

ÜBER
DAS WERDEN UND VERGEHEN
IM REICHE DER STEINE.



INAUGURATIONSVORTRAG

GEHALTEN AM 2. DEZEMBER 1902

VON

PROFESSOR DR. RUDOLF SCHARIZER,
DZ. RECTOR MAGNIFICUS.

CZERNOWITZ.

R. Eckhardt'sche k. k. Universitäts-Buchdruckerei (J. Mucha).
1903.

Hochansehnliche Versammlung!

Die ersten Worte, die ich in dieser feierlichen Stunde, da ich geschmückt mit den Insignien der höchsten akademischen Würde vor Sie hintrete, spreche, seien Worte des Dankes an meine hochgeehrten Herren Kollegen, die mir durch die Wahl zum Rektor ein ganz besonderes Zeichen ihres Vertrauens gegeben haben, an die Vertreter der staatlichen und kirchlichen Behörden, der militärischen und bürgerlichen Gesellschaft, die durch ihre Anwesenheit den Glanz der heutigen Feier so wesentlich erhöht haben, und auch an Sie, liebe Kommilitonen, weil Sie in so großer Zahl erschienen sind, um dem festlichen Akt meiner Inauguration beizuwohnen. Als Ihr Rektor, als Ihr Lehrer, möchte ich bei dieser Gelegenheit Ihnen, liebe Kommilitonen, wärmstens ans Herz legen, auch in diesem Studienjahre Ihrer akademischen Pflichten stets eingedenk zu sein. Vergessen Sie nie, daß die Jahre der akademischen Freiheit auch Jahre ernster Arbeit sind. Sie sollen ja in dieser kurzen Spanne Zeit den Grund zu Ihrem künftigen Lebensglücke legen. Sie sollen Kenntnisse sammeln, aber auch Ihren Charakter entwickeln und festigen, damit Sie dereinst jenen Platz, auf den Sie das Schicksal stellen wird, voll und ganz ausfüllen, zum Wohle unseres großen gemeinsamen Vaterlandes, zum Nutzen und Frommen Ihres Volkes.

Das Wissen ist eine Macht und ein großer Schatz zugleich. Es verleiht nicht nur die geistige, sondern oft auch die physische Oberhoheit über die breiten Schichten des Volkes, es schärft den geistigen Blick, klärt die Urteilskraft und macht dadurch in Wahrheit frei, frei von Irr- und Aberglauben,

frei von jenen geheimen Feinden, die in Mitte jedes Volkes wohnen und an dessen Lebensmark zehren; es erfüllt zudem das Herz mit reiner Freude und macht empfänglich für ideale Genüsse. Daher soll es die heiligste Pflicht jedes Gemeinwesens sein, seine beste Kraft zur Hebung der allgemeinen Bildung zu verwenden; es soll keine Mühe, keine Kosten scheuen, wenn es gilt, Wissen zu verbreiten, Forschung zu pflegen.

Auch der heutige feierliche Akt der Rektorsinauguration steht im gewissen Sinne im Dienste des Strebens nach Verbreitung des Wissens. Denn wenn der neueintretende Rektor zur Abhaltung eines Vortrages bei demselben verpflichtet ist, so kann dies unmöglich den Zweck verfolgen, demselben Gelegenheit zu geben, vor einem größeren Publikum einen Beweis für sein werktätiges Forschen zu erbringen, sondern er soll allen denen, die seiner Inauguration beiwohnen und denen die Lebensstellung verwehrt, sich einen genügenden Einblick in alle Zweige des menschlichen Wissens zu verschaffen, einen solchen Einblick in die von ihm vertretene Disziplin gewähren, er soll sie bekannt machen mit den Tagesfragen derselben, mit den bisherigen Errungenschaften, mit den Zielen, die noch in weiter Ferne glänzen, und den Mitteln, mit welchen man diese Ziele zu erreichen hofft.

Die Disziplin, welche ich an unserer Universität zu vertreten die Ehre habe, die Mineralogie, ist eine Wissenschaft, welche sich im großen Laienpublikum keiner besonderen Zuneigung erfreut. Die meisten kennen sie nur aus jener Zeit, da sie noch die Bänke der Mittelschule drückten, und aus jenen Tagen haben sie die Meinung in ihr späteres Leben hinübergenommen, daß die Mineralogie eine äußerst trockene Wissenschaft sei, der nur wenige Auserwählte Reize abzugewinnen vermögen, und daß dieselbe, was Schönheit und Interesse anbelangt, weit zurückstehen müsse hinter ihren Schwesterdisziplinen, der Zoologie und Botanik, von denen die letztere sogar durch das ehrende Beiwort „scientia amabilis, d. h. liebenswerte Wissenschaft“ ausgezeichnet wurde.

Daß die Tiere und Pflanzen das Interesse des forschenden und die Natur beobachtenden Menschen in ungleich größerem

Maße in Anspruch nehmen als die Steine, darf uns bei den tausendfachen Beziehungen, die zwischen den Tieren und Pflanzen einerseits und dem Menschen andererseits bestehen, nicht Wunder nehmen. Das ewige Werden und Vergehen, das fortwährende Blühen und Reifen, die tausenderlei farbenprächtigen Vorgänge, die sich tagtäglich in der belebten Natur vor den Augen des Menschen abspielen, mußten auf den Geist des Menschen einen nachhaltigen Eindruck hervorrufen und ihn zur Ergründung der Geheimnisse, die all diesen Prozessen zugrunde liegen, aufmuntern. Diesen Reizen, dieser Pracht, dieser Mannigfaltigkeit der Erscheinungen gegenüber konnte selbstverständlich das Reich der Steine nicht aufkommen. In scheinbar ewiger Ruhe und Unveränderlichkeit bot es sich dem Menschen dar, majestätisch allerdings auch in dieser Ruhe, aber keineswegs angetan, den Geist des Menschen zu fesseln. Aber diese Ruhe, diese Starrheit ist nur eine scheinbare. Man würde sich einem gewaltigen Irrtume hingeben, wollte man glauben, daß die Mineralien von jeher so waren, wie sie jetzt sind, und daß sie von jeher dort waren, wo sie jetzt sind. Auch die Mineralien haben ihren Werdeprozeß, auch die Mineralien entstehen und vergehen, wie die Tiere, wie die Pflanzen, nur spielen sich diese Vorgänge nicht vor den Augen des Menschen auf der Erdoberfläche, sondern meist seinen Blicken entrückt in den Tiefen der festen Erdkruste ab und zudem sind die Zeiträume, welche dieselben zu ihrer vollständigen Abwicklung benötigen, so groß, daß ihnen gegenüber das Leben des Menschen wie ein Tropfen im Meere erscheint.

Wir dürfen deshalb, weil es uns so schwer gemacht wird, die anorganische Natur in ihrer Werkstätte zu belauschen, nicht behaupten, daß in derselben ewig Feiertag sei, stets die Arbeit ruhe. Zahllose geheimnißvolle Kräfte arbeiten, Heinzelmännchen vergleichbar, im Innern der Erdrinde ununterbrochen an deren Umgestaltung; ja sie waren schon zu einer Zeit in voller Tätigkeit, da von einem tierischen und pflanzlichen Leben auf Erden überhaupt noch keine Rede war. Wir dürfen — ohne den Vorwurf der Übertreibung

fürchten zu müssen — kühn behaupten, daß ohne diese ange-deutete Arbeit der anorganischen Kräfte das Erscheinen des organischen Lebens geradezu unmöglich gewesen wäre. Denn alle jene Stoffe, welche der grünen Pflanze als Nahrungs-mittel unentbehrlich sind, haben diese Kräfte aus den Mine-ralien erst freimachen müssen, und nur ihrem rastlosen Schaffen verdanken jene weichen wasserhaltenden Tonböden ihre Ent-stehung, die eine unerläßliche Vorbedingung für die gedeih-liche Entwicklung so vieler zart bewurzelter Pflanzen sind.

Ruhe herrscht im Reiche der Steine keineswegs und wenn wir mit offenem Auge die Natur betrachten, so werden wir auch allenthalben die Spuren dieser nie aussetzenden Arbeit entdecken. Wie viel erzählt uns nicht das Wasser, das als Quelle aus dem Erdboden hervorbricht, oder als Grundwasser sich in den Schichten der Erdrinde fortbewegt. Wir wissen, daß sich all' dieses Wasser von den atmosphärischen Nieder-schlägen herleitet, die als Regen und Schnee, Tau oder Reif auf die Erdoberfläche niederfallen und zu einem gewissen Bruchteil vom Erdboden aufgenommen werden.

Wenn sich nun alles im Erdboden kreisende Wasser vom Regen herleitet, so sollte es auch dieselbe chemische Zusam-men-setzung haben, wie das Regenwasser oder das Schmelzwasser des Schnees. Dem ist aber nicht so. Während das Regenwasser und das Schmelzwasser des Schnees fast chemisch rein sind, enthalten die Quell- und Brunnenwässer eine mit dem Ur-sprungsorte stetig wechselnde, bald größere, bald geringere Menge mineralischer Substanzen, die sie nur bei ihren Wan-derungen im festen Erdgerüste aufgenommen haben können. Dem Wasser wohnt nämlich eine große chemische Kraft inne. Es gibt wenig Mineralien, die eine längere Berührung mit dem Wasser, ohne an ihrer Substanz Schaden zu leiden, ver-tragen können. Das Wasser verändert fast alle Mineralien, welche als Bestandteile der Gesteine eine Rolle spielen, nimmt die Produkte dieser chemischen Umwandlung zum Teil in sich auf und entfernt sie aus dem angegriffenen Gesteine.

Bei dieser Arbeit ist aber das Regenwasser nicht ohne Burdesgenossen. Die Gase, welche es aus der Luft und aus

dem Humusboden beim Durchsickern derselben aufgenommen hatte, oder denen es bei seinen Wanderungen im festen Erdrüster begegnete, unterstützen seine Bestrebungen. Je tiefer das Wasser in die Erdrinde eindringt, desto mehr erhöht sich seine Eigenwärme, desto größer wird der Druck, den es auszuhalten hat. Dies sind weitere Faktoren, welche die chemische Aktionsfähigkeit des Wassers im günstigen Sinne beeinflussen.

Wenn sich nun das Wasser nach getaner Arbeit wieder tagwärts wendet, so werden ihm die einzelnen Bundesgenossen nach und nach wieder untreu. Das Wasser kühlt sich wieder ab, je höher es emporsteigt, der große Druck, der seiner Arbeit so förderlich war, vermindert sich allmählig, die absorbierten Gase sind bei den chemischen Eingriffen verbraucht worden, kurz das Wasser ist, je höher es empordringt, umso weniger imstande, alle jene Substanzen, welche es in den Tiefen mit Hilfe seiner Bundesgenossen aufgelöst hat, in Lösung zu erhalten; es ist gezwungen, einen Teil seiner Beute wieder herauszugeben und denselben setzt es an den Wandungen der Risse und Klüfte, in denen es zum Lichte emporstrebt, oft in Gestalt der herrlichsten Krystalle wieder ab.

Wir sehen, daß auch im Reiche der Steine das Dichterwort:

„Und neues Leben blüht aus den Ruinen“

vollauf Geltung hat und daß nicht allein in der belebten sondern auch in der leblosen Natur der Untergang des einen Wesens zum Keime für die Entstehung eines anderen wird.

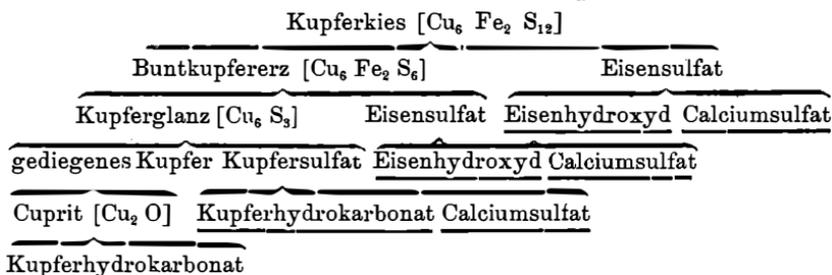
Mit dem bloßen Nachweis der Veränderlichkeit der Mineralien ist indes dem Mineralogen nicht genügt. Er will genau so wie der Historiker, der den Stammbaum berühmter Geschlechter entwirft, wissen, was für genetische Beziehungen die einzelnen Mineralien unter einander verbinden, ob sie unabhängig von einander, gleichzeitig, beziehungsweise nach einander gebildet wurden, oder ob das eine Mineral durch Umwandlung aus einem zweiten hervorgegangen ist. ¹⁾

¹⁾ Als ein Beispiel für einen mineralogischen Stammbaum möge die Aufeinanderfolge jener Mineralien dienen, welche sich unter dem oxydierenden Einflusse der Tagewässer aus dem in Erzgängen auftretenden

Durch aufmerksame Beobachtung der Natur wurden schon reiche Erfahrungen auf diesem Gebiete gesammelt. Besonders fördernd war aber das Studium jener eigentümlichen Gebilde, auf welche zuerst der Altmeister der Mineralogie, A. S. Werner, die Aufmerksamkeit gelenkt und die er mit dem Namen *Afterkrystalle* belegt hat.

Wie schon der Name *Afterkrystalle* andeutet, zeigen diese Gebilde eine *Krystallgestalt*; doch diese *Krystallgestalt* gehört nicht der *Mineralsubstanz* an, aus der sie jetzt bestehen. So tritt *Brauneisen* sehr oft in der Gestalt des *Pyrites*, *Kaolin* in jener des *Feldspates*, *Serpentin* in jener des *Olivius* auf. Diese *Afterkrystalle* oder *Pseudomorphosen* — wie sie auch genannt werden — sind also *Truggestalten*. Aber gerade das *Falsche*, das sie an sich tragen, ist für die *genetische Forschung* von unschätzbarem Werte geworden. Die *Substanz*, welche die *Pseudomorphose* bildet, hat nämlich die Gestalt jenes *Minerales* beibehalten, aus dem sie sich durch *Umwandlung*, d. i. durch *teilweisen Austausch* der *chemischen Bestandteile*, gebildet hat. Die *Pseudomorphose* trägt daher zwei *Phasen* im *Werdeprozeesse* eines *Minerales* zur *Schau*: den *Anfang* durch ihre *Gestalt*, das *Ende* durch ihren *chemischen Inhalt*. Die *äußere Gestalt* gestattet die *Ermittelung* des *ursprünglichen Minerales* nach dem *Erfahrungssatze*, daß jedem *chemischen Individuum* in der *Regel* nur eine *Krystallgestalt* zukommt. Das *Wesen* und *Bezeichnende* für diese *Krystallgestalt* liegt aber nicht im *äußeren Aussehen* (*Habitus*), in der *Größe*, dem *Flächenreichtum* und der *Flächenausbildung*, sondern der

Kupferkies bilden. Die *unterstrichenen Mineralien* entstehen dann, wenn *Karbonate*, z. B. *Calciumkarbonat* im *Wasser* mitgelöst waren.



Charakter derselben wird lediglich durch die Winkel bestimmt, welche die einzelnen Flächen unter einander verbinden und aus denen man den Bauplan des Krystalles, die Maße, welche dem Krystallgebäude zu Grunde liegen, berechnen kann.

Oft aber läßt uns dieses Mittel bei der Feststellung des ursprünglichen Mineralen aus verschiedenen Gründen, deren Erläuterung indeß zu weit führen würde, vollkommen in Stich und wir würden nie imstande sein, diese Frage mit genügender Sicherheit zu beantworten, wenn nicht die Natur selbst uns hilfreich die Hand entgegenstrecken und auf die richtige Fährte bringen würde. Glücklicher Weise ist nämlich der chemische Prozeß, dem die Pseudomorphose ihr Dasein verdankt, nicht immer vollkommen zu Ende gediehen. In der Masse der Pseudomorphose haben sich nicht selten Reste des ursprünglichen Mineralen erhalten und diese gestatten dann, was uns die äußere Gestalt verwehrt, nämlich den Ausgangspunkt des Umwandlungsprozesses festzustellen.

Es gibt aber auch Pseudomorphosen, bei welchen die Divergenz zwischen der ursprünglichen und der nunmehrigen Substanz nicht die Folge eines Austausches der chemischen Bestandteile ist, sondern lediglich durch eine molekulare Umlagerung, d. i. eine Änderung in der Anordnung der kleinsten Krystallbausteine hervorgerufen wurde. Bei diesen Pseudomorphosen ist der chemische Inhalt, soweit er durch eine Analyse erschließbar ist, ebenso wie die äußere Gestalt unverändert geblieben. Nur das innere Gefüge und die physikalischen Eigenschaften, die bei echten Krystallen stets in einem gesetzmäßigen Konnex mit der Krystallgestalt stehen, zeigen Abweichungen vom normalen Zustande. Solche Afterkrystalle sind nur bei Substanzen möglich, welche die Fähigkeit besitzen, je nach den bei ihrer Bildung obwaltenden Umständen in verschiedenen Krystallgestalten zu krystallisieren. Derartige Substanzen werden *polymorph*, d. i. vielgestaltig genannt und die Pseudomorphosen *polymorpher Modifikationen* führen den Spezialnamen „*Paramorphosen*“.

Bekannte Beispiele sind: Der Calcit und Aragonit, der Diamant und Graphit. Die beiden erstgenannten Mineralien,

die auch dem Laien in ihren Abar ten: Doppelspat, beziehungsweise Eisenblüte nicht fremd sein dürften, bestehen aus Calciumcarbonat (kohlen sauren Kalk), sind aber durch ihre Krystallgestalt und ihre sonstigen Eigenschaften vollkommen von einander verschieden. Der wasserhelle, harte Diamant und der schwarze abfärbende Graphit sind dagegen polymorphe Modifikationen des Kohlenstoffes.

Der Grund für die Entstehung polymorpher Modifikationen liegt, wie schon angedeutet wurde, in den verschiedenen Verhältnissen, unter welchen die betreffende Substanz in den festen Zustand überging. Wenn sich z. B. das Calciumcarbonat aus alkalischen ¹⁾ oder warmen Lösungen abscheidet, so bildet sich Aragonit; erfolgt dagegen die Abscheidung aus neutraler Lösung oder bei Temperaturen unter 30⁰, ²⁾ so entsteht Calcit. Für die Bildung des Graphits und Diamants scheint in gewissen Fällen der geringere oder größere Druck, der bei der Abscheidung des Kohlenstoffes herrscht, ausschlaggebend zu sein ³⁾.

Krystallisiert der Schwefel aus dem Schmelzflusse, so bildet er monokline Krystalle, scheidet er sich jedoch unter 95⁰ z. B. aus einer Lösung im Schwefelkohlenstoff ab, so sind seine Krystalle rhombisch. Während aber die rhombischen Krystalle beständig sind, verändern sich die anfangs klaren, dunkelbernsteingelben Krystalle des monoklinen Schwefels sehr bald. Sie werden trübe und zerfallen bei der leisesten Berührung in ein Haufwerk rhombischer Kryställchen. Diese Umwandlung vollzieht sich freiwillig. Der Grund dieser Erscheinung ist, daß der Schwefel wohl bei Temperaturen über 95⁰, nicht aber bei solchen unter 95⁰ die Fähigkeit besitzt, die monokline Anordnung seiner Moleküle aufrecht zu erhalten. Unter der genannten Temperatur ist die rhom-

¹⁾ Warth H., Zentralblatt für Mineralogie etc., 1902, p. 492.

²⁾ Vater H., Zeitschrift für Krystallographie. 31. Band, p. 578.

³⁾ Geschmolzenes Eisen löst Kohlenstoff auf und scheidet denselben unter normalen Verhältnissen beim Erkalten zum Teil als Graphit wieder ab. In Stahlsorten, die bei hoher Temperatur und unter starkem Druck erzeugt worden waren, fand Rossel (Compt. ren. 1896, B. 123, p. 113) winzige durchsichtige Oktaëder von Diamant.

bische Gleichgewichtslage die beim Schwefel einzig mögliche. Das was beim Schwefel sich freiwillig ohne unser Zutun vollzieht, können wir bei anderen polymorphen Substanzen künstlich hervorrufen, wenn wir sie höheren Temperaturen aussetzen. So wandeln sich Aragonitkrystalle, wenn sie sorgsam auf 350° erhitzt werden, unter Beibehaltung ihrer äußeren Gestalt in ein Haufwerk winziger Calcitrhomböeder um, und der klare Diamant wird zum schwarzen Graphit, wenn er unter Luftabschluß geglüht wird.

Bei all den genannten Paramorphosen ist das Gefüge durch die molekulare Umlagerung stark gelockert worden. Das kommt daher, weil die Volumina der beiden polymorphen Modifikationen sehr verschieden sind. Diese Erscheinung ist jedoch keine allgemeine. Es gibt auch Fälle, bei welchen eine solche Auflockerung, beziehungsweise Änderung im Aussehen nicht stattfindet, wo die Paramorphose festes Gefüge und vollkommene Klarheit zeigt, wie man sie nur bei echten Krystallen zu sehen gewohnt ist. Diese Paramorphosen verraten ihre pseudomorphe Natur nur dadurch, daß die optischen Eigenschaften derselben die geforderte Übereinstimmung mit der beobachteten Krystallgestalt vermissen lassen.

Der Tridymit, eine polymorphe Modifikation des Siliciumdixydes, das als Quarz eine so weite Verbreitung besitzt, möge als Beispiel dienen. Dieses Mineral bildet schöne sechsseitige Krystalle, die trotz sorgsamer Messungen nicht die geringsten Abweichungen von der Symmetrie des hexagonalen Krystallsystems erkennen ließen. Die optischen Untersuchungen lehrten aber, daß diese scheinbar hexagonalen Blättchen Drillinge rhombischer Individuen sind. Diese Erscheinung würde aber den Mineralogen nicht überraschen. Es kommt relativ häufiger vor, daß durch Zwillings- oder Drillingsbildung Krystallkomplexe zustande kommen, die äußerlich eine höhere Symmetrie zur Schau tragen, als den Individuen zukommt, die sie aufbauen. Wir begegnen eben auch im Mineralreiche dem Streben, mehr scheinen zu wollen, als man ist und durch glänzende Äußerlichkeit über die innere Niedrigkeit hinwegtäuschen zu wollen.

Was aber der ganzen Erscheinung eine so hohe genetische Bedeutung gibt, ist die Tatsache, daß das abnorme, mit der Krystallgestalt nicht in Einklang stehende optische Verhalten sofort verschwindet, wenn man die Tridymitblättchen auf 130° erwärmt. Bei dieser Temperatur besitzen die Tridymitkryställchen jene optischen Eigenschaften, welche man auf Grund der Winkelmessungen erwarten muß. Bei dieser Temperatur ist der Tridymit in Wahrheit hexagonal, während bei Temperaturen unter 130° Paramorphosen des rhombischen Tridymites nach dem hexagonalen vorliegen.

Genau ebenso verhält sich auch der Leucit. Bei diesem Mineral wird die Übereinstimmung zwischen seiner äußeren Gestalt und dem optischen Verhalten jedoch erst bei beginnender Rotglut, d. i. bei 500° wieder hergestellt. Ich greife dieses Mineral deshalb heraus, weil der letzte Verfechter des Neptunismus, der geistreiche Begründer der chemischen Geologie, Gustav Bischof, gerade am Leucit den Nachweis erbringen wollte, daß sich jene Mineralien, welche wir in den Laven früherer Zeiten erkennen, nicht, wie die Plutonisten meinen, aus denselben zu einer Zeit ausgeschieden hätten, als die Laven noch schmelzförmig waren, sondern daß sich dieselben erst nachträglich durch die Wirkung des in der festgewordenen Lava zirkulierenden Wassers gebildet hätten. Die Unrichtigkeit der Bischofschen Ansicht läßt sich nun gerade am Leucit schlagend nachweisen. Der Leucit bildet in den Laven Paramorphosen des rhombischen Leucites nach dem regulären, und erst wenn wir diese Krystalle auf 500° erhitzen, nimmt er eine wirklich reguläre Lagerung seiner Moleküle an. Dies sagt uns, daß sich der Leucit in den Gesteinen gebildet hat zu einer Zeit, als ihre Temperatur mindestens 500° war, also von einem zirkulierenden Wasser in denselben gar keine Rede sein konnte. Damals war der Leucit wirklich regulär. Als die Temperatur des Gesteines sich 500° näherte, war das Gestein schon ganz erstarrt und die regulären Leucitkrystalle also ringsum von demselben umschlossen. Unter 500° kann der reguläre Leucit nicht mehr bestehen, er mußte sich — analog wie der Schwefel bei 95° — in den

rhombischen Leucit umwandeln, und da ihm nur ein beschränkter Raum zur Verfügung stand, mußte er diese Umlagerung im Rahmen der alten Krystallgestalt zu vollziehen trachten, was ihm nur dadurch möglich wurde, daß er statt eines einheitlichen Krystalles einen komplizierten Drilling bildete.

Die Paramorphosen des Leucites und der mit ihrer Hilfe ermittelte Werdeprozeß desselben leiten unmittelbar zu einer anderen genetischen Frage hinüber, zu einer Frage, welche durch fast ein Jahrhundert Gegenstand der heftigsten Kontroversen war. Diese Frage lautet: „Sind jene Gesteine, welche andere Gesteine entweder deckenförmig überlagern oder gangartig durchbrechen und für welche die Namen plutonische und eruptive Gesteine im Gebrauche sind, ebenso wie die modernen Laven durch Erstarren aus dem Schmelzflusse entstanden oder nicht?“

Heute trägt wohl kein Mineraloge und Geologe mehr Bedenken, diese Frage mit einem entschiedenen Ja zu beantworten. Diese endgiltige Entscheidung in einer so wichtigen Streitfrage wurde aber nur dadurch möglich, daß man den früher fast ausschließlich beschrittenen Weg der Naturbeobachtung verließ und den der Naturnachahmung betrat. Das Experiment, der Versuch im Laboratorium, wurde zum Richter in dieser Sache aufgerufen und hat zu Gunsten der Entstehung dieser Gesteine aus dem Schmelzflusse entschieden. Seitdem gewinnt das Experiment eine immer größere Bedeutung in der Mineralogie und Geologie. Wenn es früher die alleinige Aufgabe des Mineralchemikers war, durch möglichst sorgsame Analyse die chemische Zusammensetzung der Mineralien zu ermitteln, so gehört es jetzt auch zu seinen Obliegenheiten, durch geeignete Synthesen die künstliche Darstellung der Mineralien zu versuchen. Dies soll er nicht allein deshalb tun, um einen Beleg für die Richtigkeit der erlangten Analysenresultate zu bekommen. Diese Synthesen sollen hauptsächlich über die Bedingungen Aufschluß geben, unter welchen ein Mineral sich bilden kann. Für die Mineralparagenese werden diese Synthesen eine umso größere Bedeutung erlangen, je mehr der

Experimentator bestrebt ist, bei seinen Versuchen den in der Natur obwaltenden Umständen gerecht zu werden. Durch möglichst sorgfältige Einhaltung dieses Prinzipes hat der Mensch der Natur die Preisgabe so manchen Geheimnisses abgezwungen, dessen Enträtselung sonst, wenn sie überhaupt möglich gewesen wäre, gewiß noch die volle Arbeitskraft mehrerer Forschergenerationen in Anspruch genommen hätte.

Die Bahnbrecher auf diesem Gebiete waren die Franzosen. Fouquè und Michel Levy waren die ersten, welche durch Zusammenschmelzen der chemischen Bestandteile eines Gesteines und durch langsames Erkaltenlassen der geschmolzenen Massen eine ganze Reihe vulkanischer Gesteine nachgeahmt haben. Diese Versuche wurden später auch von anderen Forschern aufgenommen und wie z. B. von Morosewicz im größeren Maßstabe durchgeführt. Dieselben gewährten uns einen vollkommenen Einblick in die Bedingungen, unter denen sich die gesteinsbildenden Mineralien aus dem geschmolzenen Magma ausgeschieden haben.

Es zeigte sich vor Allem, wie irrig die frühere, allerdings sehr naheliegende Ansicht war, daß sich aus einer geschmolzenen Masse die mineralischen Bestandteile nach dem Grade ihrer Schwerschmelzbarkeit ausscheiden müssen. Die Laven sind nämlich nicht Gemische geschmolzener Mineralien, sondern sie sind Lösungen verschiedener Mineralsubstanzen in einem schmelzflüssigen Lösungsmittel und verhalten sich in jeder Beziehung genau so wie wässrige Lösungen. In diesen ist die Ausscheidungsfolge der gelösten Mineralsubstanzen lediglich von dem Sättigungsgrade der Lösung an der betreffenden Mineralsubstanz abhängig, so daß auch leichtlösliche Salze vor den schwerlöslichen abgeschieden werden können, wenn der Sättigungspunkt der Lösung für erstere früher erreicht wird, als für letztere. Mit dieser Erkenntnis schwanden mit einem Schlage die schier unbesiegbare scheinenden Schwierigkeiten, welche früher die mineralogische Zusammensetzung der Gesteine mit Bezug auf die wechselnde Ausscheidungsfolge der Gesteinsbestandteile der Erklärung

geboten hat und mit ihnen sank die festeste Stütze des Neptunismus in sich selbst zusammen.

Die Differenzen in der chemischen Zusammensetzung des primären Schmelzflusses, wie sie aus der Mineralführung der Gesteine erschlossen werden können, haben sicherlich dem Magma zum Theil schon von Anfang an angehaftet. Die wechselnde Tiefe, aus welcher dasselbe empordrang, und noch manch' anderer Faktor mögen dabei ihre Hand im Spiele gehabt haben. Nicht ohne Einfluß auf die Konstitution des eruptiven Magmas ist sicherlich auch die chemische Natur der durchbrochenen Gesteine gewesen, weil während des gewaltsamen Hervorbrechens gewiß Stücke desselben losgerissen, vom Magma umhüllt und eingeschmolzen wurden. Dadurch wurde die chemische Zusammensetzung des Magmas örtlich verändert, es traten lokale Übersättigungen an diesem oder jenem Bestandteile ein und diese Unterschiede bewirkten dann, daß beim Abkühlen des Magmas stellenweise Mineralien zur Ausscheidung gelangten, die sonst der großen Masse des Gesteines vollkommen fremd sind. Zu diesen unwesentlichen oder accessorischen Gemengtheilen der eruptiven Gesteine gehören die meisten Edelsteine und auch der Fürst unter ihnen: der Diamant. ¹⁾

Ich würde aber den Schein einer absichtlichen Irreführung auf mich laden, wollte ich verschweigen, daß die synthetischen Versuche Fouquès und seiner Nachfolger nicht alle Fragen über den Werdeprozeß der wichtigsten primären Gesteinsgemengtheile zu lösen vermochten. Es gelang ihnen unter anderem nicht, Gesteine herzustellen, die Quarz und Kalifeldspat

¹⁾ Der amerikanische Mineraloge H. C. Lewis hat 1887 behauptet, daß die Diamanten Südafrikas, welche in einem Olivengestein eingewachsen sind, dadurch entstanden seien, daß das eruptive Magma auf eingeschlossene Bruchstücke kohligter Schiefer eingewirkt hätte. Damals wurde diese Ansicht mit großer Reserve von der Gelehrtenwelt aufgenommen. Jetzt haben die Versuche von Friedländer (1897) in Berlin und Haßlinger (1902) in Prag gezeigt, daß eine dem Muttergestein der südafrikanischen Diamanten ähnliche Schmelze in der That Kohlenstoff aufzulösen vermöge und diesen Kohlenstoff beim Erkalten als Diamant in winzigen bis 0.15 mm großen Krystallen wieder abscheide.

enthalten, ebensowenig solche, die durch eine richtungslos körnige Struktur ausgezeichnet sind, eine Struktur, welche nach dem bekanntesten Vertreter dieser Gesteinsgruppe auch granitische Strukturen genannt wird. Wenn ein an Kieselsäure übersättigter Schmelzfluß der trockenen Schmelzung unterworfen wird, so scheidet sich nämlich das Siliciumdioxid nie als Quarz, sondern stets nur als Tridymit aus. In dasselbe Mineral verwandelt sich auch jedesmal der Quarz, mag er für sich allein oder in einem Schmelzfluß hohen Hitzegraden ausgesetzt werden. ¹⁾ Die Bedingungen, welche bei der gewöhnlichen sogenannten trockenen Schmelzung obwalten, reichen demnach nicht aus, um quarzhaltende Gesteine zu erzeugen. Die Natur muß, als sie derartige Gesteine schuf, andere Faktoren in Tätigkeit gesetzt haben, die wir bei unseren Experimenten noch nicht können mitwirken lassen. Die Versuche Daubrès, Friedels und Sarasins machen es nämlich wahrscheinlich, daß einer dieser Faktoren überhitzter Wasserdampf sei, denn es gelang diesen Forschern sonder Schwierigkeit, Kalifeldspat und Quarz herzustellen, wenn sie deren chemische Bestandmasse mit Wasser in einer geschlossenen Röhre stark erhitzen. Dabei entwickelt der Wasserdampf, der am Entweichen verhindert ist, einen mit der Temperatur stetig steigenden Druck und dieser hohe Druck ist der zweite wichtige Faktor, den wir leider mit unseren Schmelzversuchen noch immer nicht kombinieren können.

Daß hoher Druck bei der Bildung gewisser Gesteine mitgewirkt haben muß, macht schon die Überlegung klar, daß ja nicht das ganze bei einer Vulkaneruption in Tätigkeit tretende geschmolzene Magma an der Oberfläche, somit unter Bedingungen, die wir im Laboratorium nachahmen können, erstarrte, sondern daß wohl der größere Teil desselben in den Tiefen der Erdrinde, im Vulkanschlott selbst festzuwerden gezwungen war. Diese Teile des Magma waren nun einem ganz anderen Druck ausgesetzt als die oberflächlichen Partien,

¹⁾ Nur wenn man dem Schmelzflusse mit kleinen Mengen von Wolframsäure versetzt, gelingt eine partielle Ausscheidung der Kieselsäure als Quarz aber in jener Form, in welcher dieses Mineral in den Ergußgesteinen (Liparit) auftritt.

und dieser Druck, von dessen Größe wir uns kaum eine Vorstellung machen können, ward um so bedeutender, je tiefer der Erstarrungsort lag, weil mit der zunehmenden Entfernung von der Erdoberfläche auch die Masse der darauf lastenden Magmasäule und somit auch deren Gewicht zunahm. Und gerade ebenso wie der Druck die chemischen und physikalischen Wirkungen des in den Gesteinen zirkulierenden Wassers steigert und es zu Aktionen zu veranlassen vermag, die wir von demselben im Laboratorium kaum je werden erzwingen können, so wird auch der erhöhte Druck die Ausscheidungsfolge, sowie die Ausscheidungsart der im Magma gelösten Mineralsubstanzen beeinflussen.

Der hohe Druck ist aber auch imstande, das überhitzte Wasser im Magma zurückzuhalten und dadurch ebenfalls auf die Mineralbildung im günstigen Sinne einzuwirken. Das Wasser spielt bei den vulkanischen Eruptionen überhaupt eine große Rolle. Ungeheure Massen von Wasserdampf werden bei jedem Ausbruch ausgestoßen. Sie bilden die mächtige Rauchwolke, die den Gipfel des tätigen Vulkanes umlagert, sie sind die Ursachen jener schrecklichen Wolkenbrüche, die nicht selten die gefährlichsten Begleiter der Vulkanausbrüche sind. Die Wassermassen waren vor dem Ausbruch im Magma eingeschlossen und entweichen oft mit explosiver Gewalt, sobald der auf dem Magma lastende Druck zu schwinden beginnt.

Ein weiteres wichtiges Zeugnis für die Gegenwart des Wassers im eruptiven Magma liefern die winzigen Flüssigkeitseinschlüsse, die oft in erstaunlicher Anzahl in den Gemengteilen der Gesteine mit granitischer Struktur enthalten sind. Diese Flüssigkeitseinschlüsse sind aber nicht ausschließlich wässriger Natur, sondern neben diesen wurden auch solche beobachtet, welche aus komprimierten Gasen, wie z. B. flüssiger Kohlensäure, bestehen. Letztere zeugen nun mit doppelt beredter Sprache für den ungeheuren Druck, der am Orte der Bildung dieser Mineralien geherrscht haben muß.

Die Struktur, die Mineralführung und die Einschlüsse sprechen also dafür, daß der Granit und die verwandten Gesteine mit granitischer Struktur in großen Tiefen unter gewaltigem Drucke fest geworden sein müssen. Deshalb hat man für die-

selben den Namen Tiefengesteine eingeführt. Diese Bezeichnung soll den genetischen Gegensatz betonen, der zwischen ihnen und den an der Oberfläche oder in den oberen Zonen der Erdrinde unter geringerem Druck erstarrten Ergußgesteinen besteht.

Der große genetische Unterschied zwischen den Tiefen- und Ergußgesteinen kommt auch in den Veränderungen und Einwirkungen zum Ausdruck, welche ihre Magmen an den durchbrochenen Gesteinen hervorgerufen haben. Bei den echten Ergußgesteinen bestehen diese Veränderungen in reinen Hitzewirkungen, wie Rotbrennen eisenschüssiger Tone, Fritten von Sandsteinen, Verkoken von Kohle etc. Die Tiefengesteine dagegen veranlassen in ihrer unmittelbaren Umgebung tiefgehende molekulare Umlagerungen, welche sich teils durch Änderung des Gefüges, teils durch Mineralneubildungen im Nachbargestein zu erkennen geben. Diese Wirkungen der Berührung, des Kontaktes, nehmen mit der Entfernung von der Kontaktstelle allmählig ab, was wohl besser als alles andere das Magma der Tiefengesteine als den alleinigen Urheber dieser Veränderungen hinstellt. Besonders schön sind diese Kontakterscheinungen am Kalkstein oder Dolomit entwickelt. In größerer Entfernung vom Kontakt sind diese Gesteine in weißen zuckerkörnigen Marmor umgewandelt, unmittelbar am Kontakt haben sich Silikatzonen, d. i. Gemenge von grobspätigem, oft blauem Kalkspat mit verschiedenen, prachtvoll krystallisierten Silikaten gebildet.

Die besprochene Verschiedenheit der Kontaktwirkungen bei den Erguß- und Tiefengesteinen können nicht auf die Durchwärmung, welche das durchbrochene Gestein erfahren hat, allein zurückgeführt werden. Es müssen ganz besondere Eigenschaften beider Magmen ausschlaggebend gewesen sein und diese haben wir wieder in dem Wasserdampf und den anderen Gasen zu suchen, welche im Magma der Tiefengesteine enthalten (absorbiert) waren. ¹⁾ Dieselben wurden beim

¹⁾ Diese Gase wurden von dem schmelzflüssigen Gesteinsmagma zu einer Zeit aus der Atmosphäre aufgenommen, als noch die ganze Erde im schmelzflüssigen Zustande war. Auch geschmolzene Metalle, wie Silber und Kupfer absorbieren Gase und geben dieselben beim Erstarren wieder ab (spratzen).

Erstarren des Magmas zum Teil ausgeschieden und da sie bei den Tiefengesteinen nicht wie bei den Ergußgesteinen nach oben in die Luft entweichen konnten, drangen sie in das Nachbargestein ein und wirkten dort im Vereine mit der Wärme und dem größeren Druck als vorzügliche Mineralbildner.

Mit dem Wasserdampf und den Gasen verflüchtigen sich aus dem geschmolzenen Magma auch verschiedene Mineralsubstanzen.¹⁾ Während sich diese in den Klüften der durchbrochenen Gesteine ablagern und dort oft die prächtigsten Krystalldrüsen erzeugen, greifen die Gase die Gesteine chemisch an, zersetzen sie und geben den Anstoß zur Bildung technisch wichtiger Mineralmassen, für welche der Alunit, aus dem der römische Alaun erzeugt wird, ein Beispiel abgeben mag.

Der letzt besprochenen Art der Mineralbildung ist das Attribut *pneumatogen* gegeben worden, wogegen die Mineralbildungen aus dem Schmelzfluß als *pyrogen* und jene, die durch das Wasser eingeleitet wurden, als *hydrotogen* angesprochen werden. Die pyrogene Entstehungsweise der Mineralmasse ist die zeitlich vorangehende. Da die Erde seinerzeit durch ihre ganze Masse schmelzflüssig war, so müssen die ersten Bestandmassen der festen Erdrinde, also die ältesten Gesteine, pyrogenen Ursprunges gewesen sein. Erst als durch dieselben das schmelzflüssige Erdinnere von der Atmosphäre getrennt worden war, konnte das Wasser in seine Rechte treten und die ersten Angriffspunkte für dasselbe bildeten eben diese Gesteine. Mit mechanischen Mitteln, mit chemischen Kräften arbeitet das Wasser ununterbrochen an der äußeren und inneren Zerstörung der primären Felsmassen und erzeugt die sekundären Gesteine oder Sedimente, die z. T. wie die

¹⁾ Jedem Vesuv-Besucher sind die gelben, roten und weißen Anflüge bekannt, die sich in der Nähe des Kraters auf dem lockeren Gesteine des Aschenkegels absetzen. Es sind meist verschiedene Chloride, die aber wegen ihrer leichten Löslichkeit im Wasser beim ersten Regenguß wieder verschwinden.

Als im Jahre 1794 die Lava des Vesuvs in die Kirche von Torre del Greco eindrang, bildeten sich an den Wänden der Kirche aus den von der Lava ausgestossenen Dämpfen zierliche Augitkrystalle.

Laterite der Tropen am Orte ihres Ursprunges verblieben, z. T. durch das Wasser selbst fortgeführt und in den Tälern der Flüsse und am Boden der stehenden Gewässer wieder abgelagert wurden. Alles, was das Wasser aufgelöst hatte und aufgelöst erhalten konnte, führte es dem Meere zu. Aus demselben werden die Mineralstoffe entweder durch das organische Leben wieder ausgeschieden oder sie gehen erst infolge eines örtlichen Abdampfungsprozesses wieder in den festen Zustand über. Die mächtigen Kalksteinablagerungen, welche durch die herrlichen Formen ihrer Berge das Auge jedes Naturfreundes entzücken, sind zumeist ein Werk der Lebenstätigkeit niederer Tiere und die Salzlagerstätten, die für den Menschen eine ganz ungeahnte industrielle und landwirtschaftliche Bedeutung gewonnen haben, sind die Abdampfungsrückstände ehemaliger Meere.

Mit der Ablagerung in der Gestalt der Sedimente haben die vom Wasser in Bewegung gesetzten Massen noch nicht ihre dauernde Ruhe gefunden. Ganz abgesehen davon, daß diese Sedimente überall dort, wo sie aus dem Wasser dauernd oder vorübergehend hervorragen, vom Wasser abermals angegriffen und wieder zerstört werden, sind dieselben, ebensowie die primären Gesteine der Einwirkungen noch anderer Kräfte ausgesetzt, welche zumeist durch die mit der fortschreitenden Abkühlung des Erdballes ursächlich verbundene Schrumpfung der Erdrinde geweckt wurden und welche teils Schollen der Erdrinde im vertikalen Sinne verschoben, teils weite Strecken derselben in mächtige Falten gelegt haben. Die bei diesen Verschiebungen auftretenden Druckkräfte haben auf die betroffenen Sedimente abermals verändernd eingewirkt. Sie haben unzweifelhaften Sedimenten eine durch und durch krystallinische Struktur aufgezwungen, was in einzelnen Fällen nur mit einer Änderung des Gefüges,¹⁾ in anderen Fällen aber auch mit Mineralneubildungen verbunden war, so daß es selbst

¹⁾ Durch die Wirkung des Gebirgsdruckes wird der gewöhnliche Kalkstein in krystallinischen Marmor umgewandelt. Fast alle Statuettenmarmore wie Cararra in Italien, Laas und Schlanders in Tirol gehören zu den durch Druck umgewandelten Kalksteinen.

Kundigen oft schwer wird, diese durch Druck veränderten, sogenannten dynamomorphen Sedimente von echten krystallinischen Gesteinen zu unterscheiden. So wären wir noch zur Erkenntnis eines vollkommenen Kreislaufes gekommen, der mit der Zerstörung krystallinischer primärer Gesteine beginnt und durch die Reihe der Sedimente wieder zurückführt zu krystallinischen Massen, die aus diesen durch Druck erzeugt worden sind (Dynamometamorphose).

Die Verlockung, noch länger bei diesem Thema zu verweilen, ist groß. Doch die vorgeschrittene Zeit drängt zum Schlusse.

Mag auch das Bild, das ich über das Werden und Vergehen im Reiche der Steine entworfen habe, nur ein skizzenhaftes sein, es dürfte doch im Stande gewesen sein, in Ihnen, meine hochverehrten Zuhörer, ein Gefühl der Bewunderung zu erregen, der Bewunderung nicht nur über die Herrlichkeiten, welche die anorganische Natur in sich birgt, sondern auch der Bewunderung über die Schaffenskraft des menschlichen Geistes, dem es gelungen ist, uns all' diese Schönheiten, all' diese Wunder zu offenbaren. Innigen Dank müssen wir den kühnen Streitern zollen, die im steten Ringen mit der Natur, durch zähe Ausdauer und nimmermüdes Forschen der Natur ihre Geheimnisse abgelauscht haben, aber nicht minder großen Dank schulden wir den Männern, welche, obwohl sie nicht selbsttätig bei dem Ringen nach Erkenntnis und Wahrheit mitgewirkt haben, jene, die mitten im Kampfe standen, durch materielle und moralische Mittel gestützt und so indirekt zum endlichen Siege beigetragen haben.

Zu den hervorragendsten Förderern der naturwissenschaftlichen Forschung gehört auch jener erlauchte Sprosse aus dem stolzen habsburg-lothringischen Geschlechte, der getreu den Traditionen des Begründers dieser Dynastie, des römisch-deutschen Kaisers Franz I., den naturwissenschaftlichen Studien jederzeit seine besondere Huld zugewendet hat, der selbst ein Freund der Natur „dem Reiche der Natur und seiner Erforschung“ in seiner Residenzstadt einen Palast erbaut hat, wie man seinesgleichen auf Erden nirgends findet. Die

Herzen aller Österreicher schlagen höher, wenn sie ihres geliebten Kaisers gedenken, jenes edlen Monarchen, der auch diesem Kronlande in seiner unbegrenzten Huld und Gnade eine Stätte wissenschaftlicher Forschung geschenkt und sie mit dem Glanze seines Allerhöchsten Namens geziert hat. Ich verleihe gewiß nur einem Herzensbedürfnis aller hier Anwesenden Ausdruck, wenn ich rufe: „Der erlauchte Stifter unserer Alma mater, unser allernädigster Kaiser Franz Joseph I. lebe hoch, hoch, hoch!“

