

ERLANGER UNIVERSITÄTSREDEN

Neue Folge — Sonderreihe der „Erlanger Forschungen“

1

---

## Die heutige Stellung der Mineralogie

Rektoratsrede, gehalten bei der Jahresfeier  
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen  
am 4. November 1954

von

Dr. phil. Theodor Ernst  
o. Professor für Mineralogie

Erlangen 1957

Verlag: Universitätsbund Erlangen e. V.  
Auslieferung: Universitätsbibliothek Erlangen  
Druck: Buchdruckerei Karl Döres, Erlangen, Jägerstraße 3

Seit einigen Jahren besteht in Erlangen neben dem Geologischen Institut ein eigenes Mineralogisches Institut, während vorher Geologie und Mineralogie gemeinsam in einem Hause untergebracht waren und abwechselnd ein Ordinarius für Mineralogie oder Geologie die Vorstandschaft über beide Fachdisziplinen ausübte. Der vorliegende Vortrag über die heutige Stellung der Mineralogie möge zeigen, daß diese räumliche und institutionelle Trennung in der fachlichen Auseinanderentwicklung begründet ist, daß in den beiden Fächern mit verschiedenen Methoden gearbeitet wird, und daß daher die Einrichtung der beiden Institute sich grundlegend unterscheidet, daß aber — und diese Feststellung ist wichtig zu betonen — das gemeinsame Ziel, über den Aufbau unseres Erdkörpers Klarheit zu bekommen, von beiden Fachrichtungen mit größtem Nachdruck verfolgt wird. Mir will sogar scheinen, daß gerade durch diese klare Abgrenzung der Aufgaben und durch ihre spezialisierte Arbeitsrichtung die Mineralogie besonders jetzt in der Lage ist, der Geologie eine wichtige Hilfsstellung durch ihre exakten Methoden zu geben. Darüber hinaus hat die Mineralogie mit manchen technischen Verfahren engste Berührung, und ihre Anwendungsgebiete überschneiden sich teilweise auch mit denen der Physik, Chemie und Metallkunde. Der Außenstehende wird wegen dieser Entwicklung in einem mineralogischen Institut oft zahlreiche Ausrüstungen für physikalische oder chemische Untersuchungen sehen und deshalb kaum an ein Institut der Erdwissenschaften erinnert werden, wenn ihm nicht gezeigt wird, daß die Fragestellung hier eine andere ist und bei der Mineralogie der Rohstoff und die räumliche Anordnung der Materie — seine Struktur — im Mittelpunkt steht; die verwendeten Methoden zur Bearbeitung sind lediglich physikalischer oder chemischer Art.

Wie sich der grundlegende Wandel in der mineralogischen Forschung vollzogen hat, darüber soll der Vortrag Aufschluß geben; die speziellen Verhältnisse in Erlangen werden kurz dabei berührt.

Die Anfänge der Mineralogie an unserer Universität reichen weit zurück. Schon lange bevor es ein eigenes Institut gab — schon bald nach der Gründung der Universität im Jahre 1743 —, wurde von Johann Friedrich Weißmann 1748 eine Vorlesung über „Metalle und Minerale“ gehalten, die dem Thema nach eine Breite zeigte, die für die heutige Stellung der Mineralogie bezeichnend ist.

Allerdings fanden diese Vorlesungen im Rahmen der medizinischen Fakultät statt. Wir können im Verlauf der Universitätsgeschichte unserer alma mater verfolgen, daß ständig Vorlesungen über unser engeres Fachgebiet gehalten wurden, so von Heinrich Friedrich Delius, dem Nachfolger von J. Fr. Weißmann, der 1753 seine Vorlesungen begann und u. a. auch Sondervorlesungen aus dem Gebiet der Steine, Erden, Minerale und Petrefakten ankündigte. Erst ein Menschenalter später wurden die naturwissenschaftlichen Fächer von der Medizin getrennt, ein eigenes Naturalienkabinett im Schloß 1825 geschaffen und 1827 durch die Ernennung Carl von Raumer's die erste Professur für Mineralogie in Erlangen innerhalb der philosophischen Fakultät eingerichtet. Ich möchte hier nicht im einzelnen die ganze Geschichte der Mineralogie und Geologie von Erlangen behandeln, sondern Ihnen durch diese Daten nur zeigen, daß früher im Rahmen des naturwissenschaftlichen Studiums die Mineralogie durchaus eine führende Rolle spielte.

Gute Kenntnisse der Mineralogie gehörten im 18. und 19. Jahrhundert zur allgemeinen Bildung. An den Fürstenhöfen entstanden innerhalb der Naturalienkabinette z. T. vorzügliche mineralogische Sammlungen, die, wie etwa in Dresden, auch wissenschaftlich bearbeitet wurden, bildeten doch die mineralischen Rohstoffe z. T. die Grundlage für die wirtschaftliche Entwicklung des Landes. Man kann heute mit einer gewissen Resignation feststellen, daß im Gegensatz dazu jetzt die Allgemeinheit eine erschreckende Unkenntnis in diesen Fragen zeigt, obwohl die Fächer Mineralogie und Geologie in ihrer Bedeutung für die Volkswirtschaft sicher an Bedeutung gewonnen haben.

Für den Fernerstehenden sind die Fächer Mineralogie und Geologie oft schwer auseinanderzuhalten. Wenn vielleicht über das Fach Geologie noch eine einigermaßen zutreffende Vorstellung vorhanden ist, so dürfte das Bild über Mineralogie und mineralogische Forschung doch meistens sehr verschwommen sein. Es entsteht vielleicht das Bild eines Mineralsammlers, der mit viel Verständnis, aber weltfern, sich in seine Sammlungen vertieft, so etwa, wie ihn der Maler Kubin dargestellt hat.

Selbstverständlich ist es Aufgabe der Mineralogie, die Kenntnisse über das Mineralreich zu vermitteln. So ist die Mineralogie wie auch die Geologie Hilfswissenschaft der Bergbaukunde — beide Fächer sind schließlich aus der praktischen Bergbaukunde hervorgegangen. Es gibt auch heute noch Grenzgebiete, bei denen es Auffassungssache ist, ob man sie mehr der Geologie oder der Mineralogie zurechnen will. Da auch mit anderen naturwissenschaftlichen Fächern Überschneidungen bestehen, ist es zunächst notwendig, sich den Nachbarschaftsbeziehungen unseres Faches zuzuwenden.

Das Fach „Mineralogie“ leitet sich ab von dem unverkennbaren Stufenbau unserer Welt, der Einteilung in Mineralreich, Pflanzenreich, Tierreich und Menschheit, entsprechend einer natürlichen Gliederung. Das Wirken des Menschen ist hierbei herausgehoben, und alles das, was der Mensch künstlich schafft, alles Künstliche, wird dem natürlich Gegebenen gegenübergestellt. Nach dieser Einteilung müßte die Grenze der Mineralogie (hier zunächst mit Einschluß der Geologie) festgelegt werden. Sie wäre eine Wissenschaft, die sich mit dem natürlich Entstandenen befaßt, während z. B. die exakten Naturwissenschaften künstliche Erweiterungen des natürlich Vorgegebenen darstellen. In dieser Einengung als reine Naturbeschreibung ist zunächst auch die mineralogische Forschung getrieben worden. Der Mineralogie kam die Aufgabe zu, dieses umfangreiche Mineralreich zu gliedern und in einer Systematik zu erfassen, wie wir es in ähnlicher Weise auch bei den anderen Naturwissenschaften beobachten konnten.

Diese Gliederung kann — das ist sehr bezeichnend — sowohl auf Grund der chemischen wie auch der kristallographischen Eigenschaften vorgenommen werden.

Schon C. Linné versuchte, eine systematische Gliederung in unserem Fach durchzuführen. Dieser Versuch mußte scheitern, weil Linné doch mit der Materie zu wenig vertraut war und seine Begriffsbestimmungen über die äußeren Erscheinungen, die er seiner Einteilung zugrunde legte, zu unscharf waren. So berücksichtigte er für seine Einteilung die äußere Gestalt (wie würfelig, säulenförmig, pyramidal), die Oberfläche (rauh und glatt), die innere Struktur (körnig, faserig, blättrig) und die Härte. Erst im 18. Jahrhundert erkannte man, daß bei den Mineralen chemische Verbindungen vorliegen, doch konnte sich das System, das die chemische Zusammensetzung berücksichtigte, erst durchsetzen, als durch die Zusammenarbeit mit der Chemie die Grundlagen der Mineralchemie geschaffen wurden. Wie schwer noch in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts die Natur der Minerale zu erkennen war, möge an dem Mineralsystem von Abraham Gottlob Werner gezeigt werden, der als bedeutender Lehrer der Mineralogie und Geologie an der Berghochschule in Freiberg wirkte und der mit Recht als der Vater der Mineralogie und Geologie gilt. So werden beispielsweise in dem Kieselgeschlecht wegen ihrer Unlöslichkeit in der 1. Klasse solch verschiedene Minerale wie Diamant = Kohlenstoff, der Quarz =  $\text{SiO}_2$  und eine Gruppe von Silikaten zusammengefaßt, in einer 2. Klasse die Aluminium-Silikate. Es wundert nicht, daß die dem Bergmann nahestehenden Verbindungen der Schwermetalle, also vornehmlich die Erze, am besten bestimmt wurden.

Die großen Fortschritte der Chemie und der Physik gegen Ende des 18. Jahrhunderts beeinflussten die weitere Entwicklung der

Mineralogie in hohem Maße. Nachdem in der mineralogischen Systematik die durch die Chemiker J. J. Berzelius, T. Bergmann und N. H. Klaproth geförderte chemische Richtung gesiegt hatte, brachten die neuen Analysenmethoden der Chemie die Kenntnisse zahlreicher neuer Minerale. Es ist die Zeit wichtiger Entdeckungen neuer Elemente. So konnte beispielsweise N. H. Klaproth, der sich hauptsächlich der Mineralchemie annahm, vier neue Elemente entdecken, eine Leistung, die von den Zeitgenossen als imponierend angesehen wurde.

Um die heutige Stellung der Mineralogie zu verstehen, ist es aber auch notwendig, den Begriff der Form oder der Gestalt der Minerale einzuführen. Wir haben bei der Einteilung der Natur vom Mineralreich als einer der wichtigen Baustufen gesprochen, die nun einer weiteren Unterteilung bedarf. Während sich die Geologie mit der geschichtlichen Entwicklung unserer Erde befaßt und die verschiedenen Gesteine in eine zeitliche Reihe bringt, befaßt sich die Mineralogie und Gesteinskunde mehr mit der stofflichen Ausbildung und der Entstehung der Gesteine und Minerale.

Die systematisierende Gliederung hatte schon bald zu einer Unterscheidung von Mineralen und Gesteinen geführt, wengleich hier durch die mangelnde Entwicklung der Hilfswissenschaften noch enge Grenzen gesetzt waren. So konnte man zu Werners Zeiten beispielsweise nicht den Unterschied von einem Mineral als einem chemisch homogenen und nach dem inneren Aufbau einheitlichen Stoff gegenüber manchen dichten Gesteinen erkennen, z. B. wurden Basaltsäulen als große Kristalle angesehen, von denen wir heute mit Hilfe des Mikroskopes leicht erkennen können, daß hier feinkörnige Gesteine, also Aggregate verschiedener Minerale vorliegen.

Schon längst vor ihrer wissenschaftlichen Bearbeitung war die auffallende Form mancher Minerale, die in Gesteinshohlräumen vorkamen, ein so auffallendes Kennzeichen, daß es nicht nur dem Bergmann auffiel. Das Staunen über die Kristallform, wie diese etwa von manchen Edelsteinen bekannt war, führte dazu, im Mittelalter den Mineralen übernatürliche Eigenschaften zuzuschreiben und sie mit den Gestirnen und dem Makrokosmos in Beziehung zu bringen. So wurden z. B. der Karfunkel, der Adlerstein, der Chrysolith, der Hyazinth und der Bernstein als res solares bezeichnet, die mit der Sonne als wohlwollendem Planet verbunden waren, während die weiße Siegelerde, der Alaun und der Markasit Dinge des Mondes waren und Minerale mit einem Gehalt an Kupfer, Blei, Arsen (besonders die auffallend farbigen Minerale) dem böartigen Saturn zugeschrieben wurden. Auf Grund dieser Zuordnung wundert es nicht, daß man die Verwendung der Minerale zu medizinischen Zwecken empfahl. Vom Hyazinth heißt es, daß er die Kraft habe, das Herz zu stärken

und vor der Pest zu bewahren. Der Saphir sei astringierend, festigend, ein Augenmittel, das gegen Fieber und Melancholie helfe. Diese Minerale wurden teils nach dem damaligen Stand der Chemie präpariert, teils unverarbeitet angewendet.

Obwohl diese unwissenschaftliche Einstellung von einer naturwissenschaftlichen Klärung abhielt, wurde die Bedeutung der Form als spezifisches Kennzeichen doch verhältnismäßig früh erkannt. Es mußte reizen, diese Formen der Kristalle aus den regelmäßigen Euklidischen Polyedern abzuleiten. In Nürnberg war es um die Mitte des 16. Jahrhunderts der Goldschmied W. Jamnitzer, der durch Kombination verschiedener einfacher Formen die in der Natur an den Kristallen vorkommenden Formen zu erklären versuchte.

Es bedeutet einen sehr wichtigen Schritt, daß man nach den Gesetzmäßigkeiten des auffallenden Aufbaues suchte. Die Wissenschaft, die sich mit solchen Fragen befaßt, ist dann nicht mehr nur gliedernd und beschreibend. Wie die Physik und Chemie sucht sie die Fülle der Erscheinungen an den natürlichen Objekten durch möglichst einfache, allgemein gültige Gesetze zu klären.

Bei der großen Verschiedenheit in den Formen selbst eines einzigen Mineralen waren diese Gesetze nur schwer zu erkennen, es hat noch längerer Zeit bedurft, die Ursache dieses eigenartigen kristallinen Aufbaues zu erkennen und die Gesetze auf den inneren Aufbau aus den Bausteinen zurückzuführen. Die Deutung der Grundgesetze der Kristallographie, wie sie schon zu Beginn des vorigen Jahrhunderts vorlagen, führte auf indirektem Wege zum gitterartigen Aufbau der Materie. Die Kristallgittertheorie lag zu Beginn unseres Jahrhunderts in einer inneren Geschlossenheit vor, die uns heute, wo wir den Schlüssel für die Aufklärung in der Hand haben, Bewunderung abnötigt; Bewunderung auch deshalb, weil dies Gebäude nur errichtet werden konnte durch den Überblick aus sehr vieler Kleinarbeit, aus Kristallmessungen ganzer Generationen von Forschern, die für den Einzelnen viel Mühe brachten, und aus denen zunächst nur schwer ein Fortschritt abgelesen werden konnte. Jeder, der heute mit offenen Augen einmal eine Mineralsammlung ansieht und in den Kristallen mehr als ästhetisch anzusehende Gebilde sehen will, wird von der Vielgestaltigkeit der Formen überrascht sein, deren Individualität in der Form das Typische und Gesetzmäßige verschleiert.

Es waren zunächst auch nur Einzelfälle, an denen bestimmte Gesetzmäßigkeiten erkannt wurden, die dann aber den Ausgangspunkt weiterer Forschungen bildeten. Überraschend mag es anmuten, daß schon 1611 J. Kepler die Frage nach der Ursache der kristallinen Form aufwarf und auch die richtige Lösung diskutierte, ohne sich ihr allerdings anzuschließen. Er

widmete seinem Gönner, dem kaiserlichen Hofrat Wackher von Wackenfels, als Neujahrsgabe eine kleine Schrift über die sechseckige Form der Schneeflocken, die er aus der Notwendigkeit des Stoffes zu erklären versuchte, wobei er nach den Vorstellungen neuerer Strukturlehre den Aufbau aus der regelmäßigen Anordnung von Kugelpackungen abzuleiten versuchte. Er verwarf allerdings diese Deutung, da ihm jede atomare Auffassung der Materie völlig fern lag. Diese Frage war zu früh gestellt, die charakteristischen Züge über den Kristallaufbau waren noch nicht erkannt. Erst die Gesetzmäßigkeit etwa über die auffallende Konstanz von Flächenwinkeln, die es gestattete, aus Winkelmessungen einen Stoff bestimmen zu können, manche auffallenden Ähnlichkeiten in der Form bei chemisch ähnlichen Substanzen, wie etwa bei Arsenaten und Phosphaten, und vor allem charakteristische Eigenschaften, etwa die Spaltbarkeit oder das elektrische oder optische Verhalten, ermöglichten Aussagen über das Wesen der Kristalle.

Man kann diese vielfältigen physikalischen Eigenschaften der kristallinen Materie neben der chemischen Zusammensetzung ebenfalls für eine Gliederung des Stoffbestandes benutzen, die die Grundprinzipien des Aufbaues der Kristalle vielleicht besser erkennen läßt als eine Zusammenstellung nach chemischen Gesichtspunkten. Man wird sich also fachfremder (physikalischer) Methoden bedienen müssen, um diese Arbeiten durchzuführen und wird trotzdem von mineralogischen Arbeitsverfahren sprechen. Manche dieser physikalischen Methoden sind auch nicht vom Physiker, sondern erst vom Mineralogen in einer Vollkommenheit entwickelt worden, in die der Fachphysiker selbst sich heute nur schwer einzuarbeiten vermag.

Trotz dieser Hereinnahme fachfremder Methoden kann man die Frage nach der Zuständigkeit mineralogischer Forschung etwa wie folgt umreißen:

Kenntnis der natürlich auftretenden Verbindungen, also der Minerale, die wir für unser Wirtschaftsleben gebrauchen, Ermittlung ihrer Zusammensetzung und ihrer Eigenschaften, der Entstehungsbedingungen, ihrer Vergesellschaftungen, der örtlichen Verteilung im allgemeinen und im speziellen, und damit

Beherrschung aller physikalischen, chemischen und sonstigen Methoden, die zur Ermittlung der Daten notwendig sind.

Man wird mit der Weiterentwicklung der Forschung aber erkennen, daß diese so skizzierten Grenzen zu eng angesetzt sind.

Diese Aufgabe der mineralogischen Forschung wurde bei der praktischen Bedeutung von Mineralogie und Petrographie verhältnismäßig früh erkannt. Der Gebildete der Zeit vor 100–150 Jahren beschäftigte sich mit den fachlichen Fragen und hatte

nicht nur eine gut fundierte Mineralkenntnis. Allgemein ist der Sammeleifer von J. W. von Goethe bekannt, schon weniger, daß er sich sogar weitgehend mit den Streitfällen unseres Faches befaßte und wir Gedankengänge bei ihm finden, die uns heute durchaus aktuell anmuten, wie etwa die scherzhafte Kritik über die Ansichten der Granitentstehung in der Abwägung über die Altersstellung von Gneis und Granit. Ebenso hat A. von Humboldt sich nicht nur mit geologischen Fragen auseinandergesetzt, sondern auch Minerale gesammelt, die heute z. T. noch vorhanden sind, und sich Gedanken über ihre Entstehung gemacht.

Das Suchen nach neuen mineralischen Rohstoffen auf Grund moderner Ansichten über die Entstehung bildet auch heute noch einen Hauptpunkt unserer Arbeit. Die leichter zugänglichen Mineralquellen sind erschöpft, besonders in den alten Kulturländern, aber die Technik erfordert in immer größerem Umfang den Nachweis neuer Lagerstätten und zwar auch Lagerstätten sehr ausgefallener Elemente, von denen der Laie kaum den Namen kennt. Die moderne Stahl- und Legierungskunde benötigt für Sonderzwecke nicht nur die bekannten Schwermetalle Eisen, Kupfer, Blei, Zinn und Zink, sondern verlangt die Aufspürung etwa von Titan, Vanadium, Molybdän, Wolfram, Beryllium, Chrom, Indium, Germanium, die oft in der Natur nur in sehr geringen Mengen vorkommen. Es wird daher die Beherrschung all der Methoden verlangt, die notwendig sind, um diese Elemente mit genügender Schnelligkeit zu finden. Um mit Erfolg eine solche Aufgabe zu lösen, muß man die Entstehungsbedingungen für diese natürlichen Vorkommen kennen. Trotzdem man durch bestimmte Ansichten über die Gesteins- und Mineralentstehung sich dieses Suchen erleichtern kann, wird es trotzdem nötig sein, daß in einer großen Zahl natürlicher Vorkommen nach solchen Elementen gesucht wird. Alle erdenklichen Gesteine und mineralischen Bildungen wurden so untersucht, auch weiterhin die technischen Abfallprodukte, wie etwa Aschen, um so die Neigung des Elementes zu entdecken, sich in bestimmten Umsetzungen anzureichern. Die Erdentstehung selbst wird betrachtet als ein ungeheuer großer chemischer Prozeß; es ist die Aufgabe der Geochemie, die Wege der Sonderung und Abtrennung in diesem geochemischen und geologischen Prozeß zu erkennen, um Ratschläge für ein vereinfachtes Suchen nach seltenen Elementen geben zu können. Es liegt auf der Hand, daß diese Erkundungen sich im Endeffekt irgendwie in der technischen Rohstoffbeschaffung auswirken werden. Die eigentliche Lagerstättenlehre braucht hier nur gestreift zu werden. Von ihrer Bedeutung wird auch der dem Fache Fernerstehende am leichtesten zu überzeugen sein, wenn er an die komplizierte Entwicklung unserer ganzen Metallkunde denkt. Diese Lagerstättenlehre kann aber auch nur im größeren Rah-

men der Gesteinsentstehung verstanden und mit Erfolg ausgebaut werden.

Das bisher entworfene Bild über den Rahmen mineralogischer Forschung — im wesentlichen Kenntnis des mineralogischen Rohstoffes einschließlich der Vorstellungen über seine Bildung — ist aber zu eng gewählt. Es ist aus der allgemeinen Entwicklung der Naturwissenschaften leicht einzusehen, daß das Fach bei dieser aufgeführten Problemstellung nicht bei dem natürlichen Material stehen bleiben konnte. Man wird die Ansichten über die Gesteins- und Mineralentstehung dadurch unterbauen, daß man versucht, diese Stoffe mit bestimmter chemischer Zusammensetzung auch synthetisch darzustellen. Es erscheint abwegig, wollte man hier das Arbeitsgebiet nur auf die Minerale beschränken. Man muß die Gesetze der Mineralbildung allgemein kennen lernen und wird daher zunächst diese Ermittlungen an einfachen Stoffen anstellen, auch wenn sie streng nicht mehr zum Mineralreich gehören. Diese Erweiterung auf nicht-mineralische Stoffe ist auch deshalb gegeben, weil die Herstellung großer Kristalle, die Erforschung des Wachsens und der Auflösung notwendige Voraussetzungen sind, damit man die Eigenschaften an Kristallen messen kann. Dieses erweiterte Gebiet der Mineralsynthese wird seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts betrieben und als ein entscheidendes Experiment angesehen, um bestimmte genetische Schlüsse über die Mineralentstehung zu stützen oder zu Fall zu bringen.

So hat uns eigentlich das tätige Leben mit seinen vielfachen Anforderungen die Aufgaben diktiert. Die für diese praktischen Fälle entwickelten Methoden sind für die speziellen Fälle weiterentwickelt worden. Das möge an einer der wichtigsten Untersuchungsmethoden, nämlich der kristalloptischen, kurz gezeigt werden. Die Entwicklung der Kristalloptik ist in weitem Maße eine Schöpfung der Physiker. Im Rahmen der Gesamtphysik spielt aber die Kristalloptik nur noch die Rolle eines glänzenden Beispiels einer wohlausgewogenen, in sich abgeschlossenen Theorie. Für die Mineralogie wurde sie aber die Grundlage ergiebigster Untersuchungsverfahren, die bis in die neueste Zeit immer mehr verfeinert wurden.

Es ist in diesem Rahmen unmöglich, auf die physikalischen Grundlagen einzugehen. Die Erscheinungen hängen damit zusammen, daß die Lichtausbreitung im Kristall, der also einen Baustein der festen Materie darstellt, viel verwickelter ist als in den wenigen festen, nichtkristallisierten Stoffen wie etwa im Glas. Die Besonderheit dieser Erscheinungen bringt es mit sich, daß die Zahl der diagnostischen Bestimmungsstücke sich um so mehr vergrößert, je niedriger symmetrisch der Stoff ist, und das liegt im allgemeinen dann vor, wenn die chemische Zusammensetzung komplizierter wird. Man kann daher an solchen Kristal-

len sehr viel mehr selbständige Feststellungen machen als etwa an einem Glas, wodurch die Sicherheit der Bestimmungen vergrößert wird. Von besonders großem Vorteil ist es dabei, daß wir zur Bestimmung oft nur außerordentlich kleine Substanzmengen benötigen, um mit absoluter Sicherheit nicht nur die chemische Zusammensetzung, sondern auch den Kristallaufbau angeben und damit die Eigenschaften im allgemeinen charakterisieren zu können. Unter Umständen kann so an einem geringen Bruchteil von einem mg, also etwa  $\frac{1}{100\,000}$  g, ein toxischer Stoff sicher bestimmt werden.

Dieses Beispiel macht deutlich, daß hier die mineralogische Forschung schon in Gebiete eingreift, die dem Namen nach gar nichts mehr mit dem Begriff „Mineralogie“ im üblichen Sinne zu tun haben, aber auf Grund der speziellen Arbeitsverfahren trotzdem zu unserem Fache gehören. So kann die kristalloptische Methode vom organischen Chemiker mit Vorteil dazu benutzt werden, um neu hergestellte synthetische Produkte mit isolierten natürlichen Verbindungen zu vergleichen, um die vermutete Identität festzustellen. Ein weiterer großer Vorteil dieser Methode ist der Umstand, daß zum Nachweis dieser Stoffe nicht wie bei manchen anderen Verfahren der gesuchte Stoff von den Verunreinigungen zu trennen ist, sondern innerhalb der anders zusammengesetzten Umgebung bestimmt werden kann.

Dieser Vorteil wird besonders in der mikroskopischen Gesteinsbestimmung ausgenutzt, bei der die verschiedenen Mineralbestandteile, die das Gestein zusammensetzen, bestimmt werden müssen. Im gleichen Umfang dienen die Methoden aber auch zur Bestimmung der Kristallarten, die in den keramischen Massen vorkommen. Hier bürgern sie sich in immer steigendem Maße für die Untersuchung keramischer Sondermassen ein, weil die Eigenschaften dieser Produkte, z. B. von Elektroporzellan oder anderer Elektrokeramik, von den Einzelkomponenten abhängen, die diese Spezialmassen zusammensetzen. Es wird nun keineswegs verlangt, daß die Nachbarwissenschaften diese Methoden so beherrschen, um in den schwierigen Fällen die Bestimmungen selbst auszuführen. Es würde sicher aber die Arbeit mancher Nachbarwissenschaften erleichtern, wenn wenigstens das Vorhandensein dieser Methoden mehr bekannt wäre.

Es mag hier mit einigen Worten wenigstens auf das Instrumentarium eingegangen werden, das für diese Untersuchungen notwendig ist. Das Hauptinstrument ist das Polarisationsmikroskop, das sich vom normalen histologischen Mikroskop, wie es die Biologen und Mediziner verwenden, dadurch unterscheidet, daß es keineswegs nur der Vergrößerung dient, sondern durch Nebensysteme, vor allen Dingen durch die Verwendung polarisierten Lichtes, zur Ermittlung der verschiedensten Materialkonstanten dient. So können bei chemisch kompliziert zusammen-

gesetzten Verbindungen bis etwa 10 voneinander unabhängige Konstanten bestimmt werden, die damit eine Identifizierung erlauben, wie sie im allgemeinen bei anderen Methoden mit dieser Genauigkeit nicht möglich ist.

Ursprünglich konnte dieses Mikroskop nur zur Untersuchung durchsichtiger Minerale hinzugezogen werden. Dabei bezieht sich das Wort „durchsichtig“ auf die Eigenschaft sehr dünner Präparate, wie sie auch von makroskopisch schwarzen Gesteinen oder von keramischen Massen durch Dünnschleifen des Präparates bis auf 0,02 bis 0,03 mm hergestellt werden können.

Mit der Zeit wurden aber auch Auflichtmikroskope zur Untersuchung polierter Anschliffe undurchsichtiger Stoffe, wie Metalle, Erze und Kohlen, entwickelt. Daraus ergaben sich weitere Bereiche der Anwendung dieser kristalloptischen Methode. Insbesondere bildete sich durch Übernahme petrographischer Praktiken ein für die Praxis bedeutsames Sonderfach, die Metallographie. In ähnlicher Weise ist die Kohlenmikroskopie entwickelt worden, die nicht nur für wissenschaftliche genetische Fragen herangezogen wird, sondern auch zur laufenden Prüfung des Fördergutes auf Eignung für Sonderzwecke.

Bislang dachten wir bei diesen Untersuchungen an kristalline feste Stoffe, wie etwa natürliche Gesteine, Klinker, Mörtel, keramische Massen, Hochofenschlacken, Entglasungsprodukte u. a. m., doch sind sie mit Vorteil auch für Gemenge lockerer Kristallaggregate verwendbar, etwa zur Untersuchung chemischer Niederschläge aller Art oder lockerer keramischer Rohstoffe. Vor allen Dingen können in sehr eleganter Weise chemische Reaktionen oder Änderungen im festen kristallinen Zustand verfolgt werden. Das sind Aufgaben, wie sie besonders von der Metallkunde und der Keramik gestellt werden.

Leider ist der Anwendung der Lichtmikroskopie auf feinkörnige Produkte eine Grenze gesetzt. Bei den modernen Phasenkontrastverfahren sind die aus der Theorie ableitbaren Möglichkeiten bis aufs äußerste ausgenutzt. Besonders für die mineralogische Untersuchung der Tonminerale scheint diese letzte Anwendung der Lichtmikroskopie große Bedeutung zu erlangen, sodaß auch an diesen feinsten, meist nur etwa  $\frac{1}{1000}$  mm großen Kriställchen noch optische Konstanten, nämlich die Brechungsquotienten mit großer Genauigkeit feststellbar sind. Leider liegen oft in diesen den Techniker sehr interessierenden keramischen Massen so kleine Teilchen vor, daß sie sich auch mit dieser Methode nicht mehr erfassen lassen.

Soweit es sich um reine Vergrößerungen handelt, kann man mit dem Elektronenmikroskop weiterkommen. Die Hoffnung auf diese Methode war für unser Fach zunächst nicht weit gespannt, denn man war und ist bis heute noch auf Präparate ganz beson-

derer Art angewiesen. In letzter Zeit hat sich gezeigt, daß mit dieser Methode sich besonders gut qualitative und quantitative Bestimmungen an Tonmineralgemischen durchführen lassen.

Nicht berücksichtigt habe ich bisher alle Arbeitsverfahren, die mit der röntgenographischen Strukturbestimmung zusammenhängen und die jetzt gesondert behandelt werden sollen. Allerdings handelt es sich hier nicht mehr um Abbildungsprobleme, sondern um Interferenzerscheinungen der Röntgenwellen, die einen gitterartig aufgebauten Kristall treffen.

Am Anfang unseres Jahrhunderts hatte sich die kristallographische Forschung z. T. auf sehr akademische Fragen eingestellt, die keine Bedeutung für praktische Anwendungen zu haben schienen. Das theoretische Gebäude über den Kristallgitteraufbau war immer mehr verfeinert worden, war aber trotz seiner inneren Geschlossenheit nur eine Theorie. Wir müssen daher das Jahr 1912 mit Recht als einen Markstein in der Geschichte auch unseres Faches ansehen, als es dem Physiker Max von Laue mit seinen Mitarbeitern gelang, den gitterhaften Aufbau der festen kristallisierten Materie experimentell sicher zu stellen. Jetzt war bewiesen, daß in den Kristallen, d. h. ganz allgemein in der festen Materie (von den wenigen nicht kristallisierten Ausnahmen abgesehen), eine streng gesetzmäßige Anordnung der die Kristalle aufbauenden Teilchen vorlag. Die Teilchen sind entweder Atome oder Ionen, d. h. elektrisch geladene Atome oder auch Moleküle selbst, die in bestimmten Baumustern angeordnet sind, die in ständiger Wiederholung wiederkehren. Jetzt war der Schlüssel gefunden, um die Vielgestaltigkeit der Form zu erklären, jetzt konnte man nicht nur verstehen, warum die physikalischen Eigenschaften der Kristalle so eigenartig waren und mit der Richtung verschiedene meßbare Größen ergaben, jetzt wurde, je mehr Forschungsergebnisse vorlagen, auch geklärt, warum bei den verschiedenen chemischen Verbindungen bestimmte Anordnungen bevorzugt wiederkehrten oder im Gegensatz dazu sich manche bekannte Anordnungen bei bestimmten Verbindungen nicht nachweisen ließen. Es bahnte sich seit dem Jahre 1912 eine immer schnellere Entwicklung an, an der die verschiedenen Forschungsrichtungen je nach ihrer Aufgabenstellung einen verschiedenen Anteil hatten. Wir können mit Befriedigung feststellen, daß unter den führenden Forschern auf diesem Gebiet sich nicht wenige Mineralogen finden.

Wir kennen heute von rund 6000 Substanzen, anorganischen wie organischen, den kristallinen Aufbau, wissen, wie die Atome im Prinzip angeordnet sind, kennen also das räumliche Baupattern, wissen aber weiter mit großer Genauigkeit, wie weit die Abstände der Mittelpunkte der Atome oder Ionen voneinander entfernt sind. Die Gittertheorie hatte schon einen Anhalt gegeben, in welcher Größenordnung die Abstände der Atome zu su-

chen seien. Wir können heute mit verhältnismäßig einfachen Mitteln diese Abstände messen und die Voraussagen bestätigen. Und zwar sind diese Entfernungen von einem Atommittelpunkt bis zum nächsten einige wenige sog. Angströmeinheiten ( $10^{-8}$  cm), d. h. etwa  $1/100000000$  cm. Diese Entfernungen können heute trotz der unvorstellbar geringen Abstände mit einer Genauigkeit von 0,01% leicht gemessen werden. Es ist nicht einfach, hier in größerer Öffentlichkeit das Prinzip dieser Erscheinungen zu erklären. Die Anwendung der Röntgenstrahlen, die wir für die Bestimmung verwenden, ist hier ganz anders als etwa im medizinischen Bereich, in dem die verschiedene Absorption der Materie für ein direktes Schattenbild ausgenutzt wird. Hier handelt es sich um Interferenzerscheinungen, die nach der photographischen Aufnahmetechnik zunächst nur zu sehr schlichten Effekten führen — nämlich zu Punkten oder Strichen in bestimmter Anordnung —, die dann durch komplizierte Rechenverfahren ausgewertet werden müssen. Diese Aufgaben sind heute ohne die Hilfe moderner Rechenmaschinen kaum zu lösen — man muß voll Staunen feststellen, wie nach 1912 von allen Zweigen der Naturwissenschaft die neue Aufgabe aufgegriffen und gelöst wurde, sodaß jetzt die grundlegenden Prinzipien über den Kristallaufbau bekannt sind. Heute gehört zur selbstverständlichen Ausrüstung in jedes physikalische, chemische und mineralogische Institut eine Röntgenapparatur, ein Röntgenfeinstrukturgerät.

Die röntgenographischen Verfahren haben in mehrfacher Beziehung revolutionierend für unser Fach gewirkt. Zunächst waren es kristallchemische Fragen, d. h. es wurde geklärt, warum sich bestimmte Verbindungen in bestimmten Kristallstrukturen bildeten. Waren es in den ersten Jahren dieser neuen Entwicklung zunächst einfach zusammengesetzte Körper, die man untersuchte, so lernte man jedoch recht bald, den Aufbau sehr komplizierter Verbindungen, wie etwa der Silikate, die zum großen Teil unseren Erdball aufbauen, oder von komplizierten organischen Verbindungen zu erforschen. Vor Anwendung der röntgenographischen Forschung stand man in der Deutung der komplizierten Silikatverbindungen vor unüberwindlichen Schwierigkeiten, weil bei den sog. Mischkristallen Elemente durch andere ersetzt werden, obwohl keine Ähnlichkeit im chemischen Verhalten vorliegt. Auf Grund der röntgenographischen Forschung wurde offensichtlich, daß es sehr auf die Größe der Bausteine ankommt und außerdem auf einen weiteren Begriff, den wir heute als chemische Bindung bezeichnen. Jetzt wurde das Prinzip über den Aufbau der chemisch komplizierten Silikatverbindungen geklärt und konnte in ein äußerst einfaches und klares System gebracht werden. So ging es auch mit anderen chemischen Verbindungen. Wir fassen diese ganze Forschungsrichtung als Kristallchemie zusammen.

Man spricht heute aber auch von einer Kristallphysik, manchmal unschöner auch von einer Festkörperphysik, obwohl man die kristallisierte feste Materie meint. Man wußte schon vor der Entdeckung von M. v. Laue, daß die Eigenschaften der Kristalle vom jeweiligen Aufbau abhängen. Jetzt, nach Kenntnis des speziellen Gitterbaues, konnten die Eigenschaften, die Härte, die Spaltbarkeit, die Verformbarkeit, die optischen und elektrischen Eigenschaften, die Wärmeleitfähigkeit, die verschiedene Ausdehnung, das elastische Verhalten mit der Struktur in Beziehung gebracht werden und z. T. in ihrem zahlenmäßigen Verhalten von dem Strukturaufbau abgeleitet werden. Auf Grund dieser Beziehungen wird es klar, warum die gesamte Naturwissenschaft so lebhaften Anteil an dieser Forschungsrichtung genommen hat und noch ständig nimmt.

Neben den prinzipiell wichtigen Strukturarbeiten, deren Ziel es ist, den Strukturaufbau neuer Verbindungen zu bestimmen, haben die röntgenographischen Verfahren vor allem auch diagnostische Bedeutung, vor allem auch deshalb, weil sie sich auf beliebig fein verteilte Stoffe anwenden lassen. Den einzelnen Kristallarten kommen jeweils charakteristische Beugungsbilder zu, aus denen sich dann gewisse Meßzahlen ableiten lassen. Dies ist auch dann möglich, wenn die Proben als ultrafeines Kristallmehl vorliegen. Erst wenn man zu Korngrößen heruntergeht, die sich atomaren Größenordnungen nähern, werden die Aussagen schließlich verschwommen. Heute existieren ausführliche Tabellenwerke oder Lochkarteien, welche die Daten aller bisher untersuchten Verbindungen enthalten. Sie werden laufend ergänzt. Man kann daher an kleinsten Mengen, z. B. abgeschabten Proben von Oberflächen, z. B. der Patina eines Metalles, oder an Schlackeneinschlüssen in Legierungen, von denen z. B. Korrosionen ausgehen können, oder an feinsten Ausblühungen oder Verwitterungen eines Gesteines rein durch Vergleich die beteiligten Kristallarten bestimmen.

Um die Wandlungen gegenüber den früheren Methoden zu zeigen, soll hier wieder das Beispiel der Tone herangezogen werden. Die Tone sind sehr feinkörnige Lockersedimente, die wir in weiter Verbreitung in der Natur finden. Sie bilden bei bestimmten Zusammensetzungen die Basis für die vielseitigen keramischen Wirtschaftszweige, die besonders für Bayern eine große Bedeutung besitzen; wir finden Tonminerale in den Bleicherden, Fullererden und Bentoniten, die ebenfalls große technische Bedeutung haben, z. B. bei den Bentoniten für die Spülflüssigkeit in Tiefbohrungen. Außerdem haben die Tonminerale für die Bodenkunde größte Bedeutung, denn die Eigenschaften der Böden, ihre Wasserbindungsfähigkeit und ihr Verhalten gegenüber dem Kunstdünger hängen vom Gehalt an bestimmten Tonmineralen ab. Früher hat sich die Technik bei der Beurteilung der Tone als Rohstoff redlich abgequält. Alle möglichen Probiervverfahren soll-

ten Auskunft über die Zusammensetzung und Eignung geben. Im Grunde tappte man jedoch immer im Dunkeln. Die chemische Analyse ist erstaunlich nichtssagend — die meisten Tone enthalten die gleichen chemischen Elemente und z. T. auch noch weitgehend im gleichen Anteil —, und doch gibt es unter ihnen gewaltige Unterschiede im physikalischen und technologischen Verhalten. Heute hat man nun das Rüstzeug, welches grundsätzlich erlaubt, in diesen komplizierten Mineralgemischen wenigstens die Hauptkomponenten zu ermitteln. Selbst für solche speziellen technischen Fragen, ob sich ein bestimmter Ziegeleiton besser für Dachpfannen oder Ziegel eignet, haben sich die Methoden heute schon eingeführt. In weit größerem Umfang gilt dies für die Rohstoffe für keramische Sondermassen. Es muß allerdings erwähnt werden, daß man für die Klärung dieser Fragen nicht nur die röntgenographischen Verfahren anwendet, sondern auch für diesen Zweck andere hochgezüchtete mineralogische Untersuchungsverfahren zur Verfügung hat.

In der Ausführung sind diese Untersuchungen nun durchaus nicht so einfach, daß man sie ohne weiteres in die rauhe Betriebspraxis z. B. einer Ziegelei bringen könnte. Auch erfordern diese Verfahren wegen der großen Ähnlichkeit der Diagramme der Tonminerale eine langwierige Vorbereitungsarbeit, damit überhaupt diese Untersuchungen möglich werden. Gerade in den Jahren nach dem letzten Kriege hat man durch intensive Zusammenarbeit eine große Vertiefung der Kenntnisse erreicht. Jetzt ist man bestrebt, diese Methoden noch empfindlicher und einfacher in der Handhabung zu machen.

Das, was hier für die Tone gilt, kann auch auf andere Gebiete angewendet werden. Vor allem hat die chemische Forschung die verfeinerten Methoden für die Untersuchung feinkristalliner Niederschläge herangezogen, deren kristalliner Aufbau früher nur ungenau aus anderen Eigenschaften erschlossen werden konnte. Für die Verwendung mancher chemischer Präparate ist dieser Aufbau wichtig, weil beispielsweise bei gleicher chemischer Zusammensetzung die Verwendungsmöglichkeiten für solche Stoffe mit verschiedenem Aufbau sich in sehr auffallendem Maße unterscheiden können. Es gibt, um ein Beispiel zu nennen, Oxyde, deren eine Modifikation sich leicht in einem Glasschmelzfluß löst, während die andere praktisch dafür nicht verwendbar ist.

So hat sich auch auf anderen Gebieten gezeigt, daß oft nur sehr geringe Änderungen im Strukturaufbau für sehr auffallende Änderungen im technologischen Verhalten verantwortlich zu machen sind. Jedermann kennt z. B. die Beeinflussung von Stahl durch Erhitzen und Abschrecken. Hier liegen feine Veränderungen im Kristallgefüge vor, die wir röntgenographisch oder auch mikroskopisch feststellen können. Hierher gehören auch die un-

verhältnismäßig starken Auswirkungen allerfeinster chemischer Verunreinigungen. Des weiteren sind Veränderungen im Kristallgefüge zu beachten, die durch den Bearbeitungsprozeß der Materie aufgezwungen werden, etwa durch Walzen, Hämmern, Ziehen und Pressen; die kristallinen Stoffe erleiden Veränderungen, die sich auch in ihren Eigenschaften und im röntgenographischen Verhalten kundtun. So gibt z. B. ein Metall, das durch solche Verfahren bearbeitet worden ist, ein anderes Röntgendiagramm als ein unbearbeitetes. In der Auswirkung ist es auf diesem nicht mehr eigentlich mineralogischen Gebiet durch Röntgenuntersuchungen möglich, die elastischen Spannungen, unter denen ein Werkstück steht, etwa bei einem Metallstück in einem Brückenbogen, genau zu bestimmen, um sich zu überzeugen, daß hier nicht gefährliche Überlastungen vorliegen. Man kann aber diese Verfahren genau so gut auf mineralogische und geologische Gebiete anwenden.

Hier sind natürlich die Grenzen zu unseren Nachbargebieten sehr fließend, und es ist mehr dem Arbeitsgebiet eines jeden Forschers überlassen, wie die Zuständigkeit des Faches abgegrenzt wird. Es kann jedoch mit berechtigtem Stolz festgestellt werden, daß die ersten grundlegenden Untersuchungen über die Verformbarkeit von Kristallen, und damit überhaupt der festen kristallinen Materie, schon vor knapp 100 Jahren von bedeutenden Mineralogen und Kristallographen wie etwa E. von Reusch und später O. Mügge ausgeführt worden sind, die in ihrer Fortführung heute die Grundlage der metallkundlichen Forschung bilden. Die Gefügekunde ist sowohl in der Geologie und Mineralogie wie in der Metallkunde und der Keramik von größter Bedeutung.

Um diesen Begriff des Gefüges etwas verständlich zu machen, möge folgender Hinweis dienen: die Gesteine wie die Metalle und die keramischen Massen sind, wie vorher immer wieder betont wurde, aus kleinen Kristallen zusammengesetzt, wenngleich man etwa im Dünnschliff- oder Anschliffbild sehr oft nicht die charakteristischen Kristallformen erkennen kann, wie der dem Fach Fernerstehende vielleicht erwarten wird, wenn von Kristallen die Rede ist. Die äußere Form aber ist für diesen Begriff „Kristall“ nicht notwendig, es kommt nur auf den inneren Aufbau der Materie an. So wird beispielsweise ein Quarzkristall auch nach der Zerkleinerung in einzelne Bruchstücke die gleichen für den Kristallzustand charakteristischen Erscheinungen zeigen, die auch der Ausgangskristall erkennen ließ. So sind, um etwa auf die optischen Erscheinungen zurückzukommen, bei jedem Bruchstück die Abhängigkeiten der Lichtgeschwindigkeit von der Richtung festzustellen, die den großen Quarzkristall charakterisierten. Jeder Kristall zeigt, um das Fachwort zu gebrauchen, ein anisotropes Verhalten, er zeigt die Abhängigkeit der Eigenschaften von der Richtung im Raum. Es ist daher mög-

lich, aus der räumlichen Verteilung der Eigenschaften auf die Orientierung der Kristalle im Raum zu schließen.

Es ist nun für die Beurteilung bestimmter technischer Eigenschaften nicht gleichgültig, ob die einzelnen Kristallite, die ein Werkstück aufbauen, in ihrer Lage zueinander gleichgerichtet sind oder verschiedene Orientierung haben. So wird beispielsweise ein keramischer Körper, etwa das auch bei sehr hohen Temperaturen beständige Aluminiumoxyd, bei gleichgerichteten Kristalliten andere Festigkeitseigenschaften zeigen, als bei einer ungeordneten Orientierung. Allgemein hat sich gezeigt, daß bei einem ausgesprochenen Gefüge, also einer weitgehenden Gleichrichtung der Kristallite, die technische Verwendbarkeit meistens vermindert wird. Nun wird leider durch einen Bearbeitungsprozeß sehr oft dieses die spezielle Eigenschaft verschlechternde Gefüge erreicht. Es müssen Verfahren erdacht werden, um dieses Manko auszugleichen. Sowohl in der Keramik wie in der Metallkunde sind diese Fragen, wie man im letzten Jahrzehnt erkannt hat, von äußerst großer Bedeutung, sodaß man auch in anderen Zweigen der Naturwissenschaft immer mehr darauf bedacht ist, das Gefüge festzustellen. Für die petrographische und geologische Forschung hat sich hier ein Sondergebiet eröffnet, da es gelingt, aus der Orientierung der aufbauenden Kristalle in einem Gesteinstück auf den geologischen Prozeß der Erde, der auch bei der Bildung dieses betreffenden Gesteins mitgewirkt hat, zu schließen, und so im Laboratorium geologische Fragen zu bearbeiten, die sich dem Geologen im Gelände nicht so ohne weiteres und nicht mit einer solchen Klarheit offenbaren.

Unsere bisherigen Ausführungen haben immer mehr den Begriff Kristall in den Mittelpunkt gestellt. In der Tat liegt hier im Kristallbegriff das Geheimnis unserer ganzen Arbeit begründet, sei diese Arbeit nun mehr petrographisch oder geologisch orientiert, oder befaße sie sich mit den Lagerstätten und unseren mineralischen Rohstoffen, oder wende sie sich mehr den chemisch-physikalischen Anwendungen zu: in jedem Falle wird vorausgesetzt, daß die Eigenschaften am einzelnen Kristallindividuum genauestens bekannt sind. Schon aus diesem Grunde wird gefordert, daß man Einzelkristalle bestimmter Stoffe züchtet und sie künstlich im Laboratorium herstellt. Es gibt aber auch Industriezweige, die Einkristalle zu bestimmten Zwecken verwenden, wie Ihnen das aus dem täglichen Leben bekannt ist. Wir denken an moderne Tonabnehmer oder Kristallmikrophone oder an Kristalle in der Ultraschallanwendung. Wir sind heute von der Rohstoffseite her oft gar nicht mehr in der Lage, die Anforderungen der Industrie in der Lieferung und im Nachweis genügend großer und einwandfreier Minerale zu erfüllen. Die Kristallzüchtung ist daher ein wichtiges Arbeitsgebiet in den mineralogischen Instituten geworden. Als ein besonders gutes Beispiel, das zeigt, daß die wissenschaftliche Forschung auf die-

sem Gebiete helfen kann, möge die Synthese von Quarzkristallen dienen, die in den letzten Jahren bis zur Industriereife vorangetrieben wurde. Es gelingt jetzt von dieser Substanz, die aus reiner Kieselsäure besteht, in knapp 14 Tagen faustgroße Kristalle zu erhalten. Dieses Ergebnis war nur durch intensivste wissenschaftlich und theoretisch gut fundierte Kleinarbeit zu erreichen. Die Vorarbeit für diese Quarzsynthese wurde während des Krieges von Prof. R. Nacken in Frankfurt, jetzt in Tübingen, geleistet. Leider blieb ihm die letzte technische Durchführung versagt, doch bildeten seine Ergebnisse die Grundlage der späteren Entwicklung.

Es könnte aus den bisherigen Darlegungen scheinen, als ob der heutige Mineraloge und Kristallograph sich nur noch mit den technischen Anwendungen befaßt, und daß ihm die grundlegende Forschung nicht mehr so sehr am Herzen läge. Dem gegenüber muß aber festgestellt werden, daß diese technischen Erfolge nur durch ein intensives Weitertreiben der Grundlagenwissenschaft zu erzielen waren. Die Arbeit in den mineralogischen Instituten spielt sich daher auch im wesentlichen am Schreibtisch und in den Laboratorien ab. Durch die Anwendung in der Praxis wird, wie in jeder anderen Wissenschaft, auch unsere Arbeit gefördert, neue Erkenntnisse werden gewonnen, die uns zwingen, überkommene Vorstellungen fallen zu lassen. Das Beispiel der Quarzsynthese demonstriert die Auswirkungen auf unser Fach sehr gut. Es zeigt sich jetzt, daß die Bildung großer Quarzkristalle in der Natur, von der man noch vor wenigen Jahren annahm, daß dazu geologische Zeiten notwendig wären, auch in verhältnismäßig kurzer Zeit vor sich gehen kann, wenn nur die entsprechenden Temperatur- und Druckverhältnisse vorlagen und die Lösungen bestimmte Zusammensetzungen hatten. Für petrographische und geologische Fragestellungen werden sich diese Erkenntnisse sicher bald fruchtbar auswirken.

Überblicken wir zum Schluß das Arbeitsgebiet der Mineralogie noch einmal zusammenfassend, so zeigt sich zwar eine weitgehende Überschneidung mit unseren Nachbarfächern Geologie, Chemie und Physik. Von mineralogischer Seite wird man an den Aufgabenkreis mit anderem Blickpunkt und z.T. auch anderen Methoden herangehen als etwa von der Physik oder Chemie her. Die angewandten Methoden werden von uns nur so weit und so speziell entwickelt, wie es unsere Aufgabe erfordert. Wir sind hier also durchaus Nutznießer der Physik und Chemie, die sich in grundsätzlicher Weise um die Entwicklung neuer Methoden kümmern. Im Mittelpunkt unserer Arbeit steht aber noch immer der mineralische Rohstoff, hinzugekommen sind jene Fragen, die sich mit dem kristallinen Aufbau befassen. Die Kenntnis über die Verteilung und Ausbeutung der Mineralagerstätten ist für jede Volkswirtschaft von größter Be-

deutung, denn wir haben diese mineralischen Stoffe für unsere Lebensführung notwendig. Weil heute kein Land in der Welt nur von seinen eigenen Bodenschätzen leben kann, und manche Minerale, die unsere Wirtschaft benötigt, in der Welt sehr unregelmäßig verteilt sind, lehrt die Mineralogie, über die Grenzen der Länder zu schauen und die Notwendigkeit überstaatlicher Bindungen zu betonen.

Wir Mineralogen glauben, daß die mineralogische Forschung wegen ihrer wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Bedeutung nicht nur ein Fach ist, das in jeder naturwissenschaftlichen Fakultät vertreten sein muß, sondern wir glauben auch, daß Grundkenntnisse über das Mineralreich und über den kristallinen Aufbau der Materie zur allgemeinen Bildung gehören, die auch die Schule, wie in früheren Zeiten, vermitteln müßte.

## ERLANGER UNIVERSITÄTSREDEN

### NEUE FOLGE

Sonderreihe der „Erlanger Forschungen“

1. Theodor Ernst: Die heutige Stellung der Mineralogie.
2. Maximilian Knorr: Wasser und Gesundheit.
3. Walther von Loewenich: Aufgaben und Grenzen wissenschaftlicher Theologie.

Bestellungen werden erbeten an die

UNIVERSITÄTS-BIBLIOTHEK ERLANGEN