

4
cat.

ÜBER
KRYSTALLBILDUNGEN
IN DEN
PFLANZENZELLEN.

VON
DR. F. UNGER.



Pa 4235:4

*Anzeiger des Wiener Museums
der
Naturgeschichte
L. II. 1870*



1913

THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS

1913

STANDARDIZATION

!

Unter allen organischen Elementartheilen, die sowohl den Pflanzen- als den Thierleib zusammensetzen, zeigt kein einziger so viel Abgeschlossenheit, so viel Selbstständigkeit und Concentrirung des Lebensprozesses, als die Pflanzenzelle. Ein von einer durchaus gleichartigen Membran eingeschlossener, bald grösserer bald kleinerer Raum, welcher in der Regel von Flüssigkeiten in der Art erfüllt ist, dass dieselben nur mittelbar mit den der Nachbarzellen communiciren, lässt weniger eine Vergleichung mit den Zellen des thierischen Organismus, als mit den aus denselben zusammengesetzten Organen zu. Indess tritt mit dem wechselnden Baue dieser Elementarorgane doch immer zugleich so viele Verschiedenheit in Bezug auf ihre functionelle Natur ein, dass man nur eine bestimmte Zellform als diejenige ansehen kann, wo chemische Prozesse vorzugsweise Statt finden, und die deshalb auch gleichsam den Herd der organischen Verwandlungen und des Stoffwechsels ausmachen. Diese Form der Pflanzenzelle ist diejenige, die wir mit dem Namen Parenchymzelle, von der die sogenannte Merenchymzelle nur eine unwesentliche Abänderung ist, bezeichnen. Diese Form der Zelle ist es auch, von der wir hier, wo wir einige Beobachtungen über Krystallbildungen mitzuthellen gedenken, insbesondere sprechen.

Ich darf wohl nicht in Erinnerung bringen, dass der Irrthum derjenigen, welche Krystallbildungen in den Zwischenräumen der Zellen, den Intercellulargängen, beobachtet zu haben vorgaben, aufgedeckt, und der Satz als allgemein gültig ausgesprochen wurde, dass dergleichen Bildungen immer nur in den Zellräumen selbst vorkommen, und dort aus den vorhandenen Flüssigkeiten abgeschieden werden ¹⁾. Wie es sich zeigte, war die Irrung vorzüglich dadurch veranlasst worden, dass bei einer gewissen Art von Krystallen die Zellen, welche diese enthalten, das Vier- bis Sechsfache des Volumens der Nachbarzellen einnehmen, und daher eher vergrösserten Räumen zwischen den Zellen, als Zellräumen selbst gleichen.

Die Zellen, in welchen ich bisher Krystallbildungen wahrnahm, waren immer nur dünnwandig; allein es ist unrichtig, wenn man behauptet, dass mit denselben nie andere organische Bildungen in einer und derselben Zelle vorkommen. Obgleich diess nicht der gewöhnliche Fall ist, so kamen mir doch Beispiele vor, und zwar namentlich in *Piper blandum*, wo Chlorophyllbläschen mit zahlreichen Krystallen vereint in einer Zelle erschienen.

Wenn auch Krystalle in allen parenchymatischen Pflanzentheilen angetroffen werden, so kann man doch die inneren Zellschichten der Blätter und des Stammes krautartiger Gewächse als die eigentlichen Werkstätten dieser seltsamen Bildungen ansehen. In den Zellen der Epidermis sind sie bisher nur, und zwar von Meyen bei *Tradescantia discolor* und *Maranta zebra* gefunden worden, und beifolgende Abbildung (*Fig. 13*) zeigt sie aus *Goodyera repens*, allein sie finden sich gewiss auch noch bei andern Pflanzen in der Epidermoidal-

¹⁾ Anatom. physiol. Untersuchungen über den Inhalt der Pflanzenzellen. Von Dr. F. J. Meyen p. 62.

schichte. Von der Oberhaut aus nach Innen zu werden sie aber immer zahlreicher, jedoch behauptet, wie mir scheint, in dieser Beziehung weder die Rinde noch der Markkörper dicotyledonischer Pflanzen irgend einen Vorrang.

Die Frequenz der Krystalle in irgend einer Pflanze ist eben so verschieden, wie in den einzelnen Zellen derselben; bald findet man ein Gewächs mit solchen anorganischen Producten überladen, bisweilen kommen sie in der nämlichen Pflanze nur sparsam vor, alles je nachdem sich die zur Krystallisation geeigneten chemischen Verbindungen der Stoffe in grösserer oder geringerer Menge angesammelt haben. Ob hierbei das Alter der Pflanzen und der Standort von wesentlichem Belange sind, ist zwar noch nicht näher bestimmt, allein es lässt sich nicht ohne Grund annehmen, dass die gedachten beiden Punkte unter den übrigen einflussreichen Momenten gewiss die Hauptrolle spielen.

Krystalle sind bereits in einer grossen Menge der verschiedenartigsten Gewächse gefunden worden, von den einfachsten Algen ¹⁾ angefangen bis zu den vollkommensten Gewächsen, und wenn auch einige Pflanzenfamilien hiervon ausgeschlossen zu seyn scheinen, so treffen sich diese Krystalle dagegen wieder in anderen Gruppen desto zahlreicher, so zwar, dass von mancher derselben auch nicht eine einzige Gattung oder Art hiervon eine Ausnahme macht. Beispiele könnten aus manchen Ordnungen der Monocotyledonen angeführt werden.

Wichtig ist in Bezug auf das Vorkommen der Krystalle noch der Umstand, dass, sofern eine Pflanzenzelle einmal die zur Krystallbildung nöthigen Stoffe besitzt, in der Regel meist mehrere Krystalle entweder auf einmal, oder aus der verschiedenen Grösse derselben zu urtheilen, nach und nach gebildet werden, und dass es sich höchst selten ereignet, dass in einer Zelle sich nur ein einziger Krystall bildet. Letzteres trifft sich zuweilen bei *Papyrus antiquorum*, aber noch bei weitem ausgezeichneter in den Parenchymzellen der *Ficus*-Arten, namentlich in *Ficus bengalensis* (*Fig. 1 u. 2*). Doch finden sich auch hier unter den übrigen Zellen welche, die mehr als einen Krystall enthalten; in diesem Falle sind dieselben jedoch stets kleiner als die vereinzelt Vorkommenden. Es scheint diess auf eine geringere Energie der belebten Zellwand im Gegensatze zu ihrem Contentum hinzudeuten.

Sehr beachtenswerth ist überdiess noch die Art und Weise des Vorkommens der Pflanzenkrystalle in solchen Pflanzen, die mit Lufthöhlen versehen, und mit ähnlichen Gängen durchzogen sind. Hier trifft man diejenigen Zellen, welche Krystalle enthalten, häufig nicht nur allein locker mit den übrigen Zellen im Zusammenhange, sondern beinahe frei in die Luftgänge hineinragen. Beispiele der Art finden sich in *Meyen's Phytotomie* mehrfach abgebildet ²⁾. Gewöhnlich ist diess der Fall bei den nadelförmigen Krystallen, indess fanden wir es auch bei sternförmig gebildeten Krystalldrüsen, wie diess *Fig. 12* aus *Myriophyllum spicatum* versinnlicht. Da im Grunde die Bildung aller Luftgänge secundär, d. i. als Folge der nach und nach fortschreitenden Erweiterung der Interzellulargänge zu betrachten ist, so sind denn auch die krystallführenden Zellen ursprünglich mit den übrigen Zellen mehr oder weniger in

¹⁾ Den Nostochinesen, als: *Hydrurus crystallophorus* Schübl, *Chaetophora elegans*, *pisiformis* und *endiviac. folia*, *Rivularia calcarea*, *Rivularia pisum* var. *dura*, *Palmella rupestris*, *Nostoc muscorum* (von mir auch in Individuen, die auf Granitboden vorkommen, gefunden, enthielten kohlen sauren Kalk) u. s. w.; den Conserveaceen, als: *Conserva crystallifera* Agdh.

²⁾ L. c. Tab. V. *Fig. 3* und *6* aus *Pontederia cordata*. *Fig. 5* aus *Calla aethiopica*.

Verbindung, und werden erst im fortschreitenden Alter der Pflanzen allmählig von denselben abgetrennt.

Vergleichen wir endlich die krystallführenden Zellen mit den angrenzenden Zellen in Bezug auf ihrem Inhalt, so muss man staunen über die Mannigfaltigkeit der vital-chemischen Prozesse, deren Producte sich auf den ersten Blick kundgeben. Welche Verschiedenheit! hier Amylum in beträchtlicher Quantität angesammelt, zunächst daran Krystalle von mannigfaltiger Form, in den Zwischenzellengängen Luft, und überdiess die in den gefässartigen, anastomosirenden Zellen enthaltenen eigenen Säfte von gummiresinöser Beschaffenheit. Ein Bild dieser Art treu der Natur nachgezeichnet gebe ich *Fig. 1 u. 2*.

Es erregt gewiss eine erhöhte Aufmerksamkeit, wenn man die verschiedenartigsten chemischen Vorgänge in einem so kleinen Raume, und scheinbar so wenig an eine gewisse Ordnung festgehalten sieht. Es dringt sich hierbei, in der Ueberzeugung der Nothwendigkeit irgend eines Gesetzes unwillkürlich der Gedanke auf, in der Masse des parenchymatösen Zellgewebes ein inniges Verschlungeneyn mehrerer organischer Gebilde zu sehen, die in ihren zerstreuten Elementen dennoch gewissermassen durch die Gleichheit der Function zusammenhängen, aber unter sich in einem Gegensatze stehen. So scheinen mir auf diese Weise alle Amylum führenden, so alle krystallführenden Zellen in einer näheren Beziehung unter einander zu seyn, obgleich sich räumlich häufig keine unmittelbare Verbindung nachweisen lässt, wie man diess z. B. bei den die Spiralröhren, die Lebenssaftgefässe u. s. w. constituirenden Zellschläuchen nachweisen kann.

Es ist merkwürdig, dass die Gefässbündel nach allen ihren wesentlichen Elementartheilen durchaus keinen Theil haben an solchen mehr se- und excernirenden Prozessen. Diese Eigenthümlichkeit, welche nothwendig auch einen Mangel sowohl an organischen als anorganischen Bildungen, wie Amylum, Chlorophyllbläschen, Harzkügelchen, Krystalle u. s. w. nach sich zieht, eben so wie ihre Strukturverhältnisse machen sie mehr für die Saftleitung geeignet, und kommt ihnen diese Function, wie wir kaum bezweifeln, vorzugsweise zu, so lässt sich das parenchymatöse Zellgewebe, das sie umgibt und von ihnen formell sowohl als materiell abhängt, füglich mit den drüsigen Eingeweiden des thierischen Körpers vergleichen, und es liege sonach in dieser Bedeutung der Grund seiner se- und excernirenden Qualität.

Bei dem gegenwärtigen Zustande der Pflanzenanatomie ist es allerdings sehr schwer, sich hierüber umständlicher auszusprechen, und jeder, der weiss, wie ganz hypothetisch der grösste Theil der Pflanzenphysiologie ist, wird sich eben so wenig wundern, wenn man die herrschenden Ansichten in dieser Beziehung gänzlich als unzureichend verlässt, als wenn man, zu Aeusserungen über diesen Gegenstand gedrungen, dabei immer nur mit grösster Vorsicht zu Werke geht.

Wir gehen nun zur näheren Betrachtung der Krystalle selbst über. Die erste Anforderung in der Erklärung von Gebilden der Art, die durchwegs einen anorganischen Charakter an sich tragen, ist ihre naturhistorische und chemische Bestimmung. Die naturhistorische Bestimmung sucht die physikalischen Eigenschaften aufzufassen, unter welchen die Form, und bei regelmässigen Körpern die Krystallgestalt vorzugsweise beachtet zu werden verdienen. Auch bei den Krystallen der Pflanzenzellen muss es daher unser Bestreben seyn, etwas näher in die Beschreibung der Form einzugehen, als es bisher geschah.

Selbst der wenig Unterrichtete wird auf den ersten Blick erkennen, dass das, was er als krystallinische Gebilde in den Zellen wahrnimmt, entweder einzelne, lose, oder in Drusen

vereinte Krystalle sind. Natürlich muss die Betrachtung einzelner oder individualisirter Krystalle vorzugsweise unser Augenmerk auf sich ziehen, da sie schon für sich alle zur möglichen Bestimmung nöthigen, d. i. wesentliche Merkmale darbieten, die Bildung der Krystallgruppen hingegen theils durch die Form der Individuen, woraus sie zusammengesetzt sind, theils durch zufällige Momente bestimmt wird. Ein Krystall ist nur bestimmt, wenn er in seinen Abmessungen bekannt ist. Hat er überdiess keine einfache Gestalt, so ist zu seiner Erklärung noch die Nachweisung der Art und Grösse der Combination, und der Reihe, deren Glieder sich an ihn realisirten, nöthig. Alles dieses beruht auf genaue geometrische Constructionen. Nur derjenige Krystall, dessen Flächenwinkel sämmtlich, oder von welchen wenigstens nach Umständen einer oder mehrere Kantenwinkel bekannt sind, kann man der Gestalt nach für bestimmt und als irgend einem Krystallsysteme angehörig betrachten; wo diess nicht der Fall ist, kann man keinen Krystall für erklärt ansehen.

Wollten wir daher unsere Aufgabe vollständig lösen, so müssten wir uns auch mit dieser krystallographischen Arbeit befassen. — Nun tritt aber bei Bestimmung der Winkeln an unsern Objecten eine besondere Schwierigkeit entgegen, die eine Folge der unendlichen Kleinheit des Gegenstandes ist. Die grössten Krystalle, die in dem Pflanzenkörper vorkommen, besitzen bei einer Länge von 0,11 einer Wiener Linie kaum den 30. Theil dieses Masses als Breite.

Krystalle, deren Durchmesser nicht so auffallend von einander verschieden sind, haben, wenn sie zu den grössten gehören, nicht viel über 0,023^{'''}. Von dieser Grenze verlieren sich die Grössen der Krystalle abwärts bis in das Unbestimmbare. Diese Angaben stimmen mit den Untersuchungen Raspail's über die Grösse der Pflanzenkrystalle ziemlich überein. Er gibt die Länge der Krystalle in den Wurzeln von *Iris germanica* zu $\frac{1}{3}$ Millimeter (d. i. 0,148^{'''}) und ihre Breite zu $\frac{1}{50}$ Millimeter (d. i. 0,008^{'''}) an, hingegen aus den Blättern von *Phytolacca* und mehreren Monocotyledonen zu $\frac{1}{10}$ Millimeter (d. i. 0,044^{'''}) in der Länge, und zu $\frac{1}{300}$ Millimeter (d. i. 0,0014^{'''}) in der Breite ¹⁾.

Wenn nun bei so kleinen Gegenständen schon die Längen- und Breitenbestimmungen Schwierigkeiten unterworfen, und ungeachtet den besten und genauesten Instrumenten vielleicht nie ganz fehlerfrei sind, um wie vielmehr müssen sich diese erst anhäufen, wo es sich um Bestimmung der Winkel, worauf die Abmessung beruhet, handelt. Raspail gibt zu diesem Behufe *l. c. p. 36* einen microscopischen Winkelmesser (*Goniomètre microscopique*) an, welcher zwar sehr einfach construirt, dessen Anwendung aber solche Vorsichtsmassregeln erfordert, dass Fehler hierbei fast unvermeidlich sind. Zudem ist man mit demselben nur im Stande, Flächen-, aber keine Kanten-Winkel zu messen. Die Hauptschwierigkeiten aber bei Anwendung desselben bestehen, abgesehen von allen übrigen, vorzüglich darin, dass man die Fläche des Krystalls, dessen Winkel man zu messen unternimmt, genau horizontal stellen, und den Scheitel des Winkels eben so genau im Mittelpunkte des Microscops bringen muss — beides Operationen, die viel Zeit und Mühe fordern, und in keinem Falle ein sicheres Resultat versprechen, indem die Unterschiede noch immer innerhalb den Grenzen der Fehler des Instrumentes fallen. Und gesetzt, man bestimme auf diese Weise, wie Raspail that, die Winkel microscopischer Krystalle, so wird man immer, um die Bestimmung vollständig zu

¹⁾ Neues System der Chemie organischer Körper von F. V. Raspail; aus dem Französischen übersetzt von Fr. Wolff, Stuttgart 1854, p. 766.

machen, noch alle übrigen Flächenwinkel zu messen nöthig haben. Dazu ist erforderlich, dass man dem Krystalle jede mögliche Lage geben, und überhaupt mit ihm so zu manipuliren im Stande ist, wie wir ungefähr mit Krystallen umgehen, wenn wir sie crystallographisch durch den Reflexionsgoniometer untersuchen. Das erste Erforderniss wäre also, den microscopischen Krystall zu fixiren, und ihn durch eine Einrichtung des Objecttisches nach jeder beliebigen Richtung zu drehen. Schon die Ausführung dessen halte ich bei Krystallen von $\frac{1}{50}$ Linie im Breitedurchmesser, wie diess schon die grösseren sind, um deren Bestimmung es sich hier handelt, bei der gegenwärtigen Einrichtung unserer Instrumente geradezu für unmöglich. Da wir also auf diesem Wege kaum zum Ziele kommen dürften, so bleibt uns nichts anders übrig, als uns vor der Hand mit einer approximativen Bestimmung zu begnügen, eine Bestimmung, die, wenn sie auf die Weise ausgeführt wird, wie wir demnächst angeben werden, für die Zwecke, die der Physiolog hierbei verfolgt, wenn auch nicht befriedigend, doch vor der Hand genügend seyn können.

Vor Allem bleibt es immerhin eine unablässige Bedingung, sich von der Gestalt der zu untersuchenden Krystalle bei sehr starken Vergrösserungen so viel möglich genaue Zeichnungen zu verschaffen. Uebung wird auch hierin manche Schwierigkeiten überwinden. Auf diese Weise würde man nicht nur beiläufig mit dem Krystallsysteme, zu welchem der zu untersuchende Krystall wahrscheinlicher Weise gehört, bekannt, sondern man bekäme zugleich einen Ueberblick über die vorhandenen Combinationen u. dgl.

In dieser Hinsicht liess ich es mir demnach angelegen seyn, von einigen deshalb untersuchten Pflanzen alle die verschiedenen Formen von Krystallen so sorgfältig als möglich zu zeichnen. Ich gebe in den Abbildungen von *Fig. 1* bis *Fig. 11* alle mir bis jetzt vorgekommenen Krystallformen, von *Ficus bengalensis*, *Maranta zebrina*, *Musa paradisiaca* und *coccinea*, *Yucca gloriosa*, *Strelitzia Reginae*, und überdiess noch die an abgeleiteten und combinirten Formen weniger reichen Krystallgestalten von *Papyrus antiquorum*, *Tritoma uvaria* und *Aloe pulchra*. Alle diese Krystalle kamen grösstentheils lose in den Zellen vor, nur zuweilen, und zwar, wenn sie sehr angehäuft waren, traten dieselben in Drusen zusammen. Eine solche Krystalldruse ist z. B. *Fig. 3* abgebildet.

Es tritt aber auch der Fall ein, dass die Krystalle nicht einzeln und lose, sondern durchaus in kugeligen und sternförmigen Figuren zusammengewachsen sind. Ausgezeichnete Beispiele der Art bieten die Rheum-Arten (*Fig. 11*)¹⁾, *Myriophyllum spicatum* (*Fig. 12*), *Herniaria glabra*²⁾ dar; übrigens finden sich dergleichen Drusen auch noch bei *Mercurialis perennis*, *Viburnum Lantana*³⁾ u. s. w. Bei *Cactus pendulus*⁴⁾ und *Caladium nymphaefolium*⁵⁾ kommen diese noch mit nadelförmigen Krystallen in einem Individuum vor, was mit Grund muthmassen lässt, dass sie auch ihrer chemischen Beschaffenheit nach von einander verschieden sind. Solche Krystalldrusen zu zeichnen hat viele Schwierigkeiten, besonders, wenn man starke Vergrösserungen anzuwenden sucht.

¹⁾ Auch Raspail gibt davon *l. c. Pl. 12, Fig. 9*, eine Abbildung.

²⁾ Ueber den Einfluss des Bodens auf die Vegetation u. s. w. v. Dr. Unger. *Fig. 17 a. a.*

³⁾ Meyen's Phytotomie *Tab. I. Fig. 7.*

⁴⁾ Meyen's Phytotomie, *Tab. I. Fig. 8.*

⁵⁾ Meyen's Phytotomie, *l. c. Tab. XII. Fig. 1.*

Ueberblickt man die hier abgebildeten Krystallgestalten, so scheinen sie sämmtlich, vielleicht mit Ausnahme der *Fig. 4 h.*, abgeleitete und mannigfaltig mit einander combinirte Formen zu seyn, deren Zurückführung auf die Grundgestalt unauflösliche Schwierigkeiten enthält. Um diesen zu begegnen, gibt es meiner Meinung nach nur einen einzigen Weg, nämlich den Weg der Vergleichung, und auch diesen nur auf mittelbare Weise.

Ich glaube nämlich, dass es nothwendig ist, durch eine früher vorgenommene chemische Untersuchung sich erst von der Zusammensetzung dieser Krystalle zu überzeugen, und ist man so zur Kenntniss der vorhandenen Stoffe gekommen, durch Vergleichung mit künstlich erzeugten ähnlichen Körpern, welche, da sie in der Regel doch eine bedeutendere Grösse erlangen, leichter zu untersuchen sind, ihre Form und ihre Ausmessungen zu bestimmen.

Diese mittelbare Bestimmung hängt somit vorzüglich von der genauen Eruirung der Bestandtheile jener microscopischen Krystalle ab. Findet sich nur eine Krystallform in der Pflanze oder in gewissen Theilen einer Pflanze, so wird die Analyse immerhin viel einfacher und sicherer ausfallen, weil man grössere Quantitäten der Pflanzensubstanz, welche diese Krystalle enthalten, behandeln kann.

Ist diess nicht der Fall, wie es zuweilen seyn mag, so wird man immerhin gezwungen seyn, Krystallbündel für Krystallbündel microscopisch-chemisch zu untersuchen; eine Arbeit, die eben so viel Fleiss und Ausdauer als Gewandtheit erfordert.

Werfen wir, um derlei Untersuchungen näher zu beleuchten, einen Blick auf das bereits Geleistete, und wir werden uns überzeugen, wie wenig man über diesen Punkt bisher mit Sicherheit weiss, und wie viel daher noch zu erforschen übrig ist.

Ausser Buchner, Schübler, Saigey, de la Fosse, Fr. Nees v. Esenbeck und Raspail hat sich, so viel mir bekannt, Niemand mit der Analyse dieser microscopischen Krystalle beschäftigt. *Schubert & Chevreul*

Nach diesen wissen wir, dass die Basis derselben hauptsächlich Kalkerde, dann Bittererde, seltener Kieselerde, dagegen die Säure, welche mit denselben verbunden ist, entweder Kohlensäure, Kleesäure oder Phosphorsäure ist. Sehen wir, auf welche Weise Raspail das Vorhandenseyn der Kleesäure und ihre Unterschiede von der Weinsteinssäure bestimmt, so darf man in die Resultate dieser Untersuchungen allerdings etwas Zweifel setzen. Raspail behandelt Pflanzentheile, die dergleichen Krystalle besitzen, mit kautischem Kali, welches die Eigenschaft besitzt, die Pflanzenmembran und alle andern organischen Stoffe aufzulösen, dabei aber die Krystalle in den Zellen unverändert zu lassen. Durch diese Auflösung der umgebenden Scheiden, die dabei in Kleesäure verwandelt werden, können nun mittelst Auswaschen die Krystalle selbst in grösster Reinheit dargestellt werden. Erhitzt man die Krystalle auf einer Glasplatte, so werden sie dem Ansehen nach wenig verändert, obgleich dadurch die mit der Kalkerde verbundene vegetabilische Säure in Kohlensäure verwandelt wird. Eine nähere Angabe, wie sich durch diese Behandlung Weinsteinssäure und Kleesäure unterscheiden lassen, gibt er nicht an, und schliesst auf das Vorhandenseyn der letzteren Säure bloss aus dem einzigen Umstande, dass bei kleesaurem Kalk der Winkel, den die Zuschärfungsflächen am Prisma machen, kleiner (62°) als bei dem weinsteinsauren Kalke (102°) sind. Wie schwer diess aber durch den microscopischen Goniometer zu bestimmen, und wie unsicher diese Bemessungen überhaupt sind, darüber habe ich mich schon oben ausgesprochen. — Eben so wird auf die Gegenwart der Phosphorsäure nur daraus

geschlossen, dass durch die Erhitzung der untersuchten Krystalle keine Veränderung erfolgt, welche auf Bildung von Kohlensäure schliessen lässt.

Die wenigen chemischen Untersuchungen, die ich bisher mit solchen microscopischen Krystallen unternahm, bestätigen zwar die vorhandenen Erfahrungen, allein, handelt es sich um nähere Bestimmung der mit den Basen verbundenen Säuren, so geben auch sie nicht viel genauere Aufschlüsse. Ich schreibe aber diesen Mangel nicht geradezu der Schwierigkeit in der Behandlung des Gegenstandes, sondern vielmehr meiner Ungewandtheit zu, welche ich jedoch bei mehr Uebung noch zu beseitigen hoffe.

Ich untersuchte die Krystalle von *Piper blandum*, *Ficus bengalensis*, *Maranta zebrina*, ferner die spiessigen Krystalle von *Aloe pulchra* und *Tritoma Uvaria*, und zwar überall auf dieselbe Weise, indem ich eine ganz kleine Quantität von Pflanzensubstanz dieser Gewächse mit verdünnter Salpetersäure digerirte, das Ganze filtrirte, und die auf solche Art erhaltene klare gelbliche Flüssigkeit mit Amoniac neutralisirte. Hierbei erfolgte in allen Fällen ein häufiger weisser Niederschlag. Dieser wurde nun gesammelt, ausgewaschen und in einem Platintiegel erhitzt.

Bei *Ficus bengalensis* und *Maranta zebrina* trat während dem Ausglühen keine merkliche Bräunung des weissen Pulvers ein, wohl aber war dieses der Fall bei *Piper blandum*. Wurde jetzt irgend eine Säure zugesetzt, so erfolgte Aufbrausen, und in der neutralisirten Flüssigkeit bewirkte kleesäures Amoniac einen häufigen Niederschlag; die Untersuchung von *Tritoma* und *Aloe* wurde indess durch einen Fehler beim Auswaschen des Niederschlags unverlässlich gemacht, wesswegen ich sie hier übergehe.

Die stärkere Bräunung beim Erhitzen des Niederschlages von *Piper blandum* deutet offenbar auf eine andere vegetabilische Säure hin, als welche in *Ficus* und *Maranta* mit Kalkerde verbunden ist. Wenn die Säure hier wahrscheinlich Kleesäure ist, so scheint sie im andern Falle eher Weinsteinsäure, und die Krystalle also bei *Piper blandum* weinsteinsaurer Kalk zu seyn. — Vergleichen wir nun die Krystallformen von neutralem weinsteinsauern Kalk, wie sie uns Pf. Walchner bekannt machte ¹⁾, so wird man von der Aehnlichkeit derselben überrascht, nur treten da noch Combinationen auf, die uns in dem microscopischen Krystalle von *Piper* nicht begegneten. Uebrigens stimmen die von demselben an dem gedachten Orte angeführten Eigenschaften des neutralen weinsteinsauern Kalkes, mit jenen unserer microscopischen Krystalle vollkommen überein, namentlich die Unlöslichkeit im kalten, und die Schwerlöslichkeit im warmen Wasser, das Aufblähen und Braunwerden bei der Erhitzung, der in der neutralen Lösung in Salpeter- oder Salzsäure durch kleesäures Kali bewirkte reichhaltige Niederschlag.

Wir werden die Abbildungen dieser Krystalle von *Piper* in unserer Abhandlung über den anatomischen Bau der Piperaceen mittheilen; für jetzt genüge es, darauf hinzudeuten, dass die in den ersten 6 Figuren dargestellten Krystalle der Wahrscheinlichkeit nach eher kleesaurer als weinsteinsaurer Kalk seyn dürften, was auch mit den Krystallformen, welche Raspail für kleesauern Kalk ausgab, gut übereinstimmt.

Im Ganzen wollen wir in diesen wenigen Zeilen nur auf die Wichtigkeit des Gegenstandes, für die Pflanzenphysiologie, und namentlich für die Darstellung des Ernährungs-

¹⁾ Ueber krystallisirten weinsteinsauern Kalk. *Journ. für Chemie und Phys. v. J. Schweiger. Bd. 44 p. 133, Jahrg. 1825.*

Absonderungsvorganges aufmerksam machen, zugleich ihn aber von einer solchen Seite berühren, dass uns der Weg für weitere Untersuchungen, wenigstens der Hauptrichtung nach, vorgezeichnet wurde.

Anhangsweise erlauben wir uns noch Einiges über die Lebenssaftgefäße, von denen man in den beiden ersten Nummern Abbildungen bemerken wird, anzuführen.

Dass diese Gefäße, von denen hier die Rede ist, und die durch H. Schulz so wie durch J. Meyen Namen und nähere Beleuchtung erhielten, von den eigenen Gefässen (*vasis propriis*) wesentlich verschieden sind, ist eine Sache, die durch H. Mohl ins Reine gebracht ist. Beide Arten von Gefässen kommen darin überein, dass sie von einer dem Inhalte der übrigen Zellen wesentlich verschiedene Flüssigkeit führen; allein es ist noch unbestimmt, welcher Unterschied zwischen dem eigenen Saft der Lebenssaftgefäße (*vasa laticis*) und der *vasa propria* Statt findet, obgleich er gewiss nicht unbedeutend ist. Wenn er hier mehr schleimiger Natur ist, so besitzt der Latex auffallend eine harzige oder gummi-resinöse u. s. w. Beschaffenheit. Noch sichtlicher tritt der Unterschied beider Arten dieser Gefäße hervor, wenn man ihre Structur und Lagerungsverhältnisse berücksichtigt.

Die *Vasa propria* nehmen wesentlichen Antheil an dem Baue der Gefässbündel¹⁾, sind in den meisten Fällen ein integrierender Bestandtheil derselben, und spielen in der Saftleitung, die wir nun einmal vorzugsweise den Gefässbündeln zuschreiben, gewiss eine eben so wichtige Rolle, als die Spiralgefäße, die Holz- und Bastzellen.

Ganz anders verhalten sich dagegen die *Vasa laticis*. Sie sind nie ein Theil der Gefässbündel, im Gegentheil stets von denselben durch Zellgewebe gesondert, bilden zwar ein durch häufige Anastomosen zusammenhängendes System von saftführenden Kanälen, sie scheinen mir jedoch näher dem Parenchyme als dem Systeme der Gefässbündel verwandt zu seyn. Dafür spricht auch ihre Lage im Rinden-sowohl als im Markkörper, als in jenen parenchymatösen Pflanzentheilen, die sich aus dem Zusammentreten der Gefässbündel in Kreisen hervorbildeten. Auch die Genesis der eigenen Gefäße dürfte dieser Ansicht eine Stütze verleihen, obgleich die Bildung der Gefäße, welche die Gefässbündel constituiren, auf ähnliche Weise vor sich zu gehen scheint.

Um sich von der Art und Weise der Entwicklung der Lebenssaftgefäße gehörig zu informieren, ist es nöthig, dass der Längs- oder Horizontal-Schnitt eines mit Lebenssaftgefässen versehenen Pflanzentheiles, gerade solche in der Bildung begriffene Gefäße getroffen hat. Diess ist z. B. der Fall in jenem Theile des Markkörpers von *Ficus bengalensis*, den wir Fig. 1 abbildeten. Man sieht hier *lit. f.* mehrere perpendicular übereinander gestellte Parenchymzellen von einer Form, welche von den übrigen gleichnamigen Zellen dieses Pflanzentheiles durchaus nicht verschieden sind. Dagegen weicht ihr Inhalt wesentlich von dem Inhalte des angrenzen-

¹⁾ Nach Mohl (*De palmarum structura pag. XIII.*) erscheinen sie sowohl in den Palmen, als in den übrigen Monocotyledonen im Verfolge des Gefässbündels von unten nach aufwärts früher, als der Markkörper, so dass sich also dieser gleichsam aus jenen hervorzubilden scheint. Man wird sich aber, wie schon Mohl es durch einige Worte andeutet, die Sache richtiger vorstellen, wenn man sich die Entstehung neuer Gefässbündel von der Blattspitze bis abwärts in den Stamm (so weit sie nämlich reichen) als gleichzeitig erfolgend denkt, woraus hervorgeht, dass eher die beiden äussersten Endungen, wo die Gefässbündel nur aus Bastzellen in den *vasis propriis* bestehen (*l. c. Tab. E. Fig. 1 L. Fig. 5*), als der mittlere Theil derselben, welcher vollkommener ist, als Fortsetzungen betrachtet werden können.

den Parenchymes ab. Man gewahrt hier milchig trüblichen, aus ungemein klein rundlichen Molekülen bestehenden Saft, der in den Lebenssaftgefässen (e, e) so reichlich vorhanden ist, nur mit dem Unterschiede, dass er hier weniger dick, und die einzelnen Moleküle noch etwas undeutlicher erscheinen. Offenbar kann man diess für nichts anders, als für den Anfang eines Lebenssaftgefässes, das wahrscheinlich in diesem Falle eine neue Anastomose zwischen zwei der Länge nach verlaufenden Stämmen zu bewerkstelligen sucht, halten, und die noch als zarte Zwischenwände erscheinenden horizontalen Zellwände, als jene Theile, welche im weiteren Fortgange der Entwicklung nach und nach obliteriren. Ich gründe diese Entwicklungsgeschichte der Lebenssaftgefässe, die uns die Natur selbst vorzeichnet, auf nichts von der allgemeinen Bildungsnorm der Pflanzengefässe Abweichendes. Auch die Spiralgefässe entstehen auf ähnliche Weise als verlängerte Zellschläuche, welche mit ihren Enden zusammenstossen. Auch hier wird diese Doppelwand nach und nach obliterirt, und es stellt sich sonach ein nur wenig unterbrochenes Continuum dar.

Diess beendet zugleich den Streit über die Selbstständigkeit oder nicht Selbstständigkeit der Wandungen der Lebenssaftgefässe. Da diese also aus Zellen sich heranbilden, so müssen nothwendig auch die Eigenthümlichkeiten in Betreff der Structur der Wände derselben auf diese Gefässe Anwendung finden. So wie man nun die Zellwand aus zwei mehr oder weniger verwachsenen Lamellen (oder nach meiner Ansicht aus einer ursprünglich einfachen allmählig in zwei Lamellen zerfallenden Membran) ansehen kann, so kann man auch den Lebenssaftgefässen einen nur diesen zukommenden Bestandtheil seiner äusseren Umgrenzung kaum absprechen, obgleich in vielen Fällen die wirkliche Sonderung der Zellwände der angrenzenden Zellen kaum nachzuweisen ist (*Fig. 2*). Bewegung sah ich in dem Lebenssaft von *Ficus* nicht, und was es überhaupt mit dieser Art von Saftbewegung für Bewandtniss habe, werde ich bei einer andern Gelegenheit zu berühren suchen.

Erklärung der Abbildungen.

Die beiden ersten sowohl, als die beiden letzten Figuren sind nach einer Vergrößerung von 300, die übrigen nach einer Vergrößerung von 1020 Linien dargestellt.

Fig. 1. Längsschnitt aus dem Marke von *Ficus bengalensis* L.

a. a. a. parenchymatöses Zellgewebe, in welchem viele Zellen (*b. b.*) grosse Krystalle (im Durchmesser von $0,02''$), andere (*c. c.*) hingegen Amylum enthalten.

d. Kleine Luftgänge als Zwischenzellengänge.

e. e. e. Verzweigte Lebenssaftgefässe (*vasa laticis Schulz et Meyen*) mit ihrem Inhalte.

f. Ein solches Gefäss in seiner Entstehung, aus übereinander gestellten Zellen zusammengesetzt.

Fig. 2. Querschnitt desselben Pflanzentheiles mit gleicher Bezeichnung.

g. Intercellulargänge, welche Säfte führen.

Fig. 3. Verschiedene Krystallformen aus den Parenchymzellen der *Maranta zebrina* Sims. aus klesauerem Kalk bestehend. Die Länge der grössten betrug $0,014''$ einer Wiener-Linie.

i. Zwei unregelmässig verwachsene Prismen.

k. Eine Krystalldrüse.

Fig. 4. Krystalsuite aus den Zellen von *Musa paradisiaca* L.

h. Vielleicht die Grundgestalt.

Fig. 5. Dessgleichen aus *Musa coccinea* Andr.

Fig. 6. Zwei Krystalle aus dem Parenchyme von *Yucca glajiosa*. Andere Zellen sind mit nadelförmigen Krystallen angefüllt.

Fig. 7. Ein grosser spiessiger Krystall aus den einzeln nächst den Luftgängen gelegenen Parenchymzellen von *Tritoma Uvaria* Ker.

Die grössten massen $0,061''$.

Die kleineren massen $0,022''$.

Fig. 8. Spiessige Krystalle aus den Zellen der Blätter von *Aloe pulchra* Jacq.

Die grössten massen $0,110''$.

Fig. 9. Krystalle aus dem Blattstiele der *Strelitzia Reginae* Ait. Sie sind zahlreich in den Parenchymzellen vorhanden, indess finden sich hier noch in den Zwischenwänden der Luftgänge Zellen mit nadelförmigen Krystallen.

Fig. 10. Ein Krystall aus dem Schafte von *Papyrus antiquorum* W.

Aehnliche Krystalle finden sich nur sparsam, oft sogar vereinzelt, in den mit ungefärbten Säften angefüllten Zellen des Parenchyms.

Fig. 11. Eine Krystalldrüse aus dem Blattstiele von *Rheum undulatum*.

Fig. 12. Vertikalschnitt eines Theiles des Stengels von *Myrriophyllum spicatum* Lin.

a. a. a. Luftgänge.

b. b. Parenchymzellen, welche Amylum enthalten, das einen Anflug von Chlorophyll hat.

c. Eine Zelle mit rothem Saft gefüllt; auch diese enthält Amylum.

d. Frei in die Luftgänge hineinragende, sehr dünnwandige Zellen, welche sternförmige Krystalldrüsen enthalten. Solche Zellen finden sich übrigens in Parenchyme aller Theile dieser Pflanze.

Fig. 13. Ein Theil der Epidermis, sammt den Haaren der Kelchlappen von *Goodyera repens* R. Br.

a. a. Zellen, welche nadelförmige Krystalle enthalten.

Fig. 12.

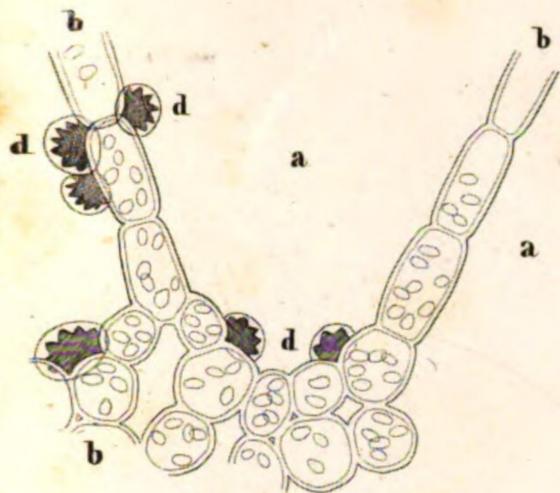


Fig. 13.

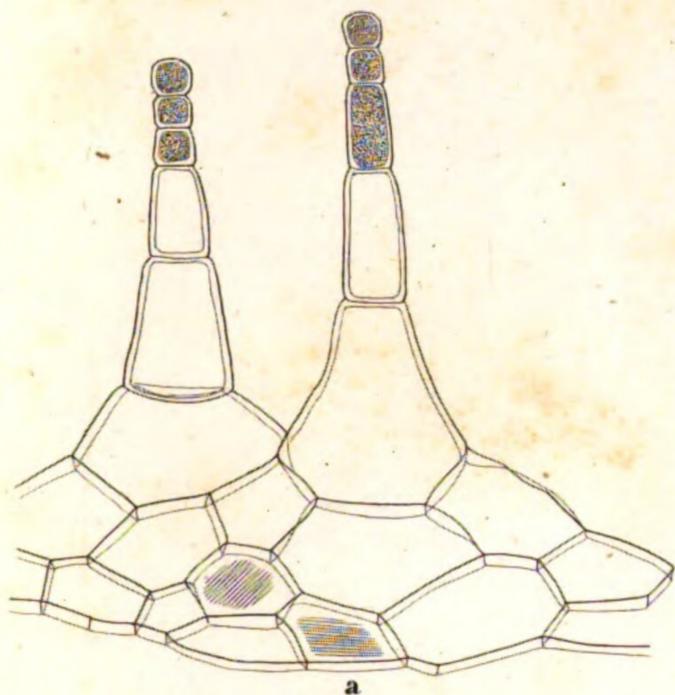


Fig. 1.

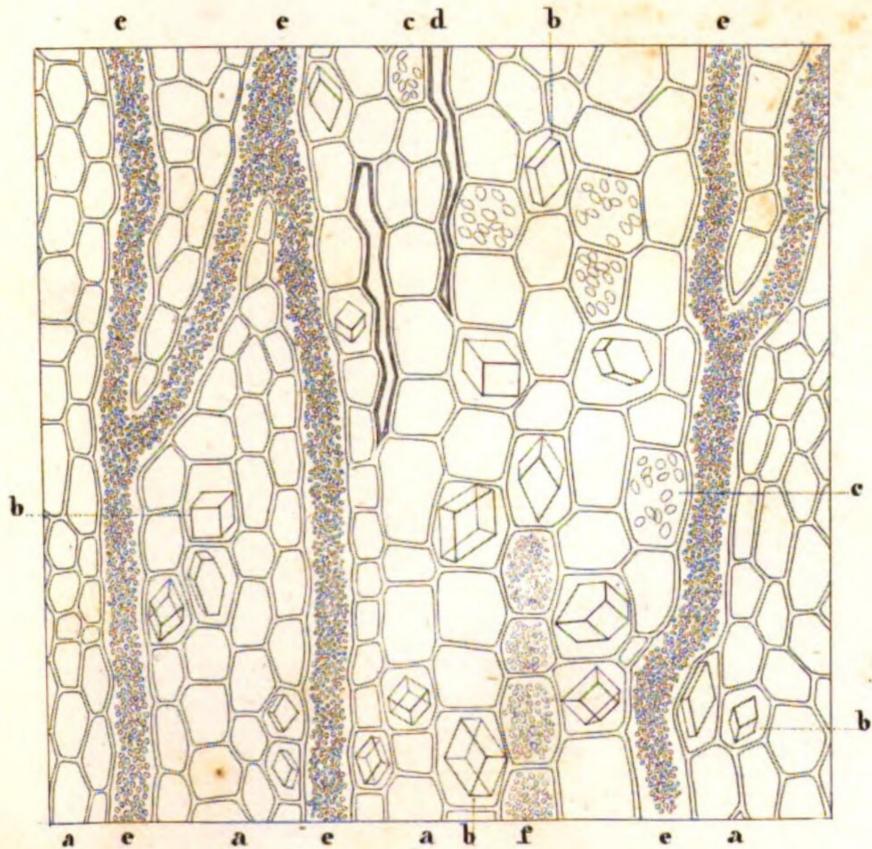
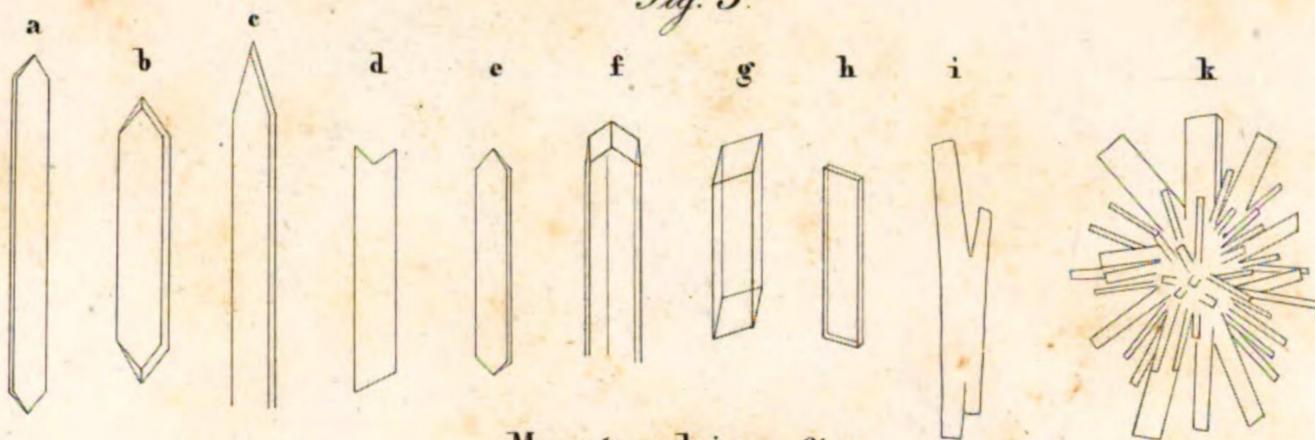
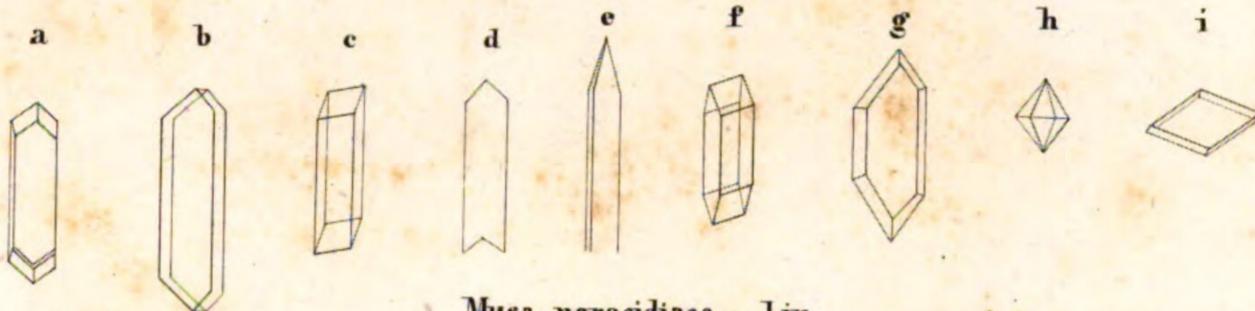


Fig. 3.



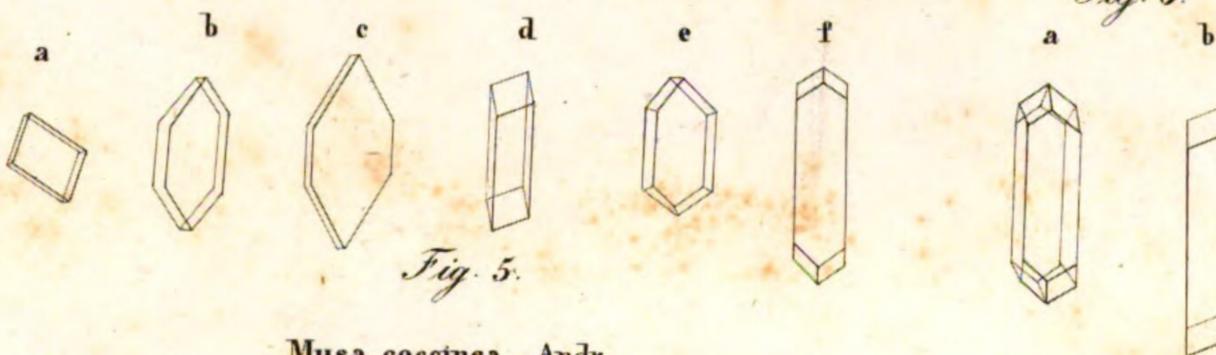
Maranta zebrina. Sims.

Fig. 4.



Musa parasidiaca. Lin.

Fig. 6.



Yucca gloriosa. Lin.

Fig. 5.

Musa coccinea. Andr.

Strelitzia Regina. Ait.

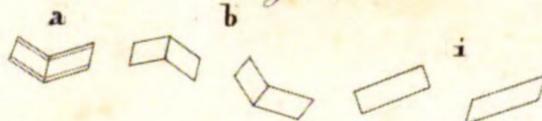
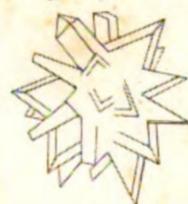


Fig. 10.

Papyrus antiquarum. W.



Fig. 11.



Rheum undulatum. Lin.

Fig. 2.

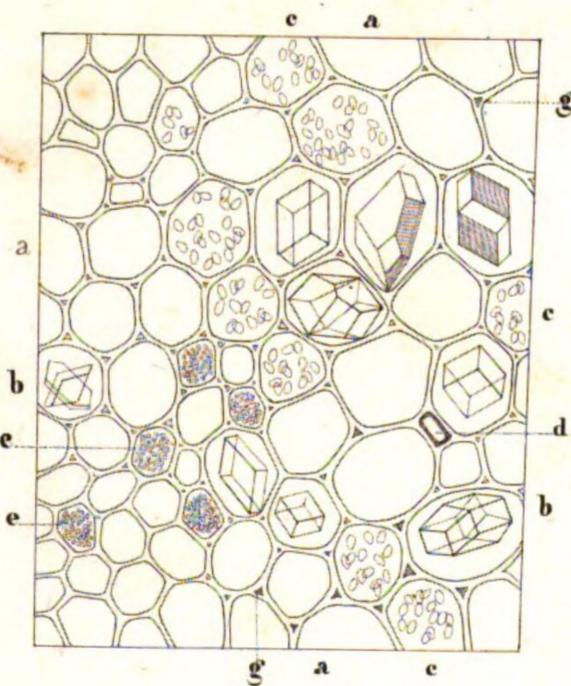
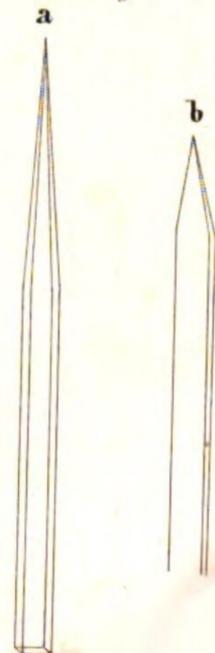


Fig. 7.



Tritoma Uvaria. Zer.

Fig. 8.



Aloe pulchra