

Wie wachsen die Steine?

Von

Dr. Aristides Brezina.

Vortrag, gehalten den 27. November 1889.

Mit 19 Abbildungen im Texte.

Es ist ein Grundzug im menschlichen Charakter, mit dem Bestehenden kein Genügen zu finden. So widerstrebt uns selbst bei den scheinbar unveränderlichsten Dingen die Annahme, dass sie immer so gewesen, wir können uns das Seiende nur als ein Gewordenes denken, dessen Gestaltungsprocess wir zu erfahren begehren.

Während wir nun Pflanzen und Thiere unter unseren Augen wachsen und sich verändern sehen, erscheinen uns die Steine, die Angehörigen des dritten Naturreiches, als starr und unveränderlich. Gerade dadurch haben sie für uns etwas geheimnisvoll Anziehendes, das noch durch ihre Härte und ihre oft wunderbar reinen, leuchtenden Farben vermehrt wird, und es ist darum kein Wunder, dass ihre reinsten und farbenprächtigsten Vertreter, die Edelsteine, in unserer Wertschätzung zuweilen bis zu einer fabelhaften Höhe hinaufsteigen. Wie oft schon ein schönes Augenpaar um den Besitz oder vielmehr um das Entbehren eines edlen Juwels feucht geworden, darüber berichtet uns die Statistik allerdings nichts, wohl aber wissen wir aus der Geschichte, dass schon blutige Kriege um einen einzigen schönen Edelstein geführt worden sind.

Wie entstehen nun diese merkwürdigen Gebilde? Wachsen sie wie andere Naturkörper allmählich oder bilden sie sich plötzlich, sprungweise? Geht das Wachstum aller Steine auf dieselbe Weise vor sich oder müssen wir ihnen verschiedene Gestaltungsprozesse zuschreiben?

Wenn ich Sie, hochverehrte Anwesende, einlade,

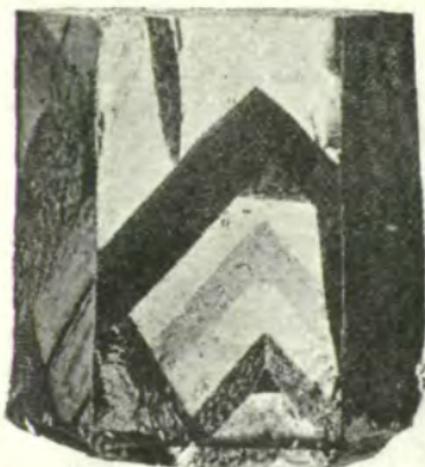


Fig. 1. Bergkrystall mit Chloriteinschluss.

mit mir eine Wanderung durch das geheimnisvolle Reich der Krystalle zu unternehmen, um über diese Fragen Aufschluss zu erhalten, so will ich vorweg gestehen, dass ich Ihnen nicht immer ein sicherer Führer sein kann; wir werden Gebiete betreten, die noch nicht von der Leuchte der Wissenschaft vollkommen erhellt sind und

in denen wir nur tastend unseren Weg suchen können.

Sie werden vielleicht über dieses Bekenntnis erstaunt sein. Denn in der That, in früheren Zeiten hat man keine solchen Zweifel gehegt, und in alten Naturgeschichten können Sie kurz und bündig lesen: Pflanzen und Thiere wachsen von innen, die Krystalle von außen.

Nun ist es allerdings in den meisten Fällen nicht zweifelhaft, dass der Process wenigstens im allgemeinen

in dieser Weise vor sich gegangen ist. Ich habe hier einen angeschliffenen, durchsichtigen Bergkrystall (Fig. 1), welcher in seinem Innern Wände von Chlorit zeigt; diese Wände folgen den Contouren einer am Bergkrystall sehr häufigen Form, der sechsseitigen Säule mit einer Pyramide am Ende.

Es leuchtet ein, dass sich auf dem Quarz, als er bis zu diesem inneren Umfang gewachsen war, vermöge irgend einer Veränderung der Verhältnisse die kleinen Chloritkryställchen abgesetzt hatten, wonach er wieder in seiner früheren Reinheit fortwuchs.

Dasselbe gilt von dem großen Bergkrystall von Madagaskar, den Sie hier sehen (Fig. 2); die einer oberen Pyramidenfläche parallelen Lagen von Chloriteinschlüssen zeigen deutlich, dass der Krystall durch Anlagerung von außen gewachsen, und ebenso deutlich ist dies an den seltsamen Kappenquarzen von Schlaggenwald in Böhmen, welche häufig aus drei bis vier, ja selbst bis dreißig und vierzig getrennten Schichten



Fig. 2.
Bergkrystall von
Madagaskar
in $\frac{1}{3}$ der nat. Grösse.

bestehen. An dem hier vorliegenden Stücke (Fig. 3) lassen sich drei solche Kappen von einander abheben.

Ein wasserheller Flusspath aus Kongsberg in Norwegen hat ebenso zu einer bestimmten Zeit seines Wachsthumms eine tiefblaue Schichte abgesetzt, welche durch irgend eine Veränderung der äußeren Umstände bedingt wurde; darauf ist er wieder wasserhell fortgewachsen.

Wir sind in solchen Fällen unserer Sache um so



Fig. 3.

Kappenquarz von Schlaggenwald.

sicherer, als wir diesen Vorgang an den verschiedensten Substanzen künstlich nachahmen können.

Löst man käuflichen Alaun in Wasser auf und lässt die Lösung

in einem unverschlossenen Gefäße stehen, so verdampft nach und nach das Wasser und es setzt sich der Alaun in schönen, wasserhellen Oktaëdern ab; streut man auf die nach oben gekehrten Flächen dieser Oktaëder feinen Sand oder ähnliche Fremdkörper und lässt weiterwachsen, so setzen sich die neuen Schichten unbehindert auf den alten, sandbestreuten ab, und man kann sich auf diese Weise davon überzeugen, dass solche Krystalle durch einfache Anlagerung von außen

fortwachsen. Denselben Versuch kann man an Steinsalz und vielen anderen Substanzen machen.

Schwerer zu verstehen ist der Vorgang, wenn die Krystalle, ringsum ausgebildet, im festen Gestein eingewachsen vorkommen, wie etwa die großen Leucite in der Lava des Vesuvs, die Dodekaëder von Granat im Glimmerschiefer aus unseren Tiroler Alpen oder der Borazit im Gyps von der Lüneburger Heide.

Man kann sich hiebei nur schwer vorstellen, dass diese jetzt so festen Gesteine einstens genug Beweglichkeit der krystallisierenden Theilchen des Leucits, Granats oder Borazits zugelassen haben, um ihnen das Zusammenfügen zu einem so regelmäßigen Bau zu gestatten. Das wäre nun allerdings auch unmöglich, wenn das umgebende Gestein zur Zeit der Entstehung der Krystalle so fest gewesen wäre, als es heute ist; allein die Lava war zähflüssig, teigartig, als die Leucite darin zu wachsen anfiengen, und auch der Glimmerschiefer und der Gyps befanden sich wohl im Zustande der Plasticität, der wässerigen Erweichung, als sich darin die Krystalle ausschieden.

Dieser eigenthümliche Zustand besteht ja selbst heute noch im Innern aller Gesteine, welche unter der Erdoberfläche ganz von sogenannter Bergfeuchtigkeit durchzogen sind; erst an der Luft verflüchtigt sich das mechanisch eingeschlossene Wasser, und die früher weichen, plastischen Gesteine erhärten zu derjenigen

Consistenz, welche wir gewöhnlich an ihnen wahrnehmen.

Dass solche in Gesteinen eingewachsene Krystalle im allgemeinen ebenso durch Anlagerung der Theilchen von außen wachsen wie die in den früheren Beispielen erwähnten, sehen wir häufig an untrüglichen Kennzeichen: den Anwachsstreifen, der zonenweisen Anordnung der fremden Einschlüsse und so fort.

Ähnlich, aber doch nicht völlig gleich den aus erkaltenden Laven erstarrten Krystallen bilden sich auf schmelzflüssigem Wege regelmäßige Krystallgebilde der leicht flüssigen Metalle.

Schmilzt man beispielsweise Wismut in einem großen Tiegel und lässt die Schmelze erkalten, so bildet sich zunächst an der Oberfläche eine feste Kruste; wird in diese ein Loch gestoßen und das im Innern befindliche noch flüssige Metall ausgegossen, so erstarrt das an den Tiegelwänden haftende Wismut in großen mäanderartig gebauten Krystallen, an welchen man den Aufbau von innen nach außen häufig verfolgen kann; die Erstarrung schreitet von den der Gefäßwand anliegenden Theilen aus nach dem freien Innenraum fort; an den äußersten Krystallspitzen sieht man noch vereinzelte Schmelztröpfchen von Wismut, die offenbar nicht mehr Zeit fanden, ihre Theilchen nach ebenen Flächen zu ordnen, sondern in Tropfenform erstarrten. Die Bildungsweise dieser Wismut-

krystalle entspricht demnach derjenigen der Leucite oder Augite in den Vesuvlaven insoferne, als die Molecüle in beiden Fällen aus dem schmelzflüssigen Zustande in die krystallinische Anordnung übergegangen sind; sie unterscheiden sich jedoch dadurch von einander, dass die Wismutkrystalle aufgewachsen gebildet sind, in den freien Raum hineinragend und nur an der Wandseite festsitzend, während die Leucite und Augite allseitig von zähflüssiger Masse umgeben waren. Wir finden jedoch in den Laven auch Krystallbildungen, welche denen der geschmolzenen Metalle vollkommen analog sind. Die Laven enthalten nämlich zumeist etwas Wasserdampf, welcher sich stellenweise in Blasen sammelt; die Wandungen solcher Blasenräume bilden in der erstarrenden Lava die Ansatzfläche für Krystalle der verschiedensten Mineralien, welche als aufgewachsene Krystalle entstehen und — allerdings nur zuweilen — aus dem Schmelzflusse abgeschieden werden. Häufiger als letzteres ist nämlich der Fall, dass solche Blasenräume erst viel später, nach dem vollständigen Erkalten der Lava, auf wässerigem Wege mit Krystallen austapeziert werden. Wir kommen auf solche sogenannte Geodenbildungen noch später zurück.

Noch schwieriger wird die Sache, sobald wir das Gebiet der regelmäßigen Krystalle verlassen. Diese besitzen nämlich immer einen sehr kräftigen Gestaltungstrieb, von dessen Intensität uns der schon er-

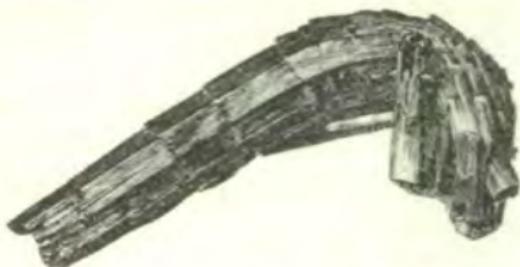
wähnte Bergkrystall von Madagaskar eine Vorstellung gibt. Dieser Krystall ist nahezu einen Meter lang; nichtsdestoweniger sind die Krystallflächen an seiner Ober- und Unterseite einander noch immer mit erheblicher Genauigkeit parallel. Die Molecüle, aus denen dieser Krystall aufgebaut ist, haben also während seines ganzen Wachstums die gleiche Lage beibehalten. Nun wissen wir allerdings nicht genau, wie groß die Quarzmolecüle sind, können daher auch nicht angeben, wie viele solche Molecüle auf der Strecke von einer Spitze des Krystalls bis zur andern liegen. Wir können aber wenigstens eine obere Grenze für diese Größe der Molecüle ermitteln. Wir wissen nämlich aus den Untersuchungen des Engländers C. V. Boys, dass man den Quarz in ganz enorm dünne Fäden spinnen kann, deren Durchmesser sich zwar nicht mehr messen, wohl aber auf ein Vierzigtausendstel eines Millimeters schätzen lässt. Das ist eine so enorme Feinheit, dass ein kleines Quarzwürfelchen von einem Centimeter Kantenlänge einen Faden von zwei Millionen Kilometer Länge liefern würde, lang genug, um fünfzigmal um den Äquator der Erde gewickelt zu werden.

Nehmen wir also an, dass in der Strecke eines solchen Quarzfadens nur mehr ein Molecül enthalten ist, eine Annahme, die gewiss unter der Wahrheit liegt, so liegen in unserem Madagaskarquarze vierzig Millionen Molecüle von einem Ende zum andern, und diese vierzig Millionen Molecüle sind eines dem andern so genau parallel gelagert, dass oberes und unteres

Ende des Quarzkrystalls noch keine wesentliche Abweichung der Lage zeigen. Und da gehört unser Quarz noch bei weitem nicht zu den größten bekannten Krystallen; in Amerika hat man solche des sogenannten Spodumen, eines dem Augit verwandten Minerals, gefunden, welche bis 12 Meter lang und 1 Meter breit waren.

Wo dieser starke Krystallisationstrieb fehlt oder durch äußere Umstände gehindert wurde, werden die Erscheinungen der

Krystallbildung weniger ausgeprägt, und es wird schwieriger, ihren Zusammenhang zu erkennen.



So treten an den Krystallen zu-

Fig. 4. Krummgewachsener Epidot von der Knappenwand.

weilen Erscheinungen auf, welche man füglich pathologische nennen könnte. Ich will nur ein Beispiel einer solchen vorführen. Der Epidot von der Knappenwand im unteren Sulzbachthale, welcher gewöhnlich in geraden, langsäulenförmigen Krystallen auftritt, ist zuweilen seiner ganzen Länge nach gekrümmt (Fig. 4), und zwar gekrümmt gewachsen, nicht etwa als fertiger gerader Krystall gebogen worden wie manche Gypse (Fig. 5), welche biegsam sind, oder wie manche im Gesteine eingewachsene Krystalle, welche durch Bewegung

desselben unter fortgesetztem Bruche deformiert wurden, wie dies sehr schön ein Beryll von Monroe zeigt. Bei dem gebogenen Wachstum, das ausser dem Epidot

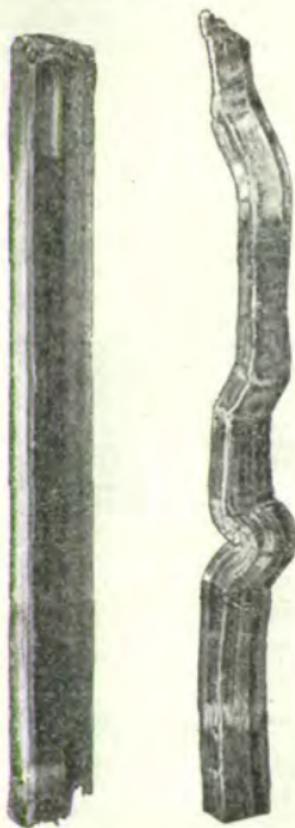


Fig. 5. Gyps, Büchig, gerader und mehrfach geknickter Krystall.

noch manche andere Substanz erkennen lässt, hat offenbar eine uns noch unbekannte Ursache, vielleicht eine Strömung in der Lösungsflüssigkeit, aus der sich der Krystall ausschied, gewirkt, welche die stetige Abweichung von der Geraden hervorbrachte.

Auch der Ausheilung von während des Wachstums zerbrochenen oder sonst beschädigten Krystallen, wie dies ebenfalls nicht selten der schon erwähnte Sulzbacher Epidot und auch andere Substanzen zeigen, sei nur beiläufig Erwähnung gethan.

Ganz eigenthümliche Wachstumserscheinungen treten dann auf, wenn die mineralbildende Lösung, aus der sich durch Verdunsten die festen Partikel ausscheiden, in Tropfenform von oben herabsickert. Es entstehen dann die äußerst mannigfaltigen sogenannten Tropfsteingebilde, welche für sich allein eine reiche Quelle des Studiums abgeben würden.

In Tropfsteinhöhlen, wie man deren namentlich in Krain viele findet, kann man stellenweise von der Decke ganze Reihen von äußerst dünnwandigen Kalkspatröhrchen, oft bis zu einem halben Meter Länge und darüber, in großer Zahl nebeneinander herabhängen sehen.

In solchen Röhrchen, welche allemal den Beginn der Tropfsteinbildung darstellen, sind der ganzen Länge nach die Krystallmolecüle einheitlich, parallel gestellt, so dass die dem Kalkspate eigenthümlichen dreierlei Spaltungsrichtungen an allen Stellen eines solchen Röhrchens gleichgerichtet sind. Die Bildung dieser Röhrchen haben wir uns in folgender Weise zu denken. Das Sinterwasser enthält freie Kohlensäure, vermöge welcher es bei weitem größere Mengen von kohlen-saurem Kalke aufgelöst halten kann als gewöhnliches, kohlen-säurefreies Wasser. Sickert ein Tropfen solcher Kalklösung aus einer Öffnung in der Decke oder in irgend einer nahezu horizontalen Kalkfläche hervor, so fließt er nicht ab wie an einer verticalen oder schiefstehenden Wand, sondern bleibt hängen; dabei entweicht die Kohlensäure an seiner Oberfläche, der größte Theil des gelösten kohlen-sauren Kalkes verliert die Möglichkeit, gelöst zu bleiben und muss sich in fester Form abscheiden; und zwar beginnt dieser Kalkabsatz dort, wo der Tropfen mit bereits festem kohlen-sauren Kalk in Berührung ist, also oben an der Wandöffnung, weil die schon vorhandenen festen Kalktheilchen als Kern, als sogenannter Nucleus für

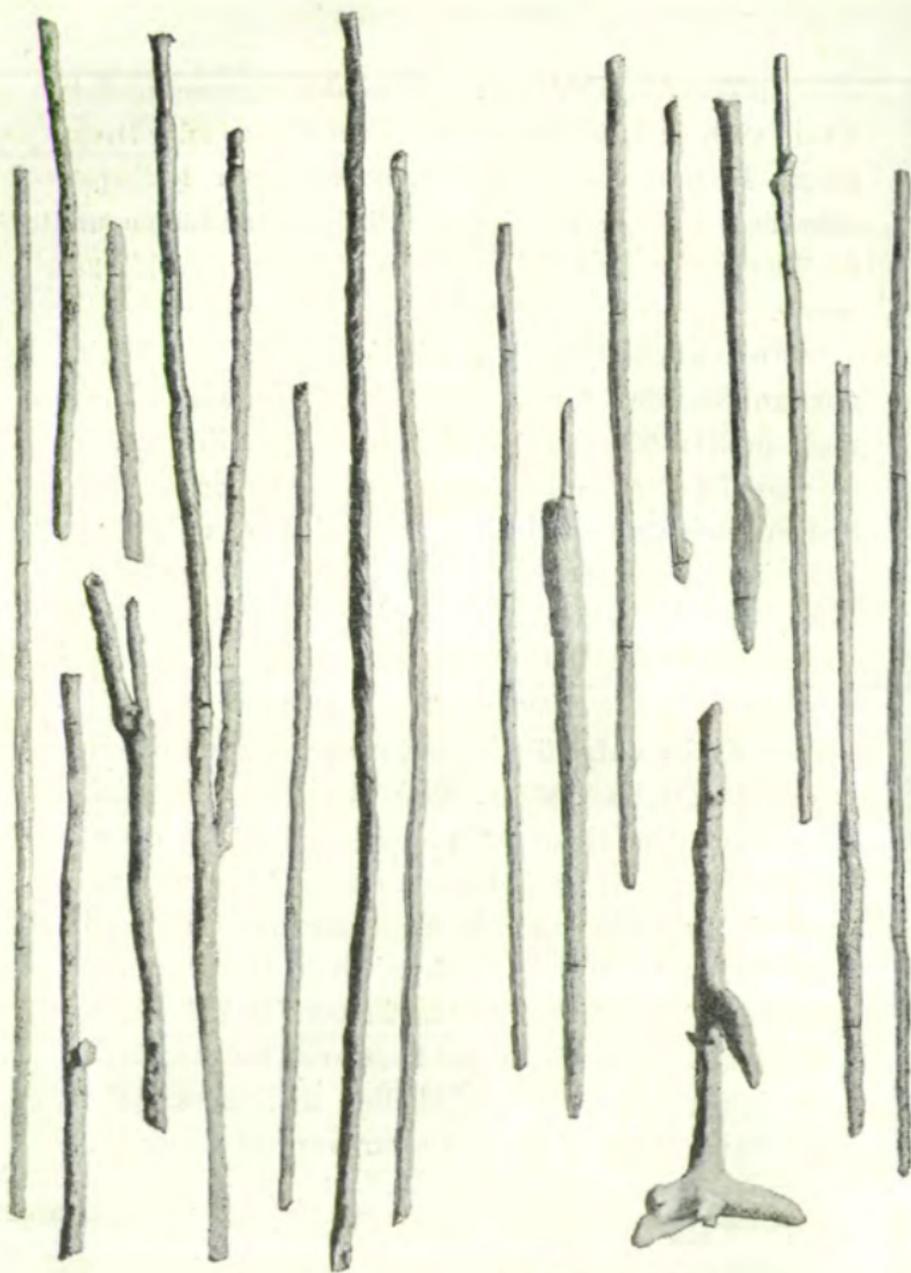


Fig. 6. Stalactitische Calcitröhren
aus der Graf Falkenhayn- und Lettenmayerhöhle.

die Krystallisation dienen; die Krystallbildung schreitet nach unten vor und nach Maßgabe des Herauswickerns neuer Kalklösung durch das neugebildete Kalkröhrchen wächst dieses Röhrchen an seinem unteren freien Ende weiter, indem sich neue Kalkspattheilchen an die früheren immer in parallel orientierter Lagerung ansetzen.

*Calcit anhydrit Gebilde.
Mit hohler, fingerweitem Kalkröhrchen
Gratte Draga, Istrien.*

Diese Röhrchen zeigen allerlei Eigenthümlichkeiten: Zusammenwachsen zweier solcher etwas von der Verticalen abgebogenen Röhrchen, welche dann vereinigt weiterwachsen, Zuwachsen an der unteren Öffnung und dadurch bedingte Bildung von seitlich angesetzten Säcken und viele andere Erscheinungen, auf welche hier nicht weiter eingegangen werden kann. (Fig. 6 und 7.)

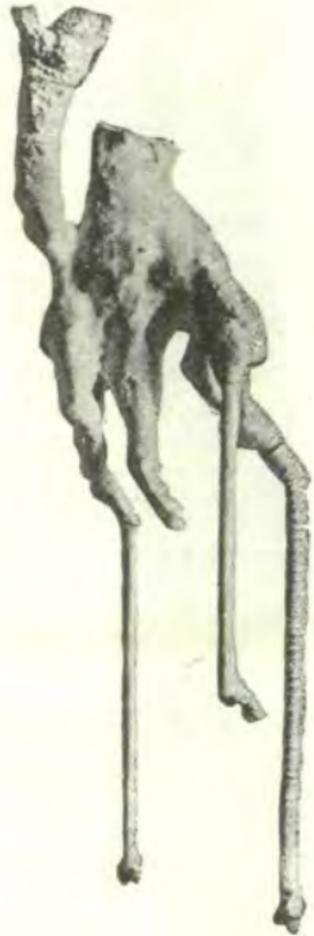


Fig. 7.

Ganz ähnliche Röhrchen beobachten wir auch in Opalgruben, z. B. an dem bekannten Opalfundorte Cservenicza in Oberungarn; der Opal bildet sich in ganz analoger Weise wie der Kalksinter durch Verdampfen von



Fig. 8.
Calcitstalaktit,
ingerollter
Schleier.

Wasser, das Kieselsäure aus dem Gestein aufgelöst hatte, nur mit dem Unterschiede, dass sich der Opal nicht krystallinisch, sondern gestaltlos, amorph, abscheidet; allerdings bedingt dieser Unterschied eine ganz eigenthümliche Erscheinung, welche an Sinter-
röhrchen aus krystallisierbaren Substanzen nicht beobachtet wird. Die amorphen Körper (wie Kiesalgallerte, die meisten Harze u. s. w.) wachsen nämlich nicht wie die Krystalle durch fortgesetzte Aneinanderlagerung einzelner fester Theilchen aus der Lösung, sondern durch allmähliche Verdickung der ganzen Lösung, welche nur an ihrer Oberfläche eine Haut von wesentlich festerer Consistenz zu zeigen pflegt; dadurch kommt es, dass ein solcher Sintertropfen aus amorpher Substanz, zum Beispiel aus Opal, oft die erstaunliche Länge von mehr als einem halben Meter bei einem Durchmesser von nur einem halben Centimeter erlangt, trotzdem er scheinbar seiner ganzen Länge nach durchaus flüssig ist; ich sage scheinbar, indem ein solcher langer Tropfen wenigstens im ersten Stadium seiner Bildung bei Berührung zwar vollkommen zerfließt, trotzdem aber bereits eine, wenn

auch nur äußerst zarte Oberflächenhaut besitzt; denn an der Oberfläche verdunstet das Lösungsmittel, die Lösung concentrirt sich, es entsteht eine Haut, die nach und nach ihrer ganzen Länge nach gleichzeitig zu einer festen Hülle wird; aus dem langen Tropfen wird ein cylindrisches Röhrcchen, das man schließlich so wie ein Kalksinterröhrcchen mit einer gewissen Vorsicht von der Decke abbrechen und aufbewahren kann.

Eine ganze Reihe complicierter Erscheinungen schließt sich an die Röhrcchenbildung an. Das Röhrcchen kann von außen allseitig berieselt werden, es verdickt sich zu einem meist nach unten konisch verjüngten Zapfen, einem sogenannten Stalaktit, welcher immer an dem mehr oder weniger deutlich erhaltenen ursprünglichen Röhrcchen kennbar bleibt. Das nach unten abtropfende Wasser bildet auf dem Boden der Höhle zuerst ein kleines Knöpfchen mit flacher Kuppe, sodann einen oben abgerundeten, zuweilen zu ansehnlicher Länge heranwachsenden Zapfen, einen



Fig. 9.
Gehackter Stalagmit.

Stalagmit. Tropft das Wasser längs einer Spalte herab, so entsteht aus dem Röhrrchen ein sogenannter Schleier, welcher zumeist in einer Ebene liegt, zuweilen jedoch auch eine Flächenkrümmung zeigt, die bis zur Bildung

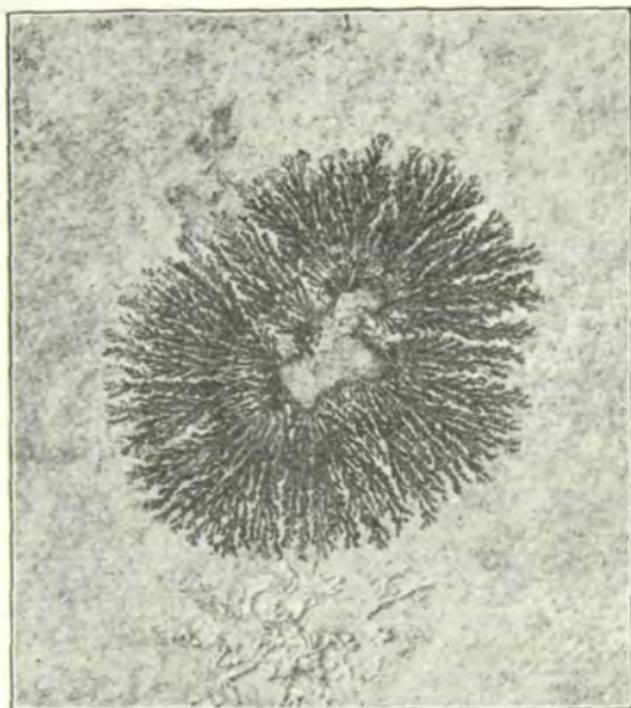


Fig. 10. Dendrit in Solenhofener Kalkmergel.

einer eingerollten Düte gehen kann, wie ein ausgezeichnetes Exemplar (Fig. 8) unserer schon mehrfach erwähnten Sammlung von Sinterbildungen zeigt.

Erfolgt die Stalaktiten- oder Stalagmitenbildung in scharfem Luftzuge, so entstehen eigenthümlich gehackte Bildungen (Fig. 9).

Dazu kommen noch vielfach andere Complicationen, welche man insbesondere in den Kalksinterhöhlen in reicher Mannigfaltigkeit studieren kann: es kann die Höhle mit den Tropfsteingebilden unter Wasser gesetzt



Fig. 11.

Dendriten und Tropfsteinansätze von Psilomelan.

werden oder verschlammen, dann wieder trocken gelegt werden; das Niveau des Wassers in der Höhle kann steigen und die Stalaktiten theilweise oder ganz inundieren und so fort; alle diese Complicationen kann ich hier nicht weiter verfolgen, wer sich dafür interessiert, den verweise ich auf den Kasten mit Sinter-

bildungen im ersten Saale unseres naturhistorischen Hofmuseums.

Ich will nur anfügen, dass auch die sogenannten Dendritenbildungen den Tropfsteingebilden ganz analog

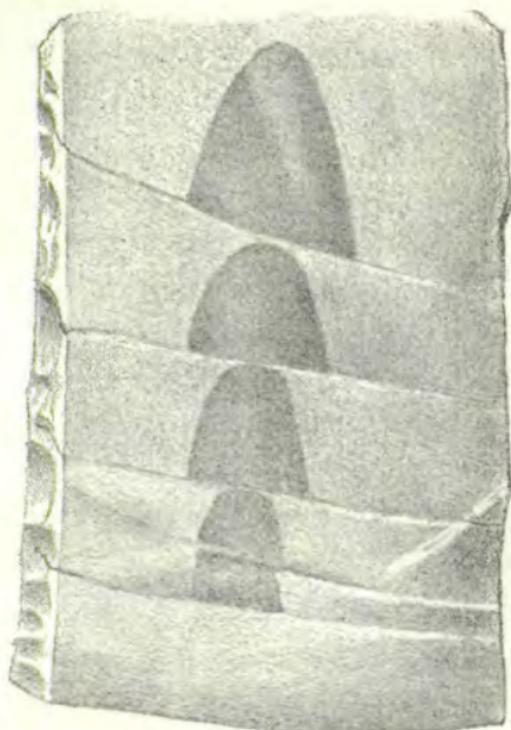


Fig. 12.

Infiltrationsfigur mit Verwerfungen.
Solenhofener Mergel.

sind; sie sind gleich den Tropfsteinbildungen Absätze fester Substanz, die in einer Flüssigkeit gelöst war und durch das Verdampfen dieser letzteren abgesetzt wurde; man nennt solche Absätze Dendriten (Fig. 10), wenn sie baum- oder staudenförmig verzweigte Gebilde am Gestein darstellen; das aber ist dann der Fall, wenn die Lösung längs einer Fläche adhärierend

fortläuft oder auf einer Spalte absickert, während die Tropfsteingebilde durch die frei fallenden Tropfen erzeugt werden. Zuweilen sieht man beide Erscheinungen vereinigt, indem eine Lösung zuerst an einer steilen Wand abgesickert und dann, an einer

flachen, nahezu horizontalen Stelle angelangt, abgetropft ist, wie das besonders schön an einem Stücke Psilomelan (Fig. 11) aus unserem Hofmuseum zu sehen ist.

Schließlich wären hier noch die eigenthümlichen, mit den Dendriten zuweilen verbundenen, zuweilen aber gesondert erscheinenden Infiltrations - Figuren, insbesondere Infiltrationskreise, beziehungsweise Infiltrationskegel zu erwähnen, welche sowie die Dendriten durch Ausbreitung einer Lösung von Metallsalz im Gestein entstehen, sich aber von jenen dadurch unterscheiden, dass die



Fig. 13. Geschlossene Achatgeode mit zwei Infiltrationskanälen.

Ausbreitung bei ihnen nicht auf vorhandenen Spalten, sondern durch die Poren des Gesteins erfolgt. Wir sehen nebenstehend (Fig. 12) ein ganz eigenthümliches derartiges Stück aus dem lithographischen Schiefer von Solenhofen, welches von fünf Verwerfungsspalten durchsetzt ist; der Kegel setzt jenseits der Spalte mit kleinerem Querschnitt ein, verbreitet sich wieder, bis

er an eine zweite Spalte kommt, jenseits derselben wiederholt sich derselbe Vorgang und so fort.

Wir wollen nun einen weiteren Schritt in unserem Gebiet machen, der uns allerdings auch noch



Fig. 14. Offene Achatgeode mit zahlreichen Infiltrationskanälen.

weiter vom gebahnten Wege abführt. Wir wollen uns zu der Entstehungsgeschichte der Mineralien in Drusenräumen und auf Gängen wenden.

Wir haben schon erwähnt, dass in eruptiven, mit den Laven verwandten Gesteinen häufig Hohlräume von zumeist birnähnlicher oder auch complicierter Form gefunden werden, welche

dem Vorhandensein von Gasblasen in dem einst zähflüssig gewesenen Gesteine zuzuschreiben sind. Solche Hohlräume oder Geoden sind später häufig der Sitz von Mineralbildungen (Mandelsteinbildungen) geworden, über deren Entstehungsgeschichte wir noch in vielen Fällen im Dunkeln sind.

Zu den häufigsten und bekanntesten derlei Mandelbildungen oder Geoden gehören die Quarz-, insbesondere Achat- oder Chalcedongeoden, bei denen wir einen Augenblick verweilen wollen.

Solche Geoden zeigen gewöhnlich gegen das Gestein zu eine größere oder geringere Anzahl concentrischer Schichten, im Innern häufig eine verworrene

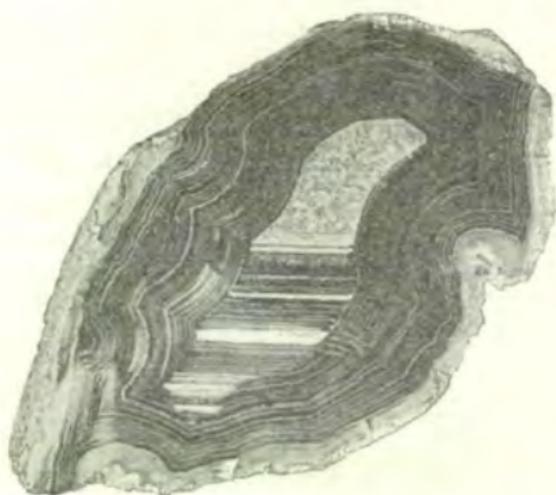


Fig. 15. Achatgeode mit Niveau.
Uruguay.

Krystallisation oder einen Hohlraum. An einer oder mehreren Stellen ist die concentrische Schichtenreihe gegen das umgebende Gestein zu unterbrochen und zeigt einen entweder hohlen oder mit Quarzmasse erfüllten Kanal, von dem aus offenbar die Infiltration der Geodenfüllmasse in den Blasenraum (Fig. 13 und 14) erfolgt ist.

Während nun die Quarzgeoden von deutschen und französischen Fundorten nur die concentrischen Schichten mit oder ohne verworrene Krystallisation im Innern zeigen (Fig. 13 und 14), besitzen andere, und zwar insbesondere die Brasilianer, Uruguayer und englischen Vorkommnisse zwar im oberen Theile der Mandel die concentrischen Schichten wie die vorigen, im unteren Theile der Geode jedoch eine Reihe horizontaler Schichten (Fig. 15).

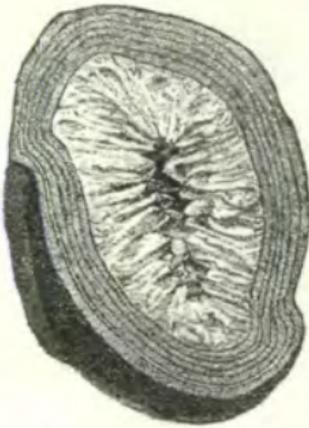


Fig. 16. Achatgeode mit Verwerfung.

Wie ist nun die Entstehung dieser Gebilde überhaupt und der letzterwähnten Eigenthümlichkeit im besonderen zu erklären?

Gewiss ist, dass die Geodenfüllung von späterer Entstehung ist als der sie beherbergende Blasenraum. Hiefür spricht vor allem der Umstand, dass die Umgrenzung der Mandel zuweilen eine Verwerfung, Verschiebung nach einer Spalte erkennen lässt, während die concentrischen Schichten nicht mitverschoben sind, sondern in ausgleichenden Linien folgen (Fig. 16). Ebenso geht dies aus dem Vorhandensein des Speisecanales hervor, aus welchem die Zufuhr des Füllmaterials erfolgte.

Das Vorkommen der Geoden mit Niveau deutet nun unzweifelhaft auf das Vorhandensein einer Flüssig-

keit hin; ob im Gegensatze hiezu die nichthorizontale Wandauskleidung auf das Einströmen von Dämpfen bezogen werden muss, ist eine noch offene Frage. Es würde dafür der Umstand sprechen, dass, wie schon erwähnt, die horizontalen Schichten sich nur an be-

Wassermandel.

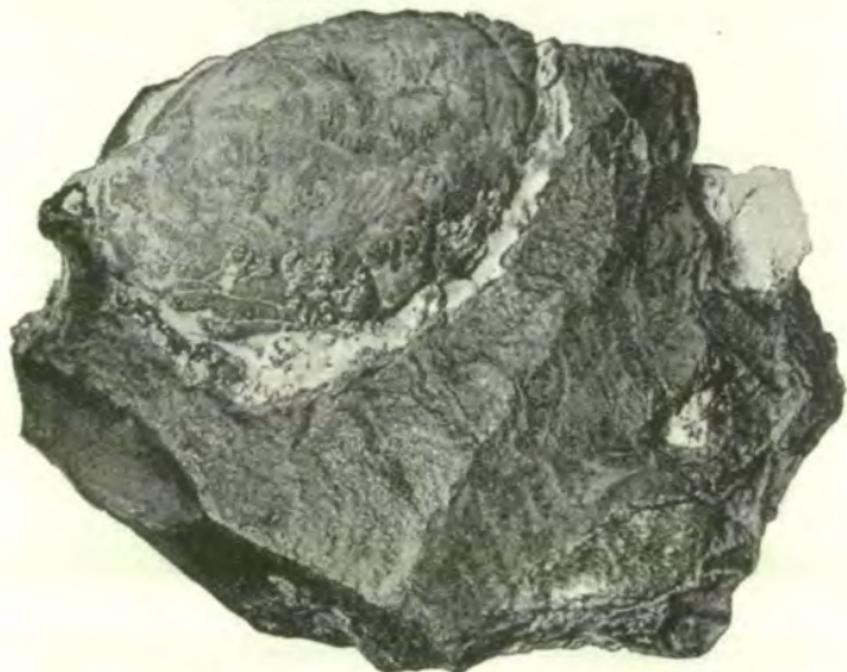


Fig. 17. Enhydros (Wasserstein). Uruguay.

stimmten Vorkommnissen, nämlich den südamerikanischen und englischen finden; man könnte sich ohne weiters vorstellen, dass das Neben- und Nacheinander-vorkommen von flüssiger und dampfförmiger Füllmasse an bestimmte örtliche Bedingungen gebunden ist; allerdings ist andererseits auch die Möglichkeit nicht aus-

geschlossen, dass die einströmende Flüssigkeit sich zunächst immer längs der Geodenwandungen ausgebreitet hat und dass nur ein gewisser Überschuss sodann sich am Boden der Mandel gesammelt und eine horizontale Schicht abgesetzt habe.

Zuweilen sind uns die Reste der vorhanden gewesenen Flüssigkeit noch erhalten geblieben, in den sogenannten Wassersteinen oder Enhydros (Fig. 17), welche häufig noch eine bewegliche Libelle enthalten.

Noch dunkler als die Frage nach der Entstehung der Mandelsteine ist für uns diejenige nach der Bildung der Mineralien auf Gängen; wir wissen, dass häufig ein reinwässriger Weg für den Absatz der Mineralien anzunehmen ist, während in anderen Fällen die Wahl zwischen wässriger, schmelzflüssiger oder dampfförmiger Infiltration offen steht.

Ich will nun den Boden dieser Betrachtungen verlassen und mich wieder zu unserem Ausgangspunkte, den Krystallen, zurückwenden.

Wir sind ausgegangen von dem Gegensatze zwischen Krystall einerseits, Pflanze und Thier andererseits, wonach der Krystall von außen, Pflanze und Thier von innen wachsen.

Unsere bisherigen Betrachtungen über das Wachstum der Krystalle und Mineralien haben dieser altergebrachten Annahme nicht widersprochen.

Es gibt aber eine Classe von Krystallen, für welche diese Annahme nicht mehr gilt.

Die Botaniker haben seit langer Zeit in gewissen pflanzlichen Geweben, insbesondere in den Samen der Paranuss, in der Kartoffel, dem Ricinussamen, in einigen thierischen Geweben etc. Krystalle von äußerst merkwürdigen Eigenschaften beobachtet und sie zum Unterschiede von den gewöhnlichen Krystallen Krystalloide genannt. Dieselben stimmen in ihrer äußeren Form und in ihren optischen Eigenschaften mit den normalen Krystallen überein, weichen aber von ihnen durch eine gewisse Oberflächenspannung, eine größere Consistenz der äußersten Schichte gegenüber dem Innern ab. Die Krystalloide haben ferner die Eigenthümlichkeit, verschiedene Flüssigkeiten in sich aufzunehmen und dabei unter Bewahrung ihrer Form um ein Vielfaches ihres früheren Volumens aufzuquellen. Die Aufnahme der Flüssigkeit geschieht durch sogenannte Intussusception; ein jedes Krystallpartikelchen umgibt sich mit einer Flüssigkeitshülle und drängt dadurch seine Nachbarpartikeln von sich weg.

Hier haben wir also Krystalle, welche vollständig die Eigenschaften pflanzlicher Zellen besitzen, indem sie nicht durch Anlagerung von außen, sondern von innen wachsen; sie stellen den Übergang zwischen Krystall und Pflanze dar.

Ein solcher Krystall zeigt gewisse Eigenschaften der Gesteine, indem er nicht einfach, sondern aus heterogenen Bestandtheilen, nämlich seiner ursprünglichen Substanz und der aufgenommenen Quellflüssigkeit besteht; allerdings sind diese Theile gesetzmäßig ange-

ordnet, was bei den Gesteinen nicht der Fall. Auch mit gewissen chemisch veränderten Krystallen haben die Krystalloide Ähnlichkeit. Es kommt nämlich sehr häufig vor, dass Krystalle unter dem Einflusse zersetzender Agentien, wie Feuchtigkeit, zusickernden Lösungen anderer Mineralien und dergleichen nicht einfach zerfallen oder aufgelöst werden, sondern so langsam, Theilchen für Theilchen, umgewandelt werden, dass sie ihre ursprüngliche äußere Form vollständig beibehalten (die sogenannten Pseudomorphosen); zuweilen, obwohl nur ausnahmsweise, bleibt sogar an der Oberfläche die ursprüngliche Substanz ganz oder theilweise unverändert, so dass wir gewissermaßen das Vorhandensein einer Oberflächenspannung des ursprünglichen Krystalles annehmen müssen; doch sind das nur entfernte Analogien mit den Krystalloiden, die ich nur zu dem Zwecke anführe, um die ganz ungewöhnlichen Eigenschaften dieser abnormen Körper etwas näher zu rücken.

Die Krystalloide sind aber nicht die einzigen Körper, welche einen Übergang zwischen Krystall und Pflanze darstellen.

Im Jahre 1866 hat Moriz Traube in Breslau beobachtet, dass gewisse Salze, z. B. Kupferchlorid und gelbes Blutlaugensalz, so aufeinander einwirken, dass durch Wechselersetzung sich neue Salze in Form von organisierten Gebilden, Zellen, Röhrchen u. s. w. ab-

setzen, eine Beobachtung, welche in neuerer Zeit von Monnier und Vogt an einer ganzen Reihe von Substanzen — darunter auch solchen von vollkommen anorganischer Natur wie Natriumbicarbonat und Kaliumsulfat — wiederholt worden ist.

Der Versuch Traube's lässt sich leicht in folgender Weise anstellen: Gießt man in eine flache Krystallisierschale etwa $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Liter einer vierprocentigen, also ziemlich verdünnten Lösung von gelbem Blutlaugensalz (Ferrocyankalium) in Wasser und bringt an den Boden des Gefäßes etwa einen Cubikcentimeter Kupferchlorid in kleinen Kryställchen, welche als dichtes Haufwerk beisammen liegen müssen, so lösen sich zunächst die mit der Flüssigkeit in Berührung befindlichen Kryställchen auf, ihre Lösung gibt jedoch sofort durch Wechselersetzung mit der Blutlaugensalzlösung einen rothbraunen Niederschlag von Ferrocyankupfer, während Chlorkalium in Lösung bleibt. Dieser Niederschlag bildet eine Membran um das Kupferchlorid, durch welche letzteres zunächst von der weiteren directen Berührung mit der außen befindlichen Blutlaugensalzlösung abgehalten wird. Nun beginnt durch die Membran hindurch aus der außen befindlichen Blutlaugensalzlösung Wasser (nicht die Blutlaugensalzlösung selbst) zum Kupferchlorid hineinzudiffundieren, dadurch kann sich wieder etwas Kupferchlorid auflösen — was man deutlich daran sieht, dass innerhalb der rothbraunen Membran sich grüne Flüssigkeitsanhäufungen bilden — die Membran wird durch die

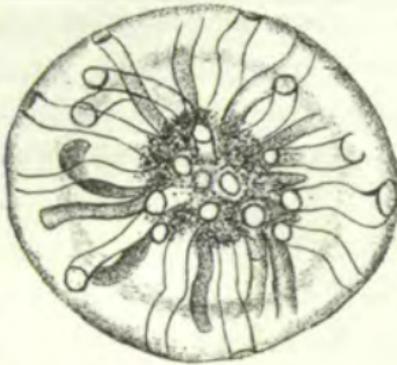


Fig. 18. Anorganische Zellen
von kohlensaurem Kalk,
aus Wechselzersetzung von kohlen-
saurem Natron und zuckersaurem Kalk.

Volumsvermehrung der in-
neren Partien an mehre-
ren Stellen sackförmig aus-
gedehnt, platzt auch wohl
stellenweise und es schießt
ein grüner Strom von wäs-
seriger Kupferchloridlö-
sung in die gelbe Blut-
laugensalzlösung hinaus,
wo sich erstere sofort
wieder durch Wechselzer-
setzung mit einer roth-
braunen Haut umgibt. Auf diese Weise entsteht ein

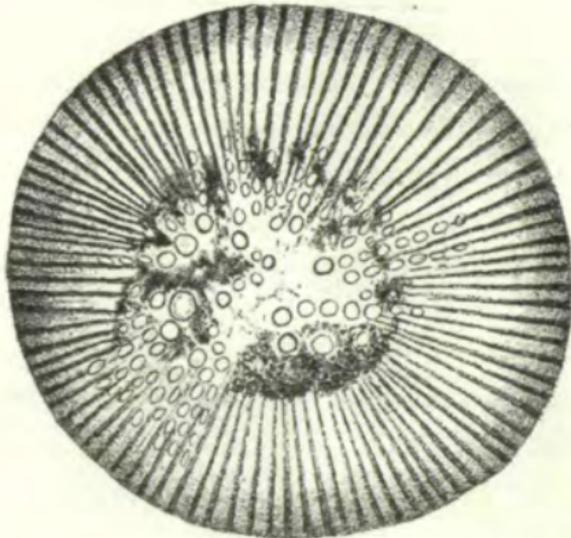


Fig. 19. Anorganische Zellen von kohlen-
saurem Kalk,
aus Wechselzersetzung von kohlensaurem Ammon und
schwefelsaurem Kalk.

Centralkörper mit vielen, bis 4 oder 5 Centimeter langen Schläuchen, ein Organismus, der, obwohl unorganischer Entstehung, doch vollkommen die Structur einer organisierten Substanz, eines pflanzlichen Körpers, besitzt.

In ganz gleicher Weise lassen sich mit vielen anderen Combinationen anorganischer Salze, z. B. von Alkalicarbonaten mit schwefelsaurem Kalk oder von Alkalisilicaten mit Sulfaten von Basen der Eisen- und Magnesiagruppen derartige, wenn man so sagen darf, anorganische Organismen erzeugen. Fig. 18 und 19 zeigen zwei solche Gebilde.

Wir können uns ohne Schwierigkeit vorstellen, dass ein solcher aus anorganischer Substanz entstandener Organismus unter günstigen Umständen die Eigenschaft einer längeren Dauer, ja sogar der Reproductionsfähigkeit besitzen konnte; damit ist die Erzeugung von Organismen aus anorganischer Materie durch irgend welche zufällige Constellationen unserem Verständnisse soweit näher gerückt, dass wir den Traum der Alchymisten, ein organisches Wesen — wenn auch nicht gleich einen Homunculus — in der Retorte hervorzubringen, nicht mehr als eine absolute Chimäre zu betrachten brauchen.