

Mineralogie einst und jetzt

Rektorsrede
gehalten bei der Stiftungsfeier der Universität
am 21. November 1931

von

D. H. Erdmannsdörffer



Heidelberg 1931
Carl Winters Universitätsbuchhandlung

Wenn am heutigen Tage ein Naturwissenschaftler als Rektor in diesem den Geisteswissenschaften geweihten Hause Ihnen aus seinem Sachgebiete zu reden hat, so ist er doppelt verpflichtet, seine Ausführungen in den Rahmen der Universitas literarum einzuspannen. Über

Mineralogie einst und jetzt

will ich sprechen, sie sei in ihrer historischen Entwicklung, in ihrem Aufgabenkreis und in ihren Beziehungen zu ihren Nachbarwissenschaften Gegenstand meiner Betrachtung.

Jeder Wissenszweig ist in jedem Augenblick nicht nur etwas Gewordenes, sondern auch ein Werdenendes und stellt jeweils einen Querschnitt durch die Erkenntnisse seiner Zeit und deren Deutung dar. Seine Geschichte wird zu einem Teil der Wissenschaft selbst als ein Reflex geistiger Zustände.

Die Wissenschaft, die wir heute Mineralogie nennen, ist jung, kaum 150 Jahre alt. Was uns aus dem Altertum des Abendlandes an Kenntnissen überliefert ist, nimmt seinen Ausgang von der praktischen Bedeutung einzelner Mineralkörper, ihrer Verwendung zur Herstellung von Metallen, Werkzeugen, Schmuck, zu medizinischen und magischen Zwecken. Eine Reihe von Mineralien war bekannt, ging aber zumeist unter Namen, die mit den heute üblichen nicht übereinstimmen. Vieles ist verwechselt, manches Phantastische mischt sich ein, kaum je zeigt sich ein Ansatz zu wissenschaftlicher Betrachtung. Theophrastus hat in seinem Fragment περὶ λίθων etwa 314 v. Chr. die erste Zusammenfassung der damaligen Kenntnisse gegeben.

Was von späteren Werken auf uns gekommen ist, stützt sich vorwiegend auf diesen Autor. Auch für die historia naturalis

Plinius d. J. gilt dies: sie ist im wesentlichen kompilatorisch, durchsetzt mit kritiklos übernommenen Irrtümern und ohne eigene Anschauung¹.

Diese beiden Werke sind es nun hauptsächlich, auf deren Darstellung das meiste von dem beruht, was wir im Mittelalter an Angaben über Mineralien finden. Der blinde Autoritätsglaube an die Weisheit der Alten verhinderte jede neue Erkenntnis. Die wunderwirkenden magischen Eigenschaften gewisser Minerale nehmen in vielen, besonders medizinischen Werken das Interesse fast allein in Anspruch, und selbst in einem Buch aus dem Jahre 1505², das man seiner Tendenz nach heute als einen „Grundriß der Erzlagerstättenlehre“ bezeichnen würde, spielen die geheimnisvollen Beziehungen der irdischen Steine und Metalle zu den Gestirnen eine führende Rolle, Gedankengänge, wie sie z. T. heute in anthroposophischem Gewande eine wunderliche Auferstehung feiern.

Etwas weiter war man im Morgenlande gekommen. Hier wußten die Araber bereits die Dichte zur Mineralbestimmung zu benutzen und erzielten so genaue Resultate, daß wir heute imstande sind, unter den vielfach willkürlichen Bezeichnungen der damaligen Zeit die wahre Natur der untersuchten Substanzen zu erkennen. Und hier treffen wir zum ersten Male den Versuch, die Gesamtheit der bekannten Mineralstoffe zusammenzufassen: Ibn Sina (genannt Avicenna, 973—1048) hat eine Systematik zusammengestellt, die trotz ihrer Primitivität sich noch bis in den Anfang des 19. Jahrhunderts hinein bei europäischen Mineralogen findet.

Von alledem ist in das abendländische Wissen der damaligen Zeit nichts eingegangen. Nur Magisches, vermittelt durch griechische und lateinische Autoren, findet seinen Platz.

In diese muffige Atmosphäre konnte ein frischer Luftzug erst eindringen, als an Stelle rein scholastischer Buchgelehrsamkeit die eigene Beobachtung in der Natur trat. Aufbauend auf den

Befunden der ersten „praktischen Mineralogen“, der Bergleute, hat Georg Agricola 1546 diesen befreienden Schritt getan. Das Sammeln von Mineralien begann eine Rolle zu spielen, man gewann langsam einen Überblick über das Gebiet, wenngleich die stoffliche Seite noch ganz im Banne der Alchemie lag und der Unterschied zwischen Mineral und Gestein noch nicht erkannt war. Selbst die Ammonshörner und andere Versteinerungen wurden als „Verhärtete Wassergebilde“ neben Galmei, Marmor, Kalkstein u. a. aufgeführt.

Saß 100 Jahre später begannen die ersten systematischen Versuche, die sich vor allem an den Namen Linné knüpfen. Die Mineralien als „drittes Naturreich“ wurden wie das Tier- und Pflanzenreich in Klassen, Ordnungen, Geschlechter und Gattungen gegliedert, ein Schema, das wie wir sehen werden, bei den Mineralien notwendigerweise versagen mußte.

Es kam die klassische Zeit Gottlob Abraham Werners, des Begründers und ersten Lehrers der Geognosie und der Mineralogie, die er in erster Linie auf eine möglichst exakte Gliederung der sogen. „äußeren Kennzeichen“ aufbaute, ohne daß seinem klaren Geist die Erkenntnis von der Wichtigkeit der chemischen Zusammensetzung der Mineralien entgangen wäre, wie sie damals durch Klaproth u. a. Forscher in ausgedehntem Maße analytisch festgelegt wurde. „Die Fossilien“, sagt Werner, „müssen bis auf ihre Gattungen herunter nach ihrer Mischung eingeteilt werden.“

Gleichwohl nahm die Mineralogie damals bei vielen Autoren eine seltsame Gestalt an. Ausgehend von der Auffassung, daß das „Mineralreich“ grundsätzlich nur dem Tier- und Pflanzenreich gleich zu stellen sei, wurden seine Produkte, z. T. in Anlehnung an Linnésche Prinzipien, mit dem gelehrten Wust einer binären Nomenklatur belastet: Gips hieß „prismatisches Guflasshaloid“, der Kalkspat wurde in Carbonites eugnosticus, archigonioid, hyperthematicus u. a. gespalten. Diese sogenannte

„naturhistorische“ Betrachtungsweise förderte zwar die Kenntnis der äußeren Eigenschaften der Mineralkörper, sie verhinderte aber, insbesondere von Mohs dogmatisch starr verfolgt, jedes weitere Eindringen in das Wesen der Dinge. Mineralogie wurde in die engen Schranken einer Mineralsystematisierung eingepfercht, die Anwendung chemisch betonter Namen wie Bleiglanz, Kobaltkies wurde geradezu als „nichtmineralogisch“ empfunden. Genetische Gesichtspunkte fehlten ganz, die „Naturgeschichte“ dieser Zeit betrachtete — eine merkwürdige *contradictio in adjecto* — Naturprodukte wie sie sind, nicht wie sie geworden. So gehört nach der Mohsschen Auffassung nichts Chemisches, nichts Geognostisches in die Mineralogie. „Die Gestalt der Buchstaben, nicht das Lesen wurde gelehrt“, so charakterisiert Eduard Sueß die damalige Epoche.

Psychologisch ist diese schroffe Abschließung gerade nach der chemischen Seite hin verständlich aus einem gewissen Selbsterhaltungstrieb heraus. Denn es war kein geringerer als Berzelius, der die Mineralogie schlechthin als einen Teil der Chemie selbst reklamierte. Und jene Sätze von Mohs bezeichnet er nicht ohne Recht als das „Räsonnement eines Menschen, der im Dunkeln tappt und sich weigert, sich einer Leuchte zu bedienen, weil er sonst mehr sieht, als er braucht“. „Die Produkte des Mineralreiches“, so sagt er, „müssen nach dem geordnet werden, was sie sind, und nicht danach, wie sie aussehen“.

Die „naturhistorische“ Richtung hatte sich in eine Sackgasse verlaufen: sie starb an ihrer eigenen Unproduktivität und der inneren Unmöglichkeit ihrer Problemstellung. Aber auch Berzelius schoß über das Ziel hinaus; seine rein chemischen Mineralsysteme, nach den elektropositiven und -negativen Elementen gegliedert, rissen zahlreiche Zusammenhänge innerhalb natürlicher Mineralgruppen auseinander und konnten daher ihrerseits nicht befriedigen. Es fehlte noch die innere Verknüpfung zwischen Stoffbestand und Form der Mineralien.

Die Kenntnis der Gesetzmäßigkeiten in den Gestalten der kristallisierten Mineralien beginnt mit Romé de l'Isle und Haüy. Christian Samuel Weiß und Franz Neumann stellten die Zonengesetze und Kristallsysteme fest und schufen eine exakte geometrische Basis. Hessel führte in seiner Ableitung der 32 Symmetrieklassen das leitende Grundprinzip ein; die Zusammenhänge zwischen physikalischen, insbesondere optischen Erscheinungen und Kristallform wurden von Biot, Brewster und Franz Neumann geklärt.

Bei Werner spielte noch die Kristallform kaum, bei Mohs u. a. nur eine sekundäre Rolle. Während insbesondere Haüy jeder chemisch definierten Substanz nur solche Kristallformen zuschrieb, die sich von einer „Grundform“ ableiteten, lehrten um 1820 die fundamentalen Entdeckungen von Eilhard Mitscherlich die Polymorphie und Isomorphie kennen und legten so den Grund zu einer Chemischen Kristallographie. Gustav Rose faßte dann 1852 die gesamten Erfahrungen in seinem „Kristallochemischen Mineralsystem“ zusammen, das in seiner klaren Übersichtlichkeit und der richtigen Erfassung der Verwandtschaftsverhältnisse der wichtigsten Mineralgruppen nach Form und Inhalt grundlegend war und bis in die Gegenwart hinein in Gebrauch steht.

Mit der Errichtung systematisierender Zusammenstellungen hat die Mineralogie, ähnlich wie andere zunächst rein beschreibende Wissenschaften, einen gewissen Abschluß erreicht. Freilich war das, was hier als „System“ bezeichnet wurde, in allen Fällen ein recht heterogenes Gebilde. Nur die Kristallformen stellen auf der Basis der 32 Klassen wirklich das dar, was man als ein „rationelles System“ bezeichnet, in dem aus einem grundlegenden Prinzip, dem der Symmetrie, die Gesamtheit aller spezifischen Erscheinungen mit logischer Konsequenz abgeleitet werden kann, durchaus analog dem periodischen System der chemischen Elemente: in beiden können die Eigenschaften etwa noch unbekannt-

ter Stufen vorausgesagt werden und sind richtig vorausgesagt worden. Das Symmetrieprinzip führt hierin also viel weiter, als die rein aus morphologischen Einzelerfahrungen abgeleitete Einteilung in die sogenannten Kristallsysteme und vor allem ist es allein imstande, Weg zu weisen in der verwirrenden Sülle der Kristallstrukturen.

Die „Mineralsysteme“ sind hingegen lediglich als Klassifikationen empirischer Einzel Dinge zu bewerten, nach irgendeinem zweckmäßigen, z. B. didaktischen, Prinzip geordnet. Daß ein „System“ der Mineralien in jenem Sinne überhaupt nicht möglich sei, hat schon Groth wiederholt betont.

Eine Weiterentwicklung war in dieser Richtung nicht zu erlangen; wie weit sie auf Grund der Kristallstrukturen zu erreichen sein wird, muß die Zukunft lehren.

Neue Gesichtspunkte und Zusammenhänge ergaben sich aus dem Studium der Paragenesen, der gesetzmäßigen Vergesellschaftung verschiedener Mineralien in Gesteinen und auf den Minerallagerstätten. Auch hier gingen die Beobachtungen zunächst vom Einzelstück in den Sammlungen aus — „Kabinettpetrographie“ nannte Lössen dies Stadium der Gesteinsforschung —, selbst der Begründer der Lehre von den Paragenesen, August Breithaupt, kam, da seine Studien reine Museumsarbeit waren, erst allmählich zu der Erkenntnis von der Wichtigkeit des „geognostischen“ Verhaltens der Mineralien auf ihren Lagerstätten, die schon Goethe und K. C. von Leonhard betont hatten. Die Bedeutung des Fundortes wurde erkannt, die Wichtigkeit der Paragenesen für genetische Momente, für die praktischen Belange des Bergbaus wird betont, der ganz modern anmutende Begriff vom „Haushalt der Mineralien“ tritt auf.

Während um die Jahrhundertwende herum noch die systematische Beschreibung der in berühmten Sammlungen vereinigten Einzelminerale in der Literatur eine große Rolle spielt, treten

nunmehr an ihre Stelle monographische Beschreibungen einzelner Mineralarten und -gruppen, sowie die Bearbeitung regionaler Gebiete und ihrer Mineralführung, mehrfach mit besonderer Betonung auch der geologischen Zusammenhänge.

Solche ergaben sich naturgemäß am ehesten bei den Paragenesen, die als „Gesteine“ bezeichnet werden, und die zuerst auch im wesentlichen nach dem Mineralbestand gegliedert wurden. Hier waren es besonders Karl August Lössen und Harry Rosenbusch, die führend wirkten. Der Lössensche Satz von der Struktur als Trägerin der geologischen Verwandtschaft hat Rosenbusch zuerst zu seiner Dreiteilung der Eruptiva in Tiefen-, Gang- und Ergußgesteine geführt, doch fand er später die tiefere, weil im stofflichen Bestande des Materials begründete Deutung des zunächst mehr intuitiv Geschauten. Die paragenetische Kenntnis der technisch wichtigen mineralischen Rohstoffe entwickelt sich daneben mehr oder weniger selbständig als „Lagerstättenlehre“, der ebenfalls bald die unentbehrliche Betrachtung der geologischen Zusammenhänge genetische Gesichtspunkte und damit neues Leben zuführte.

Sreilich wurde durch die Entwicklung solcher Einzeldisziplinen die Gefahr hervorgerufen, den Überblick über das Ganze mehr, als es gut war, zu verlieren.

Mit der Betonung der Entstehungsgeschichte als eines wesentlichen Momentes für die Erkenntnis der Mineralien und ihrer Paragenesen tritt ein neues und äußerst förderndes Prinzip in die Mineralogie ein. Gewiß hat es auch früher nicht an Deutungsversuchen verschiedener Art gefehlt. Der jahrzehntelang besonders in Deutschland mit großer Erbitterung geführte Kampf zwischen Vulkanisten und Neptunisten umfaßt einen Teil derselben. Aber er verlief im wesentlichen unproduktiv, denn es wurden hier, wie Heinrich Vogelsang³ sagte, „aprioristische Universalhypothesen“ aufgestellt und verteidigt, die

durch direkte Beobachtung nie zu entscheiden waren. Es fehlte die nötige exakte Grundlage.

Hier war es nun das Experiment, das helfend eingriff und die geologisch-mineralogischen Vorgänge auf eine vor allem physikalische und chemische Basis zu stellen suchte. Georg Bischoff machte, wenn auch von einseitigen Gesichtspunkten ausgehend, den ersten ausgedehnten Versuch in Deutschland; in Frankreich war die Mineralsynthese ein vielgepflegtes Gebiet. Doch erst die moderne Entwicklung der physikalischen Chemie vermochte, der genetischen Mineralogie die wichtigsten quantitativen Grundlagen zu schaffen. Durch sie erhalten wir tiefe Einblicke in das Werden in den großen Werkstätten der Natur und können auch da wenigstens Analogieschlüsse ziehen, wo diese Verhältnisse nach dem heutigen Stande der Laboratoriumstechnik noch nicht reproduzierbar sind. Wir gewinnen vor allem die Möglichkeit, die unendliche Mannigfaltigkeit der Mineralwelt, wie sie sich in den genannten Teildisziplinen äußert, zu einem einheitlichen Gesamtbild von großzügiger Perspektive zusammenzufassen, dessen Ausdeutung freilich der geologischen Hilfe niemals entraten kann. Das war der Hauptfehler bei Bischoff. Mineralogie ist keine reine Laboratoriumswissenschaft.

Wenn man mit Vogelsang die Geologie als die Anwendung physikalischer und chemischer Gesetzmäßigkeiten auf den Erdball und seine einzelnen Teile ansieht, so trifft diese Definition gerade die mineralogenetischen Prozesse in erster Linie und zeigt die unauflösbare Verknüpfung von Mineralogie und Geologie. Zwei Arbeitsrichtungen sind es demnach, die sich hier zu einer Gesamtaufgabe vereinigen: Chemie und Physik, und ihre Methoden werden hier, der spezifischen Problemstellung angepaßt, zu mineralogischen Methoden.

Die Gesamtheit aller chemischen Erfahrung innerhalb dieses Gebietes fassen wir heute als Geochemie zusammen, ein Begriff, der meist auf S. W. Clarke in Washington (1908) zurückgeführt

wird, der aber bereits 70 Jahre früher von dem deutschen Chemiker C. S. Schönbein in klarer Erkenntnis seiner wichtigsten Konsequenzen geprägt worden ist⁴.

Während Clarke, ebenso wie Washington, im wesentlichen der Stoffverteilung des Erdkörpers auf Grund von statistischen Analysenzusammenstellungen nachgeht, hat insbesondere D. M. Goldschmidt die tiefer liegenden Ursachen dieser Sonderung aufgehell't. Die Geophysik hat gezeigt, daß unser Planet aus konzentrischen Schalen von zentrifugal abnehmender Dichte aufgebaut ist. Die Verteilung der chemischen Elemente auf diese einzelnen Zonen ist tief in ihrem Atombau begründet: der Kernbau bestimmt nach D. M. Goldschmidt ihre absolute, der Bau der Elektronenhülle die relative Verbreitung, und für die Einzelstoffe, soweit sie kristallisiert sind, ist ihre Atomgröße und -anordnung, die Kristallstruktur maßgebend, insbesondere die von ihr beherrschten Beziehungen der Isomorphie. Die Möglichkeit des Einbaues bestimmter Elemente in verwandte Kristallgitter führt zu gesetzmäßigen Beziehungen im Zusammenauftreten bestimmter Stoffe und Stoffkombinationen, d. h. zu spezifischen Mineralparagenesen, und der Wunsch des alten Breithaupt, „es möchte dereinst die Ausbeute nicht bloß vom Zufall des Findens, vielmehr von den Regeln des Suchens mit abhängen“ hat schon mehrfach erfreuliche Erfüllung gefunden.

Von den Erdschalen zeigt die tiefste, durch metallisches Eisen und verwandte (siderophile) Elemente gekennzeichnete wesentliche Analogien mit den Meteoreisen, die mittlere Zone führt chalkophile Stoffe wie sie in vielen Erzen auftreten, nach D. M. Goldschmidt an Schwefel und Sauerstoff gebunden, die äußerste Schale ist die der steinbildenden (lithophilen) Silikate verschiedenen Dichtegrades; in und auf ihr spielen sich die mineralbildenden Vorgänge ab, die unserer Beobachtung zugänglich sind.

Diese Prozesse, in ihrer Gesamtheit betrachtet, bilden einen weitausgreifenden Kreislauf, der von zahlreichen Teilzyklen

begleitet, zu räumlichen Stoffverschiebungen in großem Maßstabe führt und den man als den Stoffwechsel der Erde bezeichnet hat⁵.

Schmelzflüssige magmatische Massen der Tiefe, durch geotektonische Vorgänge mobilisiert, dringen in höhere Krustenteile oder an die Erdoberfläche, wo sie als Eruptivgesteine erstarren. Während dieser Vorgänge findet eine, zum großen Teil durch die Schwerkraft bedingte Zerlegung in stofflich differente Teile, der Prozeß der magmatischen Differentiation statt, dem die Mannigfaltigkeit dieser Gruppe von Gesteinen zu danken ist. Abscheidungen von Erzmagnen sind besonders extreme Formen.

Sehr wichtig ist die Rolle der im Magma enthaltenen leichtflüchtigen Bestandteile, die je nach den gegebenen Druck-Temperaturbedingungen entweder als vulkanische Gase entweichen können, oder in Gestalt von Restlösungen an jenen Substanzen angereichert erscheinen, die bei der zeitlich vorhergehenden hauptmagmatischen Kristallisation infolge fehlender Isomorphiebeziehungen nicht in deren Gitter eintreten konnten. Die bunte Sülle der pegmatitischen und pneumatolytischen Mineralparagenesen z. B. gewisse Edelssteinvorkommen, zahlreiche Erzlagerstätten, die Vorkommnisse der Seltenen Erden und manche andere verdanken diesen Prozessen ihre Entstehung. Bei sinkender Temperatur gehen diese Abscheidungen in solche hydrothermaler bis hydri scher Art über, die gleichfalls außerordentlich reiche und z. T. technisch bedeutsame Minerallagerstätten liefern. Das Auftreten von Schwermetallverbindungen bis in diese Zonen hinein steht mit seiner zentrifugalen Tendenz im deutlichen Gegensatz zur gravitativen Hauptkonzentration in den tiefen Erdteilen; die Schwerkraft wird durch die Entgasung des Magmas z. T. um ihren Effekt betrogen⁵.

An diesen anogen genannten Teil des Gesamtzyklus schließt sich ein zweiter Akt in den epigenen Mineralbildungsvorgängen an. Sein Ort ist die Erdoberfläche; hier wird das primäre Mate-

rial jenes Teiles, indem es in den Bereich der Atmosphäre gebracht wird, wesentlich veränderten Bedingungen ausgesetzt: Es entstehen die charakteristischen Mineralparagenesen der Verwitterung, und Sedimentation, die 3. T. durch kolloide Natur ausgezeichnet sind und mit den chemischen Vorgängen des organischen Lebens in enger Wechselbeziehung stehen. Vernadsky spricht von einer „Geochemischen Biosphäre“.

Während anogene und epigene Vorgänge zumeist energiezerstreuende Prozesse sind — nur ein Teil der magmatischen Wärme wird vom Nebengestein aufgefangen und veranlaßt in der „Kontaktmetamorphose“ die Bildung neuer und charakteristischer Paragenesen —, wird in einem dritten Hauptast des Gesamtzyklus, dem katogenen, das Material der Oberfläche geotektonisch der Tiefe wieder zu- und in neue energiereichere Phasenkomplexe übergeführt: die metamorphen Paragenesen. Bei Versenkung in große Tiefen können sie in den Bereich hoher Temperaturen gelangen und wieder in den schmelzflüssig magmatischen Zustand übergehen: Der Kreislauf ist geschlossen.

Die Gesamtheit dieser Vorgänge umfaßt alle diejenigen geologischen Prozesse, die zur Bildung von Mineralien führen. In diesen Komplex muß die Mineralogie als in ihren naturgegebenen Nährboden eingefügt werden. Diese Eingliederung führt somit zu einer neuen „naturhistorischen“ Betrachtungsweise, die aber diesen Namen mit größerem Recht führt, als jene über 100 Jahre zurückliegende Richtung, und vor allem: die wesentlich anders fundiert ist; denn das soeben nur in größten Zügen gegebene Bild der natürlichen Vorgänge und Zusammenhänge ist, vielfach schon bis ins Kleinste hinein, unterbaut durch sorgfältigste experimentelle Arbeit. Es sei hier, um nur zwei zu nennen, an die klassischen Untersuchungen van t' Hoff's über die Entstehung der marinen Salzlager und die großzügigen Synthesen des geophysikalischen Laboratoriums in Washington erinnert,

sowie an die gedankenreichen Werke D. M. Goldschmidts und P. Niggli.

Physik und Chemie bilden die exakten Grundlagen dieses Baues. Aber die Abgrenzung der Mineralogie gegen ihre Nachbarwissenschaften hat oft zu Schwierigkeiten geführt. Wir sahen bereits, wie Berzelius sie lediglich als einen Teil der Chemie betrachtete. Goethe witterte sogar eine Gefahr von Seiten der Kristallographie her, die sich in der Mineralogie zum Herrn und Meister machen und sie aufzehren würde. Freilich ist diese Wissenschaft über ihr damaliges Stadium, das Goethe als „mönchisch-hagestolzartig“ empfand, längst zu ungeahnter Aktivität fortgeschritten; aber gerade daraus ergibt sich gelegentlich eine neue, für die Mineralogie nicht unbedenkliche Einstellung: So sieht ein modernes Werk über Kristallstrukturlehre in den Mineralien im wesentlichen nur Objekte, die dem Physiker Gelegenheit zu ihrer wissenschaftlichen Bearbeitung geben⁶.

Wo liegen hier die Grenzen der Kompetenz, was ist spezifisch mineralogisch?

Lassen wir einen Physiker selbst sprechen:

Woldemar Voigt, einer der Klassiker der Kristallphysik, weist darauf hin, daß die Kristallographen an Kalkspatkristallen gegen 120 verschiedener Flächenarten festgestellt hätten und fährt fort: „Für den Kristallphysiker hat diese bunte, fast verwirrende Mannigfaltigkeit nicht die geringste Bedeutung. Kalkspat ist ihm ein Mineral, dessen Substanz durch die Kombination von drei gewissen Symmetrieeigenschaften definiert ist — nichts weiter“.

Was ist nun aber der Kalkspat für den Mineralogen? Gewiß ist auch für ihn jene grundlegende Eigenschaft fundamentale Voraussetzung. Aber schon die den Physiker fast erschreckende Mannigfaltigkeit der äußeren Formen löst sich ihm in eine Gruppierung auf, die weiter weist. Wir wissen, daß bei Kalkspat wie bei anderen Mineralien gewisse Formen und Formkombinationen nicht willkürlich auftreten, sondern gebunden

sind an bestimmte Bildungsbedingungen. Die Kristalltrachten und der Kristallhabitus geben dem Mineralogen Hinweise auf die Art der Entstehung dieser Gebilde und helfen ihm, die Einordnung der Mineralien in den Kreislauf des Naturgeschehens vorzunehmen.

Ein weiteres Beispiel:

Durch zahlreiche höchst sorgfältige Untersuchungen sind wir über die wichtigsten physikalisch-mechanischen Eigenschaften vieler Mineralien genau orientiert: Spaltbarkeit, einfache Schiebung und Translation, Elastizitäts-, Dehnungs- und Kompressionskonstanten u. a. sind von Physikern und Mineralogen bestimmt worden. Physikalisch ist eine derartige Aufgabe im wesentlichen gelöst, wenn diese Größen in ihrer Abhängigkeit von den Symmetriebedingungen der Kristalle festgelegt und wenn sie in ursächlichen Beziehungen zu deren Aufbau aus kleinsten Teilchen, wie Atomen, Elektronen gebracht worden sind. Der Mineraloge, der die Mineralien als Teile des Erdkörpers betrachtet, findet an ihnen sehr häufig die Spuren solcher mechanischer Beanspruchungen. Seine Aufgabe geht nun aber weiter und führt ihn vor das Problem, die Entstehungsbedingungen derartiger Effekte im geologischen Bildungsraum zu rekonstruieren. Hier hat insbesondere Bruno Sander bahnbrechend gewirkt und gezeigt, wie aus der Summation solcher Einzeleffekte Vorgänge von geologischen Ausmaßen entstehen, wie aus dem Verhalten des einzelnen Mineraltorns eine mechanisch fundierte Geotektonik abgeleitet werden kann.

In allen solchen Fällen wird also der einzelne Kristall über das rein Physikalische hinaus zu einem erdhistorischen Dokument.

Gewiß können wir hierbei die Methoden der Physik nicht entbehren. Sie sind vielfach auch gerade von Mineralogen weiter ausgearbeitet und für ihre speziellen Zwecke abgeändert worden. Ich erinnere nur an die Namen Bede, Sedorow und Wülfing. aber ist dies in anderen Gebieten der Naturwissenschaft anders?

Wer wird behaupten wollen, der Botaniker sei nur ein verkappter Physiker, weil er sich des Mikroskops bedient oder weil er Potentialdifferenzen an Einzelzellen mißt?

Das Ausschlaggebende ist nicht die Methodik, sondern der Aufgabenkreis, das Ziel.

Die Physik greift aus der Gesamtheit der primären Erlebniswelt das quantitativ Erfassbare heraus und verarbeitet es im wesentlichen nomothetisch. Auf dieser Basis von geradezu heroischer Konsequenz nimmt sie eine „Verarmung des Weltbildes“ durch Ausschaltung der Sinnesqualitäten bewußt auf sich?

Schon die Chemie stellt einen Komplex höherer Art dar, aufgebaut letzten Endes auf den Grundlagen jener, aber mit eigenen zweckmäßigen Zielstellungen. Und ebenso ist die Mineralogie in ihrer Gesamtheit der Mineralien, Gesteine u. a. Paragenesen zufolge ihrer spezifischen Fragestellung und zweckmäßigen Zusammenfassung der Gesetzmäßigkeiten dieser höheren Einheiten ein ebenso in sich abgeschlossener Aufgabenkreis, wobei es zunächst unwesentlich ist, ob eine „methodische Vorläufigkeit“ bewußt oder zwangsmäßig darin enthalten sei.

Zu dem rein nomothetisch-physikalischen Moment tritt in der Mineralogie das „naturhistorische“ im vorhin genannten Sinne hinzu. Jedes Mineral ist in der Tat ein Buchstabe in dem großen Geschichtswerke, das die Erde sich selbst geschrieben hat, und die Zeit ist vielleicht nicht allzu fern, da eine „historische Mineralogie“ erscheinen wird, in der die stoffliche Entwicklung unseres Planeten auf Grund der Verbreitung und Bildung, des Wanderns, Werdens und Vergehens der Mineralien zu einem einheitlichen Bilde zusammengefaßt wird: Räumlich im engen Anschluß an die Ergebnisse der regionalen Geologie und der die tieferen Teile der Erde erfassenden Geophysik, zeitlich an die Gesamtgeschichte der Erde, und hier gegründet nicht nur auf die relative Zeitbestimmung, wie sie die Paläontologie aus der Entwicklung des organischen Lebens ableitet, sondern auf zahlen-

mäßige Daten, die uns die Zerfallsprozesse der radioaktiven Stoffe liefern.

So verbindet die Mineralogie exakt Quantitatives mit historischem Geschehen, ein Aufgabenkomplex, der, in seiner Art spezifisch, die Berechtigung dieser Disziplin als selbständiger Wissenschaft dokumentiert. Im „Naturgeschichtlichen“ liegen die Wurzeln ihres Wesens, und nur aus der Berührung mit der mütterlichen Erde wird sie antäusgleich die Kräfte für die Erfüllung ihrer großen Aufgaben schöpfen.

Anmerkungen.

¹ Eine gute Darstellung der Mineralogie im Altertum und Mittelalter gibt Karl Mieleitner in „Fortschritte der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie“, Bd. 7, 1922, S. 427.

² H. v. Dechen, Das älteste deutsche Bergwerksbuch. Zeitschrift für Bergrecht XXVI, 1885.

³ Heinrich Vogelsang, Philosophie der Geologie. Bonn 1867.

⁴ C. S. Schönbein, Poggendorfs Annalen 45, 1838, S. 281. „Es muß . . . erst eine vergleichende Geochemie geschaffen werden, ehe die Geognosie zur Geologie werden, und ehe das Geheimnis der Genese unseres Planeten und der ihn konstituierenden unorganischen Massen enthüllt werden kann.“ „Es muß ein Mann kommen, der für die geologische Chemie das ist, was Cuvier für die Anatomie der fossilen und lebenden Tierwelt, was Newton für die Astronomie war.“

Wie seltsam nimmt sich hierneben die Auffassung von Johannes Walther (Bau und Bildung der Erde, Leipzig 1925, S. 330) aus, der eine geologische Chemie für eine „abwegige Abstraktion“ erklärt!

⁵ D. M. Goldschmidt, Videnskapssek. Skr. 1922 M. N. Kl. 11.

⁶ Vgl. auch Johnsen, Nachrichtenblatt für Geologen usw., Nr. 7/8, 1924, wo eine ähnliche Einstellung gegenüber der Mineralogie zitiert wird.

⁷ Th. L. Haering, Philosophie der Naturwissenschaft. München 1923.