dasselbe folgt aus den Erscheinungen, die man bei Contraction des Plasmaschlauchs beobachtet. Wenn man concentrirte Kochsalzlösung, die vor dem Zuckersyrup den Vorzug verdient, weil sie das Plasma nicht so durchsichtig macht, auf einen zarten Schnitt wirken lässt, so kann man sich leicht durch wechselnde Einstellung überzeugen, dass der Krystall innerhalb des zusammengefallenen Plasmaschlauchs liegt (Fig. 4). Ob derselbe freilich bei seinem allerersten Auftreten im Plasma selbst, oder im Zellsaft erscheint, dürfte kaum festzustellen möglich sein; doch liegen, wie

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03639-0120-2

gleich erhellen wird, Gründe dafür vor, dass er stets vom Plasma umgeben ist, wodurch die erstere Annahme wahrscheinlich wird.

Nach Anlegung der Krystalle erfolgt dann das letzte Dickenwachsthum der Blattspreite durch eine, wie Vergleichung der bei gleicher Vergrösserung gezeichneten Figuren 4 und 5 ergiebt, nicht ganz unbeträchtliche Streckung aller und namentlich der pallisadenförmigen Parenchym-Zellen. Mit diesem Wachsthum gleichzeitig nehmen auch die Krystalle erheblich an Umfang zu, ohne aber zunächst andere wesentliche Veränderungen zu erleiden (Fig. 5). Letzteres geschieht erst, nachdem die Verdickung des dem Blattinnern zugekehrten Theils der Zellwand begonnen hat, wobei der eigentliche Grund der grossen Zellen gegenüber einem horizontalen, gürtelförmigen Stück darüber etwas zurückzubleiben pflegt. Nun beobachtet man auch bei sehr starker Vergrösserung, dass den Krystall ein feiner, scharfer doppelter Contour umgiebt und nach Auflösung des Kalkoxalats durch sehr verdünnte Salzsäure bleibt jetzt eine dünne, scharf sichtbare Membran zurück. Man könnte im Zweifel sein, ob dieselbe nicht vielmehr als eine Schicht dichteren Plasmas aufzufassen sei, wie sie Hofmeister[1]) allen krystallinischen Einschlüssen der Pflanzenzellen zuschreibt. Die Reaction mit Chlorzinkjod ist in diesen jugendlichen Zuständen unausführbar, da bei dessen Anwendung schnell die Zellwände bis zum Verschwinden des Lumens aufquellen und die Färbung der in Rede stehenden zarten Hülle verdecken. Doch zeigt letztere deutliche Faltung und man kann ferner bisweilen sehen, dass das sich zusammenziehende Plasma sich an ihr entlang so zurückzieht, dass eine Spitze der Membran aus dem geronnenen Plasmaballen hervorragt (Fig. 6). Ausserdem wissen wir ja, dass jeder Krystall später rings von einer deutlich als Cellulose reagirenden Hülle umgeben ist.

Indem dann die Verdickung der einen Hälfte der Zellwand mehr und mehr zunimmt, erreicht sie allmählich den Krystall und drängt denselben nach aussen. Da, wie oben bemerkt, ein ringförmiger Wulst der Anfangszustand der Verdickung ist, so ist leicht einzusehen, wie durch dessen Vordringen die anfangs, entsprechend den Dimensionen der Zelle, nur ungefähr mit ihrer längsten Axe senkrecht zur Blattfläche gerichteten Krystalle diese Lage mit immer mehr Genauigkeit annehmen, indem sie an der Mitte ihrer nach dem Blattinnern gerichteten Flächen von dem

1) Die Pflanzenzelle S. 393.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03639-0121-8

Wulst erreicht werden, während ihre nach innen gewandte Spitze zunächst noch in einen kleinen Hohlraum zu liegen kommt. An dieser Stelle zeigt nun auch die Cellulosehülle des Krystalls eine Zunahme ihrer Dicke und wächst gewissermassen den Wucherungen der Zellwand entgegen (Fig. 7). Schliesslich verschmelzen die letzteren mit der Krystallhülle bis zum Verschwinden jeder Grenze, auch der Hohlraum unter dem Krystall wird durch fortschreitende Verdickung geschlossen, die anfangs winkelige und bestimmte Aussengrenze von Hülle und Zellhaut nimmt mehr und mehr einen sanft bogigen Umriss an und wir sind zu der in Fig. 8 dargestellten Form der krystallführenden Zellen gelangt, wie dieselben sich im erwachsenen Blatt darstellen. Die in dieser Figur bei dem linken Krystall gezeichnete zarte Linie, die übrigens nur sehr selten erkennbar ist, entspricht somit der Grenze der beiden Cellulosegebilde. Bei der kleinblättrigen *Citrus myrtifolia* findet man dagegen auch in alten Blättern oft noch den Hohlraum unter den Krystallen erhalten.

Die Entwicklung der letzteren im Blattstiel und Stamm weicht darin von dem eben geschilderten Gange ab, dass beide stets der Spreite weit voraus sind. Wenn die letztere erst 7 Millimeter misst und somit noch keine Spur von Krystallen enthält, finden sich dieselben im Parenchym des Blattstiels schon zahlreich vor, sind aber noch vom Plasma umschlossen und frei. Jedoch erfolgt auch das Anwachsen hier viel früher, als in der Spreite, ohne dass dabei bestimmte Stellen der Membran sich besonders stark verdickten. Im Stamme sieht man gleichfalls mehrere Internodien über Blättern, deren Lamina noch frei von Krystallen ist, die letzteren reichlich; auch hier liegen sie im Parenchym, wie in der Umgebung der Gefässbündel ursprünglich im Plasma und wachsen erst nachträglich an.

Die von Schacht vermuthete Verwandtschaft des Zellstoffstielchens der Cystolithen und der bei *Citrus* den Krystall tragenden Zellstoffmasse ist demnach nur scheinbar: dort treibt die Zellwand einen Fortsatz, in welchem sich später Krystalle ablagern, hier dagegen tritt ein schon vor Beginn jeder Wandverdickung vorhandener Krystall schliesslich mit der Membran in Verbindung.

Sehen wir nun zu, welche Schlüsse sich aus den mitgetheilten Thatsachen in Bezug auf die oben gestellten Fragen ergeben.

(Schluss folgt.)

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03639-0122-4

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1872

Band/Volume: 55

Autor(en)/Author(s): Pfitzer Ernst Hugo Heinrich

Artikel/Article: Ueber die Einlagerung von Kalkoxalat-Kryställen in die pflanzliche Zellhaut 113-120