Neuere Arbeiten über Mineral-Synthese.

Von C. Doelter.

Über die künstliche Nachahmung und Darstellung der Mineralien ist zwar seit 50 Jahren schon mancherlei geschrieben worden, doch haben sich in den letzten Jahren die Gesichtspunkte, von welchen man bei der Herstellung der Mineralien ausging, ziemlich verändert, indem gegen viele der früheren Nachbildungen einzuwenden ist, dass sie durch Agentien bewirkt wurden, von deren Vorkommen in der Natur wir nicht nur keine Nachricht haben, sondern von welchen wir sogar annehmen müssen, dass sie keinerlei Rolle gespielt haben. Derartige Experimente haben also höchstens vom rein chemischen Standpunkte Wert. Erst seit circa zwei Decennien, eigentlich aber erst in den letzten Jahren, sah man ein, dass für die Naturgeschichte solche Synthesen nur wenig Wichtigkeit haben konnten und dass man vor allem den von der Natur eingeschlagenen Weg nachzuzahlen habe. Dies konnte aber erst dann geschehen, wenn auf diesem Gebiete Mineralogen und Geologen selbst arbeiteten, wodurch das ursprünglich gegen solche Arbeiten vorhandene Misstrauen, welches namentlich in Deutschland existierte, und welches auch bis in die allerletzte Zeit mit wenigen Ausnahmen die deutschen Forscher abgehalten hatte, an derartigen Arbeiten überhaupt theilzunehmen, allmählich schwinden musste. Obgleich es hier nicht möglich ist, über die Resultate¹ der Nachahmung der

¹ In deutscher Sprache existiert bisher keine neuere Zusammenstellung über diesen Gegenstand. Dagegen haben wir zwei französische Werke: Fouqué und Michel-Lévy: „Synthèse des minéraux“ 1882 und Bourgeois: „Reproduction des Minéraux“ Paris 1885, welche recht wertvoll sind.

Mineralien zu berichten, sondern hier nur über die neuesten Forschungen verhandelt werden soll, so will ich doch auch über die neueren Methoden, welche eingeschlagen worden sind, sowie über die heutigen Zwecke derartiger Versuche vorher noch Einiges mittheilen.

Wenn wir auf synthetischem Wege Mineralien herzustellen suchen, so können wir dabei einen mehrfachen Zweck verfolgen. Der vornehmste wird jedenfalls immer der bleiben, die Wege, welche die Natur bei der Bildung der Mineralkörper eingeschlagen, ausfindig zu machen, eventuell unsere Ansicht zu bestätigen oder unsere bestehende Theorie über die Entstehung zu modificieren und uns auf die richtige zu weisen.

Während derartige Versuche für Mineralogie und Geologie sehr wichtig sind, hat ein zweiter Weg den Zweck, die chemische Zusammensetzung der Mineralien dadurch ausfindig zu machen, dass man die auf analytischem Wege erzielten Daten durch die Synthese zu prüfen sucht, und auch einzelne chemische Verbindungen, welche die Natur nur selten geschaffen hat, darzustellen, oder auch noch vorhandene Lücken in unseren Versuchen auszufüllen; es sind selbstverständlich auch derartige Forschungen von nicht zu unterschätzender Bedeutung, indem sie das Gebiet der Mineralogie beträchtlich erweitern. Endlich könnte man noch von einem praktischen Zwecke der Synthese sprechen, wenn derselbe bisher auch nur wenig Erfolg gehabt hat; nämlich den, wertvolle Mineralien, insbesondere Edelsteine, herzustellen. Mit Ausnahme von sehr wenigen, sind derartige Versuche nur selten gelungen, indem sie entweder nicht dazu geführt haben, das Mineral vollständig, wie es in der Natur vorkommt, zu erzeugen, oder wenigstens nicht in der nöthigen Größe, um sie als Schmuck verwenden zu können, oder indem durch geringe Abweichungen derartige, sonst dem Naturproducte vollkommen ebenbürtige künstliche Erzeugnisse erkennbar sind, abgesehen davon, dass auch die Kosten der Erzeugung zu hohe wären.

Wenngleich diese Richtung vielleicht diejenige ist, welche weitere Kreise des Publicums am meisten interessiert, so ist sie doch die am wenigsten wichtigste.

Was nun die Methoden anbelangt, welche zur Herstellung der erzielten Resultate angewandt wurden, so sind sie, insbesondere was den zuerst angedeuteten Zweck betrifft, nämlich Erforschung der Bildungsweise der Mineralien, nothwendigerweise beschränkte, indem wir hier nur solche Körper anwenden dürfen, von deren Anwesenheit bei natürlichen Processen wir uns überzeugt haben, oder welche wenigstens wahrscheinlich ist, während wir bei den beiden anderen Zwecken vollkommenen Spielraum haben. Jedoch lassen sich die heute angewandten Methoden zur künstlichen Erzeugung von Mineralien in Folgendem zusammenfassen: Bildung aus Lösungen, aus Schmelzfluss, durch Sublimation. Wir wollen nun an einigen Beispielen aus der neueren Zeit diese drei Wege kennen lernen.

Der erste ist jedenfalls derjenige, welchen die Natur bei der Bildung der meisten Mineralproducte eingeschlagen hat.

Viel wichtiger noch ist die Bildung von Mineralien aus Lösung durch chemische Reactionen. Manche davon sind dieselben wie die unserer Laboratorien, mit dem Unterschiede, dass man bei letzteren stets krystallisierte Producte, amorphe Niederschläge erhält, die mit den Mineralien nur die chemische Zusammensetzung gemein haben. Nur handelt es sich darum, dieselben Verhältnisse, welche in der Natur Krystallproducte erzeugten, herbeizuführen. Die Unterschiede zwischen den Laboratoriums-Reactionen und denen, die in der Natur vor sich gehen, sind aber besonders folgende:

In der Natur gehen solche Reactionen sehr langsam aber continuierlich durch Zeiträume vor sich, die nach Jahrhunderten bemessen werden müssen, über deren genauere Dauer wir aber keinen Anhaltspunkt haben. Dabei treten nur ganz verdünnte Lösungen auf, endlich haben in sehr vielen Fällen solche Prozesse unter höherem Drucke stattgefunden, oft in der Tiefe der Meere.

Das erste Hilfsmittel, die Zeit, steht uns nicht zu Gebote, wir werden daher niemals so große und schöne Krystalle erhalten, wie es die von der Natur geschaffenen sind. In minimalem Maße ersetzen wir die Zeit durch eine Temperaturerhöhung, welche die Reaction begünstigt. Auch durch

Druckerhöhung können wir die Krystallisation herbeiführen, höherer Druck hat übrigens auch in der Natur sehr häufig mitgewirkt.

Um höheren Druck herbeizuführen, erhitzen wir die Lösungen in zugeschmolzenen Glasröhren oder verschlossenen schmiedeeisernen Röhren, wobei der Druck durch die Temperatur-Erhöhung entsteht; er kann überdies beschleunigt werden durch expansive Gase, Kohlensäure (unter Druck eingepumpt), Alkohol, Schwefelkohlenstoff. Auch die Zugabe von flüssiger resp. fester Kohlensäure habe ich als sehr zweckmäßig gefunden, da eine kleine Menge davon bei geringer Temperatur-Erhöhung einen großen Druck hervorbringt. Bekanntlich hat flüssige Kohlensäure bei Bildung von vielen Mineralien in der Natur eine Rolle gespielt, wie die Einschlüsse dieser Flüssigkeit beweisen.

Eine große Schwierigkeit bereitete es anfänglich, einen vollkommenen Verschluss für die schmiedeeisernen Röhren zu finden. Man wendet jetzt einen aus einem Stück bestehenden, dicken, eisernen Stahlcylinder an, in welchen die Röhre gebohrt wird. Diese wird mit Platin oder Silber verkleidet. Man bedient sich dabei als Verschlussmittel einer Platinplatte, die durch eine eiserne Platte auf die schmiedeeiserne Röhre, in welcher der Versuch ausgeführt wird, mittelst Schrauben gepresst wird. Selbstverständlich muss die Röhre von beträchtlichem Durchmesser sein, um dem enormen Drucke, welcher namentlich bei höherer Temperatur eintritt, Widerstand zu leisten. Die französischen Chemiker Friedel und Sarasin erhitzen in einer derartigen eisernen Röhre Wasser bis 550°, wodurch ein ganz enormer Druck erreicht wird.

Unter Umständen kann man jedoch eine solche Temperatur nicht anwenden, da die Verhältnisse der Natur sie nicht zulassen, man erzielt dann den Druck durch expansive Gase.

Von sehr vielen Mineralien lässt sich behaupten, dass sie bei niedriger Temperatur und bei geringem Drucke entstanden sind, und man konnte daher auch annehmen, dass sie unter ähnlichen Bedingungen auch künstlich herzustellen

seien. Dies gilt namentlich für die Erze. Kupferkies, Pyrit, Bleiglanz, Fahlerz, Silberblende waren schon früher von französischen Chemikern auf dem Wege der Sublimation bei 400° hergestellt worden, indem Dämpfe von Eisen-, Kupfer-, Blei- oder Silbersalzen auf Schwefelwasserstoff wirkten. In der Natur ist jedoch eine derartige Entstehung ausgeschlossen, denn die jene Erze begleitenden Mineralien: Kalkspat, Quarz, Flussspat, Dolomit widersprechen dem absolut. Dem Verfasser dieses ist es indes gelungen, obige Mineralien und noch manche andere, wie Eisenglanz, Magneteisen, Magnetkies, dadurch herzustellen, dass er entsprechende Mengen von jenen Salzen, gewöhnlich schon lösliche, in zugeschmolzenen, mit Schwefelwasserstoff resp. Kohlensäure gefüllten Röhren durch Monate lang bei mäßiger Temperatur 50—70° erhitze. Durch Zugabe von Soda wird die Krystallisation bedeutend gefördert und dadurch, dass schwer lösliche Salze angewandt werden, die Reaction verlangsamt, wobei man wieder den natürlichen Bedingungen näher kommt und auch schönere Krystalle erhält. Ja sogar bei der gewöhnlichen Zimmer-Temperatur wurde beispielsweise Bleiglanz auf diese Art erhalten.

Auch die Zeolithe erhält man in kleinen, aber deutlichen Krystallen durch chemische Einwirkung der Kieselsäure und Thonerde auf kohlensaure Alkalien oder Kalk, wenn man in einer Kohlensäure-Atmosphäre bei einer Temperatur von circa 130° operiert. Dass dieselben umkrystallisiert und in guten Krystallen erhalten werden können, wurde bereits erwähnt. Man erhitzt zu diesem Zwecke das gepulverte Mineral bei obiger Temperatur in kohlensäurehaltigem Wasser in verschlossenen Röhren. Aber sogar bei gewöhnlicher Temperatur von 20—30° C. habe ich derartiges erhalten durch Anwendung von flüssiger Kohlensäure; letztere hat bei den natürlichen Vorgängen, wie die constatirten Einschlüsse beweisen, eine große Rolle gespielt, und schien mir daher ihre Anwendung sehr empfehlenswert.

Diejenigen Mineralien, welche man als plutonische oder vulcanische zu bezeichnen pflegt, haben einen anderen Ursprung: sie sind bei höherer Temperatur, und sei es durch

Schmelzfluss oder durch Sublimation, entstanden. Auf letzterem Wege bilden sich in Vulcanen Schwefel und Borsäure, Absätze von Eisenglanz, Tenorit. Selbstverständlich lässt sich dieser Vorgang sehr leicht im Laboratorium nachahmen und führt zu schönen Resultaten. Im ganzen ist er jedoch in der Natur sehr beschränkt. Wichtiger erscheint die Darstellung der Mineralien aus Schmelzfluss. Eine solche Entstehung muss vielen Mineralien zugeschrieben werden und manche, bei denen man eine vulcanische Entstehung nicht zugeben wollte, stellten sich nunmehr durch das Experiment als aus Schmelzfluss entstanden heraus. Die Lava repräsentiert uns eine solche natürliche Schmelze, aus welcher die Mineralien an die Oberfläche auskrystallisieren.

Allerdings ist zu bemerken, dass diese Lava bereits vielfach fertige Mineralien enthält, so dass man annehmen kann, dass in den vulcanischen Tiefen sich manche Mineralien bilden, welche an der Oberfläche des Lavastromes sich nicht ausscheiden. Charakteristisch für die Lava ist ihre Durchtränkung mit Wasser, welches auch kleinere Mengen von aufgelösten Salzen, namentlich Chloride, enthält. Letztere dürften möglicherweise im Innern des Vulcans noch in etwas concentrirterem Zustande vorkommen, jedenfalls spielen sie bei der Bildung der vulcanischen Mineralien eine bedeutende Rolle. Den Vorgang der Ausscheidung aus einer Lavamasse können wir allerdings leider nicht vollkommen nachahmen, weil wir keine mit Wasser durchtränkte schmelzende Masse herstellen können; wir müssten unter hohem Druck operieren müssen, um den Wasserdampf an dem Entweichen zu hindern, bei gleichzeitig sehr hoher Temperatur. Beiden Factoren aber können unsere Apparate nicht widerstehen.

Es scheint jedoch, dass das Wasser selbst bei der Ausscheidung der Mineralien keine bedeutende Rolle spielt, indem wir auch aus trockenen Schmelzen eine Reihe von vulcanischen Mineralien erzeugen können, wenn wir bei 1200 bis 1400° operieren. Wir bedienen uns zu diesem Zwecke kleiner Thonöfen, in welche der das chemische Gemenge enthaltende Platintiegel eingesetzt und durch 12 bis 48 Stunden erhitzt wird. Die Temperatur wird mit einem Gasgebläse leicht

erreicht, und die Schwierigkeit besteht nur darin, die Masse langsam abkühlen zu lassen, um Krystalle zu erzielen; doch lässt sich dies durch die Erfahrung schließlich erreichen, und sind derartige Schmelzproducte sehr schön herzustellen. So erzeugt man den Lencit, Feldspat, Augit, Spinell und andere an Vulkanen heimische Mineralien. (Fouqué und M. Lévy.)

Viele Mineralien, auch solche die kein Wasser enthalten, können auf diese Weise nicht hergestellt werden: man glaubte dies erst der Art und Weise des Versuches zuschreiben zu sollen, während man den Misserfolg dem Umstande zu verdanken hat, dass manche Mineralien bei hoher Temperatur nicht mehr existenzfähig sind, sich in andere umsetzen, die der hohen Temperatur leichter Widerstand zu leisten imstande sind, so z. B. der Granat, der sich in Anorthit und Olivin umwandelt, der Wollastonit, der sich in ein hexagonales Silicat umwandelt u. a.

Man kann aber diese Mineralien erzeugen, wenn man durch einen Zusatz, der leichter schmilzt, die Schmelztemperatur erniedrigt. Solchermaßen wirken die Chloride und Fluoride. Man kommt auf diese Weise wieder der Natur näher, denn wie bemerkt, haben wir Ursache zu glauben, dass in den vulcanischen Herden schon wegen des Meerwassers Kochsalz, Chlormagnesium, wohl auch kleine Mengen von Fluorcalcium und dergleichen sicherlich vorhanden sein müssen.

Es ist nun geradezu erstaunlich, wie leicht mit Zuhilfenahme von solchen Schmelzmitteln die Bildung der Mineralien gelingt, während sie auf andere Weise stets Misserfolge ergaben. Dies bestärkt uns noch in der Annahme, dass bei der Bildung von vielen Silicat-Mineralien die Alkalichloride und auch Fluorverbindungen vorhanden waren, wenn auch in weit geringeren Mengen als bei unseren Experimenten, was auch anzunehmen ist, da wir ja bei letzteren in wenigen Stunden erzielen wollen, was die Natur langsam durch Jahre und Jahrzehnte schuf.

Der Granat, der lange Zeit als nicht nachahmbar galt, wurde von dem französischen Chemiker Gorgeu durch Zusatz von Chloriden des Magnesium und Mangan bei einer Temperatur von ungefähr 600° hergestellt, denn erst bei 1000° wird er zerstört.

Ein noch besseres Resultat ergab das auf unserer Erde so sehr verbreitete Mineral Glimmer, welches in den Gneisen, Graniten, Schiefeln ungemem häufig vorkommt. Da er stets etwas Wasser enthält, so glaubte man, dass er nur aus Lösungen herstellbar wäre, obgleich man ihn auf diesem Wege auch bisher niemals erhalten hatte. Aus Schmelzfluss kann man ihn nicht erhalten, da er sich bei 800° schon zersetzt. Der Glimmer galt daher lange für ein Mineral, das künstlich nicht herzustellen sei, und doch ist dasselbe, wie sich nimmehr herausstellt, ungemem leicht darzustellen, wenn man ein beliebiges seine Elemente enthaltendes Mineral mit irgend einem Fluormetall schmilzt und dabei die Temperatur nicht über obige Grenze steigert. Man kann zu einem derartigen Versuch entweder das nothwendige Silicat aus seinen chemischen Elementen oder auch dazu andere Mineralien wie Hornblende, Granat, Thonerde-Silicat verwenden. Je nach der angewandten Mischung erhält man die diversen der Glimmerfamilie angehörigen Mineralien. Auch der Kaliglimmer, der in vulcanischen Laven niemals vorkommt, sondern hauptsächlich in den Glimmerschiefeln, Gneisen und Graniten, wurde von mir auf demselben Wege erzeugt, wodurch die Theorie, dass die sogenannten Urgesteine die ursprüngliche Erstarrungskruste unseres Erdballs seien, eine Stütze erhält, wobei allerdings nicht verschwiegen werden darf, dass andere nicht unwichtige Gründe gegen jene Anschauung sprechen.

Die merkwürdige Rolle des Fluors als Begünstiger der Mineralbildung wird immer deutlicher. Nicht nur im Schmelzflusse, sondern auch in Lösungen wirkten Zusätze von Fluormetallen äußerst günstig. Auch die Dämpfe allein bewirken dort Mineralbildungen, wo sonst dieselben nicht zu beobachten sind. So konnte Frémy amorphe Thonerde durch Fluordämpfe in Rubin umwandeln. Die Gegenwart des Fluors ist aber schon in den Erzgängen erwiesen, in den vulcanischen Gegenden ist sie neuerdings in der Gegend von Neapel durch Scacchi nachgewiesen und scheint überhaupt dieses Element häufiger vorzukommen als bisher angenommen.

Noch eines Weges, welcher zur Synthese führt, möchte ich erwähnen, nämlich des elektrolytischen. Bedentsame Re-

sultate liegen allerdings hier nicht vor, was wohl daran gelegen sein dürfte, dass man die richtigen Bedingungen, welche zum Gelingen der Versuche nothwendig sind, noch nicht kennt. Becquerel hat auf diesem Wege immerhin einige Erze erhalten.

Dass galvanische Ströme, namentlich Thermoströme in unserer Erde wirken und dass durch dieselben Mineralien erzeugt werden können, unterliegt wohl keinem Zweifel, wenn gleich diesem Factor keine große minerogenetische Bedeutung zukommen dürfte.

Dem Laien mag es wunderbar erscheinen, dass die Natur, wie dies fast allgemein zu beobachten ist, ein und dasselbe Mineral auf sehr verschiedenen Wegen darstellen kann. Dasselbe findet auch statt für die künstliche Reproduction.

Den Feldspat beispielsweise können wir sowohl aus Lösungen als aus Schmelzflüssen erzeugen. Dasselbe gilt für die meisten Silicate.

Ich habe früher auch von einem praktischen Zwecke bei Herstellung der künstlichen Mineralien gesprochen, nämlich dem, künstliche Edelsteine herzustellen. Darunter meine ich nicht die imitierten künstlichen Steine, welche nur den Glanz oder die Farbe der natürlichen besitzen und als Imitationen auf Täuschung berechnet sind. Gelingt es jedoch, sämtliche physikalische und chemische Eigenschaften eines Minerals darzustellen, so liegt keine Imitation vor, sondern man hat ein Product, welches thatsächlich mit dem betreffenden Mineral ident ist. Man kann dabei also nicht mehr von einem falschen Steine sprechen, es ist alsdann einfache Conventionsache und wohl auch nur eine Sache der Einbildung, wenn man einen solchen schönen Stein dem natürlichen unterstellt. Denn der natürliche hat dann nur noch das Prärogativ der Seltenheit.

Obgleich man zwar nicht behaupten kann, dass die Frage sehr wichtig sei, weil es in der That bisher selten gelungen, Edelsteine in schönen, großen Exemplaren künstlich darzustellen, so kann sie sehr leicht acut werden und hat in mehreren Fällen auch schon Gelehrte und Juweliere beschäftigt. Es wurde dabei bereits die Frage ventilirt, ob der-

gleichen Producte den natürlichen gleichzustellen seien. Die meisten Juweliere sind wohl nicht der Ansicht, was ihnen wohl auch im Hinblick auf den geschäftlichen Standpunkt, der dadurch sehr leiden würde, nicht zu verdenken ist. Vom Standpunkte des Mineralogen jedoch scheint es mir nicht erklärlich, wenn es wirklich, wie dies der Fall ist, gelingt, dass ein Mineral mit allen seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften künstlich hergestellt wird, warum dasselbe als dem natürlichen nicht vollwertig angenommen werden sollte.

Vorläufig versuchen die Juweliere bei den zwei wichtigsten Mineralien, die hier in Betracht kommen, nämlich Rubin und Türkis, minimale Differenzen ausfindig zu machen, durch welche es ihnen oder wenigstens den Gelehrten möglich wird, die natürlichen Steine von den übrigen auszuscheiden, um die letzteren für wertlos zu erklären. In dieser Hinsicht hat die Mineralogie dem Handel der Juwelen bereits behilflich sein können, dem es ist gelungen, sowohl bei den meisten Türkisen, als auch bei den Rubinen allerdings ganz unbedeutende und minimale Unterschiede, z. B. Einschlüsse und dergleichen, aufzufinden.

Die erfolgreichste Aufgabe in dieser Hinsicht wäre jedenfalls die künstliche Herstellung der Diamanten; diese Frage muss auch großes Interesse in den weitesten Kreisen erwecken, wieweil man die Consequenzen derselben vielleicht zu übertreiben geneigt ist. Denn abgesehen davon, dass vielleicht im Wesen auch geringere Unterschiede zwischen natürlichen und künstlichen Krystallen ausfindig gemacht werden könnten, so ist auch sehr zu bezweifeln ob es gelingen würde, große und reine Diamanten herzustellen; für die Technik wäre die billige Herstellung kleinerer übrigens schon ein bedeutender Gewinn, da solche bei allen Schleif- und Bohrarbeiten dann vielfach Anwendung finden müssten. Wahrscheinlich ist, dass durch die Entdeckung der künstlichen Diamanten nur die kleineren Steine entwertet würden, während die großen im Wert bedeutend weniger sinken würden. Vorläufig ist indessen dieses Problem noch ungelöst und ist auch wohl nur durch einen zufällig glückenden Versuch zu lösen, denn wir können

uns von der Entstehungsweise dieses Minerals noch keine richtige Vorstellung machen. Wir kennen kein Lösungsmittel für Kohlenstoff und es ist auch einigermaßen wahrscheinlich, dass bei gewöhnlichem Drucke kein solches existiert. Erst vor kurzer Zeit hat man Diamanten im Muttergestein auf primärer Lagerstätte getroffen (dem die in einem vulcanischen Tuffe gefundenen Capdiamanten sind in einem secundären Gesteine enthalten, in dem sie ursprünglich nicht entstanden sind), und dieses ist ein feldspatartiges Gestein, ein gneisähnliches, über dessen Bildungsweise wir aber im unklaren sind; nur soviel wissen wir, dass dasselbe bei einem Drucke entstanden ist, bei dem die Kohlensäure flüssig ist. Also bei sehr hohem Drucke, vielleicht durch eine Reduction der Kohlensäure oder deren Salze, ist der Diamant entstanden. Wie wir aber eine solche Synthese auszuführen haben, bleibt vorläufig im Dunkel gehüllt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 1890

Band/Volume: [26](#)

Autor(en)/Author(s): Doelter Cornelius

Artikel/Article: [Neuere Arbeiten über Mineral-Synthese. 129-139](#)