Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 10 (1930)

Heft: 2

Artikel: Versuch einer Charakterisierung der mineralogischen Forschung

Autor: Niggli, Paul

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-11635

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Versuch einer Charakterisierung der mineralogischen Forschung[1]

von *Paul Niggli*

Unter den akademisch abgestempelten Wissenschaften nimmt die Mineralogie eine der eigenartigsten Stellungen ein. Vielleicht ist dies noch nie so prägnant in Erscheinung getreten wie in der neuesten Zeit. Wurde einerseits bei Berufungsfragen offensichtlich, dass die verschiedensten Wissenszweige an der Vertretung dieses Faches in hohem Masse interessiert sind, so hat es anderseits nicht an Stimmen gefehlt, die glaubten, eine Selbständigkeit der mineralogischen Wissenschaft verneinen zu müssen. Nach aussen hin scheint es, als ob die Mineralogie in dem System der Wissenschaften sich in einem Knotenpunkt befinde, Teile von ihr gehören in die Grenzbereiche verschiedener Wissensgebiete, und die Frage ist gestattet, ob es notwendig ist, um den vielgestaltigen Berührungspunkt als Zentrum einen neuen selbständigen Wirkungsbereich zu ziehen.

Man glaubt, die Kristallographie sei der Physik und Chemie zuzuordnen, die Lehre von den Mineralien und den Minerallagerstätten der Geologie. Demgegenüber müssen wir betonen, dass eine derartige Aufteilung nicht nur eine Verarmung der Gesamtwissenschaft bedeuten würde, sondern dass schon die Erwägung eines derartigen Vorschlages eine Verkennung des Wesens unserer Wissenschaft bedeutet.

Versuchen wir, die Mineralogie als Ganzes zu umreissen, um ihre Eigenart zu verstehen. Das Studium der Zusammensetzung der Erdrinde führte zu dem Begriff der Kristallart als Einheit. So ist, zum mindesten historisch, die Kristallkunde mit der Mineralogie im engeren Sinne verbunden und die Selbständigkeit unserer Wissenschaft muss, wenn überhaupt, letzten Endes im Wesen des Kristalls begründet sein. Ihre Eigenart, ihre Problematik haben wir aus dem Objekt ihrer Forschung abzuleiten.

[1]) Eine analoge Fragestellung behandelte der Vortrag an der Versammlung der S. N. G. in St. Gallen, September 1930.

Der kristallisierte Zustand der Materie steht als Aggregatzustand dem gasförmigen und flüssigen gegenüber. Wenn diese Form der Aggregierung der Materie in jeder Hinsicht den beiden anderen Formen analog wäre, so würden wir eine Abtrennung des Wissensgebietes kaum verstehen. Anderseits aber dürfen wir jede Kristallart als eine besondere Verbindung im Sinne des Chemikers ansehen, das Reich der Kristalle einer besonderen Klasse von Verbindungen, den Kristallverbindungen, zuordnen.

Allerdings auch diese Beziehung für sich allein würde die Verselbständigung der Mineralogie nicht rechtfertigen, zum mindesten nicht in einem Sinne, der von demjenigen verschieden wäre, der etwa zwischen anorganischer und organischer Chemie besteht. Seine Eigentümlichkeit erhält der kristalline Zustand der Materie durch den Umstand, dass beide Betrachtungen möglich sind, die Individualität einer chemischen Verbindung verknüpft ist mit dem Begriff der zusammenhängenden Materie. Diese Kombination ergibt zwangsläufig das Wirksamwerden neuer Fragestellungen. Die durch den Verbindungstyp gegebene chemische Präzisierung hat bei der Mannigfaltigkeit der chemischen Grundstoffe die Mannigfaltigkeit der Kristallarten zur Folge. Die räumlich vorhandene Unabgeschlossenheit, die jede Zustandsform an sich aufweist, führt im Wettstreit mit der durch die chemische Individualität gegebenen Artbildung zur bereits phänomenologisch erkennbaren Differenzierung. Die Individualität der Elektronen, Atome, Moleküle erschliessen wir aus den Wirkungen, die sie ausüben; ja es scheint zur Zeit, als ob die Frage nach Form und Gestalt der Atome, das heisst ihres Baues, nicht nach den Grundsätzen phänomenologischer Wissenschaften zu lösen ist. Erst im Kristall treten uns Einzelwesen entgegen, die der direkten Betrachtung zugänglich werden. Sie geben Veranlassung, das Problem der Form und Gestalt organisierter Materie so zu behandeln, wie es biologische und geisteswissenschaftliche Disziplinen tun müssen.

Man hat Wissenschaften, in denen die Untersuchung distinkter, für sich wahrnehmbarer Ganzheiten eine grosse Rolle spielt, gerne deskriptive Wissenschaften genannt. Damit wollte man zum Ausdruck bringen, dass eine vollständige Beschreibung der einzelnen Individualität notwendige Voraussetzung für die weitere Forschung ist. Auch hier ist Abstraktion, Vereinfachung, Idealisierung zur Gewinnung erster Gesetzmässigkeiten nötig, im Hintergrund jedoch steht in seiner ganzen Komplikation der Naturgegenstand als Objekt der Forschung.

In diesem Sinne ist und bleibt die Mineralogie eine deskriptive Disziplin, ja sie ist vielleicht unter diesen Wissenszweigen derjenige, der am deutlichsten die Eigenart, die im Grunde allen unter ihnen zukommt, erkennen lässt. Das sei im folgenden dargetan.

Sobald ein gewisses Stadium der Erkenntnis erreicht ist, wird in diesen Naturwissenschaften eine innere Gliederung des Stoffgebietes deutlich.

1. Die Gesamtheit der Untersuchungsgegenstände muss scharf definiert, die Abgrenzung anderen Objekten gegenüber durchgeführt werden. Die Entwicklung der Mineralogie lässt sich aus nachstehenden Sätzen erkennen.

a. Die Mineralien sind die in sich homogenen Bausteine der festen Erdrinde.
b. Der Normalzustand innerhalb der äusseren Erdrinde ist der kristallisierte. Sogenannte kolloidale Mineralien, Gläser u. s. w. entstehen, wenn der Kristallisationsprozess in seinen Anfängen durch äussere Umstände Störungen erfährt.
c. Kristalle sind im Idealfall homogene, anisotrope Körper mikro- bis makroskopischer, endlicher Dimensionen.
d. Ihr innerer Aufbau ist ein regelmässiger. Er lässt eine einfache mathematische Beschreibung zu, wenn wir jeden Kristall als unendlich ausgedehnt ansehen. In Übereinstimmung mit den Beobachtungstatsachen über das Wachstum der Kristalle muss somit die Begrenztheit eines Kristalles, die Heterogenität des Aufbaues der Erdrinde, die Bildung der Kristallindividuen, ihre äussere Form und Gestalt durch die Wechselwirkung innerer und äusserer Umstände erklärt werden.
e. Nur dadurch, dass wir auf Grund mannigfacher Überlegungen und unter Vernachlässigung von phänomenologisch wichtig scheinenden Begriffen ein das Wesentliche enthaltendes Idealbild vom Feinbau der Kristalle schaffen, gelingt es, zur einfachen Definition vorzuschreiten. In Bezug auf gewisse Feinbauelemente gilt dann, dass die Kristalle als reelle homogene Diskontinua statisch beschreibbar sind. Zwar ist der Idealfall in seiner gesamten Einfachheit kaum je verwirklicht, die Abweichungen können indessen als Variationen, Störungen, „Missbildungen“ behandelt und verstanden werden.

2. Ist es auf diese Weise gelungen, von der rein konventionellen Definition zu der, die innere Wesensverwandtschaft zur Darstellung

bringenden Begriffsbestimmung zu gelangen, so ist es die Aufgabe eines weiteren Teiles, die in der Feinstruktur zum Ausdruck kommende Einheit und Mannigfaltigkeit vollständig zu überblicken. Da hiebei von der phänomenologischen Individualität naturnotwendig abgesehen wird, ist dieser, die „Anatomie" der Kristalle umfassende Abschnitt zunächst als Grundlage für die eigentliche Mineralogie zu bewerten. So einfach sich der mathematische Begriff der homogenen Diskontinua gestaltet, so unerschöpflich scheint die mit dieser Raumvorstellung verträgliche innere Variabilität zu sein. Es ist daher notwendig, ein Prinzip aufzusuchen, das eine Klassifikation ermöglicht und das zugleich für die Beurteilung mannigfacher Phänomene von Bedeutung ist.

Als ein derartiges, mathematisch wiederum streng zu behandelndes Prinzip wird gewöhnlich das Symmetrieprinzip in den Vordergrund gestellt. Mit Fug und Recht, sofern man sich bewusst bleibt, dass es sich um eine von vielen Klassifikationsmöglichkeiten handelt. Man kennt den Triumph gruppentheoretischer und analytisch-geometrischer Forschung, die zur Voraussage der gesamten diesbezüglichen Möglichkeiten führte, welche die spätere experimentelle Forschung widerspruchslos benutzen konnte. Noch ist der Abschluss geometrischer Untersuchung homogener Diskontinua nicht erreicht. Sowohl die theoretische Begriffsbestimmung als die für die Praxis der Zuordnung notwendige tabellarische Verarbeitung befinden sich in steter Entwicklung. Ein Korrespondenzprinzip gestattet die Ergebnisse struktureller Forschung auf phänomenologisches Verhalten zu übertragen. So ergibt sich für das zu erläuternde Tatsachenmaterial des Kristallreiches ein auf dem Wesen des idealisierten Feinbaues sich stützendes Rahmenwerk, in das die mineralogische Forschung einzufügen ist.

3. Der an sich unendlichen mathematischen Variabilität innerhalb der strengen Voraussetzungen steht die reelle Variabilität gegenüber. Sie wiederum ist gegenüber der Denkmöglichkeit eines, die Erdrinde umfassenden, einzigen Kristalls als Tatsache zu buchen. Die Kristallchemie, Mineralchemie und, soweit die Erdrinde in Frage kommt, die Geochemie versuchen zu verstehen, warum dem so ist. Die Untersuchungen führen zu einem immer noch die äussere Form ausser Acht lassenden Artbegriff, seiner Variation und seiner Bestimmtheit, und zu dem Begriff der Stabilität. Sie lassen jedoch auch erkennen, dass die Begrenztheit der Mannigfaltigkeit in Beziehung zu setzen ist mit einer vorkristallinen, distinkten Strukturvariabilität, d. h. mit der Gesamtheit der Atomsorten und mit deren

Häufigkeit. Einer Zergliederung des Kristallreiches in Arten parallel geht die Feststellung der Verwandtschaftsverhältnisse. Sie ist in dem Sinne, in welchem wir die Kristalle zunächst betrachten, eine Verwandtschaft der Strukturen. Dieser Teil der Mineralogie zeigt als Chemie der Kristallverbindungen besonders deutlich die Analogie mit der Molekularchemie. Es gilt nach analogen Gesichtspunkten eine distinkte Typengemeinschaft zu ordnen. Die Kenntnis der Einzelheiten ist notwendige Voraussetzung. Dass hiebei die Schranken zwischen natürlichen und künstlichen Kristallen, eigentlichen Mineralien und biogenen Produkten, insbesondere auch Laboratoriumsprodukten, fallen müssen, ist selbstverständlich.

Trotzdem bleibt die naturgegebene, begrenzte Gesamtheit das eigentliche Objekt der Forschung.

4. Ein in der Chemie in der Hauptsache nur indirekt lösbares Problem, das der Beziehungen zwischen Feinbau und physikalisch-mechanischen Eigenschaften, vermag die Kristallographie eingehender zu behandeln, erstens weil wenigstens hinsichtlich der Atomlage eine mehr oder weniger unmittelbare Strukturbestimmung möglich ist und zweitens weil durch die Periodizität des Aufbaues die physikalischen Effekte in jeder Richtung phänomenologisch bestimmbar sind. Dadurch gelingt es, die Zusammenhänge zwischen innerer Konfiguration und äusserlich konstatierbaren Effekten einigermassen klarzustellen. Dass es sich hiemit bereits um den Versuch der Lösung von Aufgaben handelt, die in den biologischen Disziplinen zu den fundamentalen gehören, bedarf keiner näheren Erörterung.

Die Schwenkung von den sogenannten exakten zu den „beschreibenden" Wissenschaften vollzieht jedoch die Mineralogie endgültig, indem sie jeden Kristall auch in räumlichem Sinne als Individuum betrachtet.

5. Es handelt sich in gewisser Weise gleichzeitig um eine Rückkehr zur ursprünglichen Beobachtung. Die die Erdrinde aufbauenden Einzelmineralien, deren strukturelle Verhältnisse durch die soeben skizzierten Kapitel eine Darstellung erfahren, gilt es ja letzten Endes wissenschaftlich zu untersuchen. Bei Zusammenfassung der einzelnen Individuen zu Arten und bei der Charakteristik der jeweiligen Kollektivgegenstände wird man naturgemäss die Ergebnisse der Feinbaustudien zu Hilfe nehmen. Das neue wichtige Problem ist das des Wachstums zu einer endlichen Grösse, und das der äusseren Gestalt und ihrer Beschreibung. Eine Reihe von Beobachtungstatsachen seien nur stichwortartig erwähnt.

Die Gesamtheit der zu den Individuen einer Art gehörigen Gestalten, die sich bei ungehemmtem Wachstum entwickeln, zeigt trotz der inneren Variabilität (Verzerrungen, Trachten, Habitus) eine statistisch deutlich hervortretende Eigenart. Die ebenflächige Umgrenzung ist die elementarste Feststellung, dass das relativ Beharrende die Flächenlage ist; die zweite: Das sogenannte Rationalitätsgesetz, untrennbar verbunden mit Häufigkeitsregeln, führt weiter. Statistische Behandlung, graphische Darstellungen ermöglichen es, die Formvariation einer Art in idealer Weise zu veranschaulichen.

6. Eine ganz besonders reizvolle Aufgabe ist es, äussere Form und innere Struktur miteinander in Beziehung zu setzen. Schon der Vergleich der mathematisch formulierbaren Gesetzmässigkeiten führt zu interessanten Beziehungen. Aber sehr deutlich zeigt sich, wie die einmalige äussere Gestalt ein Produkt zweier Faktoren ist: der gegebenen Struktur und des Milieu. Der Wachstumsvorgang muss somit als solcher und in seiner Beeinflussung durch äussere Umstände genau untersucht werden. Genotyp (Struktur) und Phaenotyp sind nur unter Berücksichtigung dieses Umstandes zu parallelisieren.

7. Bereits durch diese Betrachtung wird deutlich, wie das Mineral nicht von seiner Umwelt losgelöst werden darf. Es ist ein Teil der Erdrinde und steht in natürlichem Verband. Seine Gestalt ist mit den Entstehungsbedingungen verknüpft. Verwachsungen der verschiedensten Art (z. B. Zwillingsbildungen) zeigen uns, wie die Gleichzeitigkeit der Bildung mehrerer Individuen die Einzelgestalt beeinflusst. Aber das eingehende Studium der heterogenen natürlichen Mineralassociationen (Mineralvergesellschaftungen, Mineral-lagerstätten) lässt uns auch in anderer Weise die Bedingtheit des Entstehens einer Kristallart erkennen. Die Lehre von den Mineral-lagerstätten und den Gesteinen (Minerocoenologie) muss daher in besonderem Masse physikalisch-chemische neben topologischen Prinzipien benutzen. Dann lehrt sie uns, durch Experiment und Vergleich und unter Herbeiziehung der geologischen Erkenntnisse, die Prozesse verstehen, die bei der Bildung eines Erdrindenstückes wirksam waren und den Mineralvergesellschaftungen den jeweils vorhandenen, besondern Charakter gaben.

8. Allerdings darf die Untersuchung nicht bei der Charakterisierung der Einzelassociationen stehen bleiben; denn diese treten uns, man denke nur an die Welttypen der Erzlagerstätten oder an die Gesteine, selbst wieder als Ganzheiten entgegen, die ihrerseits in

höherem Verbande stehen. So ist die natürliche Association gewisser Mineralassociationen neues Untersuchungsobjekt. Den bestimmten provinzialen Charakter solcher Lagerstättenvergesellschaftungen bewerten wir als Folge regionalweiter Mineralisierungsprozesse der Erdrinde. Vom Atombau ausgehend, mündet so die Mineralogie in die Geologie, die die Erde als Ganzes und in ihrer Veränderung im Laufe der Zeiten betrachtet.

Überblicken wir diese rohe Skizzierung des Stoffgebietes mineralogischer Forschung, so erkennen wir, dass wohl einzelne Teile enge an andere Wissenschaften anschliessen, dass jedoch alle zusammen wiederum eine ausgesprochene Einheit bilden. Dass die stofflichen Bestandteile der Erdrinde nicht nur aus theoretischem sondern auch aus praktischem Interesse Forschungsobjekte sein müssen, ist selbstverständlich. Genau wie in der Wissenschaft von den Pflanzen und Tieren ergibt sich dann von selbst eine Gliederung, wobei innerer Aufbau, äussere Morphologie, die Beziehungen zwischen beiden und die Lehre von den Vergesellschaftungen einzeln in den Vordergrund zu stellen sind.

Diese methodische Analogie darf für die Probleme des Lebens nicht überschätzt, für die formale Behandlung aber auch nicht unterschätzt werden. Jeder, der sich in die Mineralogie vertieft, weiss, wie viele Begriffe biologischer Wissenschaft, die fälschlicherweise mit dem Nimbus vitalistischer Bedingtheit umgeben werden, bereits in voller Schärfe in der Mineralogie auftreten. Der Biologe, dem es wirklich darum zu tun ist, die Eigenart des Lebens zu erforschen, wird zur Vorbereitung nichts zweckmässigeres tun können, als Wesen und Begriffsbildung der Mineralogie kennen zu lernen.

So steht als in sich geschlossene Wissenschaft die Mineralogie nach Methoden und Problemstellungen zwischen der physikalisch-chemischen, den biologischen und den geologisch-astronomischen Wissenschaften. Sie versucht ein Teilgebiet, in dem das natürliche, der Beobachtung direkt zugängliche Individuum zum ersten Mal deutlich in Erscheinung tritt, vollständig zu behandeln, gestützt auf die Erkenntnisse, die Physik und Chemie gewonnen haben, und bewusst der besonderen Aufgabe, die ihr obliegt, weil höhere Einheiten (Kristalle, Mineralassociationen, Lagerstättenvergesellschaftungen) als Atome und Moleküle Untersuchungsobjekte sind. Wer sich als Mineraloge bewusst ist, dass dieser synthetische Versuch, der sowohl Kenntnis der Natur als auch der theoretischen Grundlagen verlangt, wesentliches Forschungsziel ist, wird zur Physik, Chemie und Geo-

logie die richtige Einstellung gewinnen, die frei ist von Unter- und Überschätzung der eigenen Arbeit.

Würden alle diese Fragen nicht gemeinsam und in engster Beziehung zueinander behandelt, so müsste uns die Kluft zwischen biologischer und anorganischer Wissenschaft grösser erscheinen. Wohl beginnt sich in der Physik immer deutlicher ein Hauptgebiet, die Atomphysik, abzusondern, das bereits eine sogenannte stoffliche und individualisierte Mannigfaltigkeit zum Objekt hat, wohl betrachtet die Chemie als Lehre von den übergeordneten molekularen Einheiten ein weiteres Stadium der Aggregation der Materie, aber vom Atom und Molekül zu den mikroskopisch oder makroskopisch sichtbaren Ganzheiten, Pflanze und Tier, ist ein grosser Schritt.

Erst der Kristall als Individuum, sein Werden, sein Gestaltungsbestreben und seine physikalisch-chemische Bedingtheit vermag als Endprodukt der einen Entwicklungsreihe die Analogie zur lebendigen Individualität wirklich darzutun.

Mineralogie in diesem Sinne bietet bereits dem Lehrer, der in die Naturgeschichte einzuführen hat, viele prachtvolle Beispiele dar. Es ist erstaunlich, wie spärlich auf den Mittelschulen davon Gebrauch gemacht wird. Manche Teile der Mathematik liessen sich durch Heranziehung kristallographischer Aufgaben lebendiger gestalten, gleichzeitig könnte dargetan werden, wie mathematische Gesetze und geometrische Begriffe zur Naturbeschreibung heranzuziehen sind. Die Begriffe der Formenmannigfaltigkeit als Variation, der Abhängigkeit der Gestalt von den Entstehungsbedingungen, der Stabilität, um nur wenige zu nennen, sind an Beispielen der Mineralien am leichtesten zu erläutern. Wenn das bis jetzt vielerorts nicht geschah, so liegt der Grund wohl wesentlich darin, dass lange Zeit die Mineralogie auf der Hochschule nur für das chemische und geologische Studium von Bedeutung erschien, nicht aber für mathematisch-physikalische und biologische Lehrgebiete. Heute hat sich dies glücklicherweise weitgehend geändert; umso mehr muss versucht werden, dass der Mineralogie als Ganzes die Vermittlerrolle erhalten bleibt.

Sie darf nicht in eine für Chemiker, Physiker und Mathematiker scheinbar einzig wichtige Kristallographie und eine auf Geologen und Bergleute zugeschnittene rein deskriptive Mineralienkunde zerfallen. Ihre Aufgabe ist es, durch die Vereinigung beider Betrachtungsweisen bei den exakten Naturwissenschaften den Sinn für die beschreibende Naturgeschichte, bei den anderen den Sinn für die mathematische Behandlung der Naturgegenstände zu wecken. Dann wird, unter Verzicht auf die Mitarbeit an Problemen der nichtklassi-

schen Physik, unter Zurückdrängung der Benutzung umfassender geologischer Hypothesen und Theorien, die Mineralogie das ihr vorgeschriebene, methodisch reizvolle Stoffgebiet zum Nutzen aller behandeln können.

Wie uns ein bestimmter Fleck Erde durch die Fülle der von ihm aus überblickbaren oder im Geiste rekonstruierbaren Einzelheiten wie Land, Meer, Vulkane, gefaltetes Gebirge, gewaltige Baudenkmäler verschiedenster Kulturepochen und geschichtlicher Ereignisse auf einmal ein Gesamtbild der Erd- und Menschheitsgeschichte zu entrollen vermag, so scheint unser Wissensgebiet geeigent zu sein, von den Methoden und Zielen der Naturwissenschaften als Ganzes ein Übersichtsbild zu gewähren. Genau so wie bei dem zum Vergleich herangezogenen Beispiel manche Phänomene anderorts viel eingehender und viel tiefgründiger erforscht werden können, wird auch die Mineralogie viele Arten der Problemstellung nur in einfacher Form vor Augen führen. Aber was sie auszeichnet, ist, dass sie auf beschränktem Raum grösstmögliche methodische Mannigfaltigkeit darzubieten vermag, und dass sie in einem Brennpunkt divergierender Einzelwissenschaften steht.

Manuskript eingegangen: 25. September 1930.