

Geschichte der mineralogischen Chemie.

Unter die wichtigsten Erweiterungen, deren sich je die Chemie zu erfreuen hatte, gehört die, daß man die Mineralien aus dem chemischen Gesichtspunkte betrachtete, daß man für diese Naturkörper nachwies, auch ihre Zusammensetzung folge den allgemeinen Gesetzen, die überhaupt bei chemischen Verbindungen stattfinden, daß man so den Kreis der chemischen Verbindungen, deren Eigenthümlichkeiten man vergleichen kann, welcher sonst hauptsächlich auf künstlich darzustellende Substanzen beschränkt schien, durch Zuziehung der in der Natur als Individuen fertig gebildet vorkommenden Körper erweiterte. Einteilung.

Sofern wir hier überhaupt davon sprechen, wie sich das Gebiet der Chemie in einzelnen Richtungen nach und nach erweiterte, scheint es angemessen, die Geschichte der Mineralogie in ihrem Zusammenhange mit der Chemie ausführlicher zu verfolgen, und wir haben hier zugleich Gelegenheit, die Entwicklung eines für die Chemie im höchsten Grade wichtig gewordenen Studiums kennen zu lernen, der Krystallographie nämlich, welche ursprünglich der Mineralogie zum Nutzen gepflegt, später auch für die gesammte Chemie von Interesse geworden ist, und für viele einzelne Lehren derselben die hauptsächlichsten Anhaltspunkte geboten hat.

Dieser Ueberblick der Entwicklung der mineralogischen Chemie kann auf keine Vollständigkeit Anspruch machen, was die Geschichte der Krystallographie und der Mineralogie als eigenthümlicher Wissenschaften betrifft. Beide Fächer der Naturforschung betrachten wir hier nur insofern, als ihre Ausbildung zur Erweiterung des Gebiets der Chemie beitrug; wir betrachten von ihnen nur die hauptsächlichsten Ereignisse, nur das Sinecure jener Wissenschaften mit der Chemie. Vieler Umstände, vieler Namen, welche in einer speciellen Geschichte der Mineralogie oder der Krystallographie besprochen werden müßten, kann somit hier keine Erwähnung geschehen.

Einführung.

Die beiden hauptsächlichsten Richtungen in der Mineralogie — die naturhistorische Auffassungsweise, welche die äußeren Kennzeichen der Mineralien vorzugsweise beachtet und die sich in der Krystallographie besonders ausbildete, und die chemische Auffassungsweise, die sich die Kenntniß der Zusammensetzung zur Aufgabe setzt — entwickelten sich nicht eine ganz nach der andern, auch nicht gleichmäßig, sondern abwechselnd schien bald die eine, bald die andere Auffassungsart vorzuwalten. Die krystallographische Auffassung hat der Zeit nach länger die Mineralogie geleitet, wenn wir den Zeitraum hauptsächlich berücksichtigen, wo die Untersuchung der Mineralien wissenschaftlich betrieben wurde; allein die Krystallographie nahm in ihrer Entwicklung auch nur die Mineralien zum Gegenstande ihres Studiums (das Wenige, was aus früherer Zeit über die krystallographischen Eigenschaften künstlicher chemischer Verbindungen beobachtet wurde, werden wir weiter unten angeben, wo wir die Erkenntniß des Einflusses der Zusammensetzung auf die Eigenschaften bei chemischen Verbindungen besonders besprechen). Die Chemie hat in verhältnismäßig kurzer Zeit einen entschiedenen Einfluß auf die Mineralogie geltend gemacht, aber es war dies auch für die Chemie nur eine Anwendung von bereits gewonnenen Kenntnissen, zu deren vorgängiger Erlangung sie vieler Jahrhunderte bedurft hatte.

Uebersicht der zu
betrachtenden
Systeme.

Die verschiedenen Systeme, deren hier zu erwähnen ist, lassen sich wohl am besten in der Reihenfolge übersehen, daß wir die krystallographische und die chemische Richtung nicht abge sondert, sondern in ihrer Wechselwirkung zusammen betrachten. Wenig Aufmerksamkeit nur verdienen hier die Classificationsversuche, welche bis zum Anfange des 18. Jahrhunderts aufgestellt wurden. In der Mitte des 18. Jahrhunderts wird die Krystallgestalt von Linné als hauptsächlichster Anhaltspunkt zur Errichtung eines Systems der Mineralien benutzt; wir haben die Entwicklung der Kenntnisse über die Krystallformen zu verfolgen, und besonders Delisle's und Hauy's Einfluß hierauf zu besprechen. Auf die genaue Kenntniß der Krystallgestalt gestützt, aber auch zugleich die chemische Zusammensetzung berücksichtigend, führte Hauy seine Classification der Mineralien durch. Zur Würdigung des Hauy'schen Systems ist es nöthig, die Fortschritte, welche die Chemie in Bezug auf die Mineralogie bis dahin gemacht hatte, genauer zu betrachten; wir haben Cronstedt's und Bergman's Mineralsysteme kennen zu lernen; an die mineralogisch-chemischen Arbeiten dieser Gelehrten schließen

sich die von Lavoisier und Berzelius an, und was die Analysen der Letzteren über die Zusammensetzung der Mineralien ergeben, wird vorzüglich, zugleich mit den kristallographischen Merkmalen der Fossilien, von Haüy bei der Aufstellung seines Systems berücksichtigt. Neben Haüy's System ist das von Werner gleichzeitig aufgestellte zu betrachten. Später treten sich die naturhistorische und die chemische Richtung schroffer gegenüber; Berzelius gründet sein mineralogisches System ausschließlich auf die chemische Zusammensetzung, Mohs das seinige ausschließlich auf die äußeren Kennzeichen der Mineralien. Eine Vermittlung beider Systeme in vielen einzelnen Fällen ging aus Mitscherlich's Entdeckung des Isomorphismus hervor, durch welche eine Aehnlichkeit in den äußeren Eigenschaften als Folge ähnlicher chemischer Zusammensetzung nachgewiesen wurde; ein System aufzustellen, in welchem die Mineralien gleichzeitig nach der Analogie ihrer äußeren Eigenschaften und ihrer chemischen Zusammensetzung geordnet seien, versuchten dann später Beudant, L. Gmelin, Raumann u. A.

Uebersicht der zu betrachtenden Systeme.

In den Schriften der Alten finden wir nichts, was uns zu der Ansicht berechtigen könnte, daß sie überhaupt die Gebilde des Mineralreichs in einer umfassenderen Eintheilung zu übersehen gesucht hätten. Als den ersten Versuch einer wenn auch nicht weiter durchgeführten Eintheilung der Mineralien müssen wir den des Avicenna ansehen, der zuerst Steine, Metalle, schweflige Substanzen und Salze unterschied; eine Eintheilung, die gewissermaßen den naturhistorischen mit dem chemischen Charakter vereinigt, da sie sich auf die hervorstechendsten physikalischen Eigenschaften stützt, welche von chemischer Verschiedenheit begleitet und bedingt sind. Deshalb sehen wir auch eine Eintheilung, wie die Avicenna's, öfters wiederholt, und namentlich werden wir noch durch Werner's allgemeine Classification, die ich bald anführen werde, daran erinnert.

Avicenna's Eintheilung der Mineralien.

Insofern für einen bestimmten Kreis von Mineralien, wie er für einen einzelnen Beobachter in früherer Zeit durch seinen Aufenthaltsort einigermaßen begrenzt war, eine vollkommenerere Einsicht in die äußeren Charaktere leichter zu erlangen ist als in ihre chemischen Eigenschaften, kann es uns nicht wundern, wenn wir einen der besten Chemiker des 16. Jahrhunderts, Agricola, bei seiner Eintheilung der Mineralien die äußeren Unterscheidungszeichen vorzugsweise berücksichtigen, den chemischen hingegen nur wenig Aufmerksamkeit schenken sehen. In seinen zehn Büchern de natura fossilium,

wo zuerst er eine genauere Beschreibung aller Mineralien versuchte, hat besonders er die Methode der äußeren Kennzeichen in einer Vollkommenheit zur Unterscheidung und Classification in Anwendung gebracht, die für seine Zeit höchst anerkennenswerth ist; und hat er auch speciell die beiden Gesichtspunkte, die uns hier hauptsächlich beschäftigen, den chemischen und den Krystallographischen, wenig gefördert, so hat er doch allen späteren Bearbeitern der Mineralogie wesentlich vorgearbeitet.

Der Erste, welcher die chemischen Kennzeichen der Mineralien vorzugsweise hervorzuheben trachtete, war Becher in seiner 1669 erschienenen *Physica subterranea*. Sein Standpunkt indeß, den ich in dem I. Theile, Seite 178 f., hervorgehoben habe, konnte ihn noch nicht befähigen, wirklich auf chemische Principien gestützt eine Classification durchzuführen. Seine Ansichten darüber sind undeutlich ausgedrückt. Er theilt die Mineralien in *mixta simplicia*, *mixta composita* und *mixta decomposita*. *Mixta simplicia* sind z. B. Elementarerde und Wasser, als *composita* bezeichnet er die Steine, Erden und Metalle. Die *decomposita* können nach ihm sein *sicca* (wie Asphalt und Schwefel), *liquida* (Bergöl), *metallica* (dahin rechnet er Zinnober, Arsenik, Realgar) oder *salina* (wie die Vitriole) u. s. w. Diese Ansichten geben weder Anhaltspunkte für ein bestimmtes System aller Mineralien, noch für die Erkennung eines einzelnen, und so blieben die äußeren Kennzeichen für die, welche sich mit der Mineralogie eigentlich beschäftigten, zu jener Zeit und noch lange nachher die eigentliche Grundlage.

Es wurden diese äußeren Kennzeichen, und unter ihnen hauptsächlich die krystallographischen, zur Grundlage des Systems, welches der berühmte Classifier des ganzen Bereiches der Naturgeschichte, Linné, aufstellte. Um die Entwicklung der Krystallographie hier anzuknüpfen, müssen wir indeß weiter zurückgehen, und die ersten Anfänge dieser Wissenschaft betrachten.

Schon den Alten war das Vorkommen einzelner Mineralien in bestimmten Formen, die häufig dieselben oder einander ähnlich sind, bekannt; und diese Eigenthümlichkeit diente schon dem Plinius im ersten Jahrhundert unserer Zeitrechnung in einigen Fällen als Anhaltspunkt zur Beschreibung. Vom Diamant unterscheidet er z. B. sechs Arten und giebt die Beschreibung des einen: *Indici, non in auro nascentis, sed quadam crystalli cognatione; siquidem et colore translucido non differt, et laterum*

Agriкола's
Unterscheidung der
Mineralien.

Becher's
Eintheilung der
Mineralien.

Entwicklung
der krystallo-
graphischen
Mineralogie.

sexangulo laevore turbinatus in mucronem, aut duabus contrariis partibus, quo magis miremur, ut si duo turbines latissimis suis partibus jungantur. Und von dem Bergkrystall sagt er: Quare sexangulis nascatur lateribus (crystallus), non facile ratio inveniri potest, eo magis quod neque mucronibus eadem species est, et ita absolutus est laterum laevor, ut nulla id arte possit aequari. An dem Bergkrystall machten die Alten zuerst die Beobachtung einer von Natur regelmäßigen Gestalt, und von ihm trug sich die Bezeichnung Krystall auf alle solche Körper über. Dem Bergkrystall selbst war von den Griechen der Name gegeben mit Rücksicht darauf, daß sie ihn, wie Eis, durch heftige Kälte entstanden wähten ($\kappa\rho\upsilon\sigma\tau\alpha\lambda\lambda\omicron\varsigma$, Eis). In der letzten der eben mitgetheilten Stellen liegt zugleich schon die Wahrnehmung eines Umstandes, der lange diejenigen verwirrt machte, welche sich mit der Betrachtung der Krystalle abgaben, nämlich die Verschiedenheit in der Gestalt von Exemplaren, die offenbar einer und derselben Substanz angehören. Welches Hinderniß dieser Umstand in den Weg legte, und zu welchen Irrthümern er Veranlassung gab, erstieht man nach langem Zwischenraume, in dem die Krystallkunde wenig oder gar keine Fortschritte gemacht hatte, aus den Ansichten Gessner's ¹⁾, der 1564 in seinem Werke »de rerum fossilium, lapidum et gemmarum maxime figuris« die Ansicht aussprach, die verschiedenen Krystalle derselben Substanz seien nicht allein durch die verschiedene Größe der Flächen, sondern auch durch die der Winkel, folglich in der ganzen Figur verschieden. Es war dies die Meinung, welche bis in die zweite Hälfte des 18. Jahrhunderts bei vielen Mineralogen die herrschende blieb, obwohl schon 1669 der berühmte Anatom Nicolaus Steno (geboren 1638 zu Kopenhagen, gestorben 1687 zu Schwerin) die Constanz der Winkel bei dem Bergkrystall, und 1707 der Italiener Guilielmini dasselbe als ein für alle Krystalle gültiges Princip ausgesprochen hatte. Doch wurde dieser Satz erst bestimmter bewiesen und allgemein angenommen, als die Krystallographie dadurch genauer studirt wurde, daß sie als ein hauptsächliches Hülfsmittel der Mineralogie zutrat.

¹⁾ Conrad Gessner, als Polyhistor bekannt, war 1516 zu Zürich geboren. Nachdem er seine Studien in seiner Vaterstadt, Straßburg und Paris gemacht hatte, wurde ihm in Zürich ein unbedeutendes Schulamt übertragen. Unzufrieden hiermit, studirte er Medicin zu Basel, blieb indeß auch nicht in dieser Richtung, sondern nahm eine Professur der griechischen Sprache zu Lausanne an, die er später gegen eine Professur der Philosophie in Zürich vertauschte, wo er zugleich als praktischer Arzt sich beschäftigte. Er starb 1565.

Linne's
System der
Mineralien.

Von Linné finden wir zuerst in seinem Systema naturae (1768) die krystallinische Form als das wichtigste Kennzeichen der Mineralien hervorgehoben, aber unbekannt mit der Zurückführung der Krystallgestalten auf einander, mit der scharfen geometrischen Bestimmung jeder vorkommenden Form, stellte er alle Mineralien zusammen, die eine nur irgend annähernde Aehnlichkeit in der Krystallgestalt zeigen, unbekümmert, ob sie sonst auch nur irgend etwas anderes Gemeinsames in ihren Eigenschaften besäßen. So stellte er die verschiedenartigsten Stoffe, Diamant und Alaun z. B., zusammen, weil ihnen die oktaedrische Gestalt gemeinsam ist, und führte überhaupt die Errichtung eines künstlichen Systems, welches in der Botanik mit Beifall aufgenommen worden war, in der Mineralogie mit einer Consequenz durch, die, nur Einem Leitfaden folgend, die systematische Uebersicht über alle anderen Kennzeichen der Mineralien vernichtete.

So konnte es nicht fehlen, daß andere Naturhistoriker, in den entgegen gesetzten Fehler fallend, die krystallographischen Kennzeichen als die unwesentlichsten betrachteten, wie dies namentlich Buffon in seiner Histoire naturelle des minéraux 1783 aussprach und die Classificirung ohne weitere Rücksicht auf dies Merkmal durchzuführen suchte. Aber die Krystallgestalt konnte auch dann erst mit Nutzen zur Distinction gebraucht werden, als man die verschiedenartigsten Formen eines und desselben Minerals auf eine einzige zurückführen, aus einer einzigen ableiten lernte.

Ohne uns hier bei den Mineralogen aufhalten zu wollen, die für einzelne leichtere Fälle die Zurückführung verschiedener Gestalten eines Minerals auf eine einfachere Gestalt versuchten (wie denn z. B. Werner schon 1774 die Abstumpfung, Zuspitzung und Zuspizung der Kanten und Ecken als die Ursachen aussprach, welche die Krystallgestalt desselben Körpers verändern können), gehen wir gleich zu den Männern über, welche vorzüglich die Krystallographie aus einem allgemeineren Gesichtspunkte betrachteten und auf wissenschaftlich bestimmte Principien zurückzuführen wußten.

Die erste Entdeckung, daß sich aus allen Formen einer krystallisirten Substanz eine einzige, die Grundgestalt, durch Spalten erhalten lasse, scheint Gahn und Bergman anzugehören. Gahn bemerkte, daß Kalkspathkrystalle, die eine von der rhomboedrischen sehr verschiedene Gestalt haben, sich auf diese durch Spaltung zurückführen lassen; er theilte dieses Factum an Bergman mit, welcher in einer 1773 publicirten Abhandlung (variae crystallorum formae a Spatho ortae) die Herleitung einer Grundgestalt aus verwickelteren

Zurückführung
der Krystallformen
auf Grundgestalt
sinn.

Bergman.

Combinationen durch mechanische Theilung nachzuweisen und zugleich zu zeigen suchte, auf welche Art aus der Grundgestalt eine Combination, durch Juxtaposition mehrerer Rhomben z. B. eine sechsseitige Säule, entstehen kann. Bergman übri- gens führte diese Ansicht zu wenig allgemein durch, als daß man ihm die Begründung der Krystallographie beilegen könnte, wie sie später Hauy, auf dasselbe Factum gestützt, nachwies.

Zurückführung der Krystallformen auf Grundgestalten.

Zu gleicher Zeit mit Bergman bemühte sich ein anderer Gelehrter, die Regelmäßigkeiten in der Krystallform aufzufinden. De l'Isle¹⁾, der seit 1772 als Schriftsteller über diesen Gegenstand aufgetreten war, suchte besonders in seiner 1783 veröffentlichten Crystallographie zu beweisen, daß die Winkel jedes Krystalls von unveränderlicher Größe sind, welches auch die Veränderung in der Form sein mag, welche durch die verschieden große Ausbildung der einzelnen Seitenflächen hervorgebracht wird; er bemerkte dabei, daß sich diese Unveränderlichkeit der Winkel nur auf die primitive Gestalt des Krystalls beziehe, von welcher sich aber die secundären Formen durch mannichfaltige Umgestaltungen ableiten lassen. De l'Isle bemühte sich, diese Idee in der Untersuchung einzelner Mineralien durchzuführen; als der Erste versuchte er für verschiedene Mineralien sogar die Größe der Winkel zu bestimmen. Doch wurden seine verdienstvollen Bemühungen wenig anerkannt, theils weil in jener Zeit, wo er arbeitete, die Gelehrten im Allgemeinen nicht zu solchen Untersuchungen hinneigten, theils weil später, als Hauy den krystallographischen Studien mehr Beachtung erwirkte, die Leistungen des Letzteren die seines Vorgängers verdunkelten und das Studium seiner Werke überflüssig machten.

Romé de l'Isle.

¹⁾ Jean Baptiste Louis Romé de l'Isle war geboren zu Grail 1736. Seine erste Ausbildung erhielt er zu Paris; hier schloß er sich einer Expedition nach Ostindien an, wo er bei der Einnahme von Pondichery durch die Engländer gefangen genommen wurde. Als Gefangener kam er nach einander nach Tranquebar, St. Thomas und China; auf diesen Reisen bildete sich sein Sinn für Naturforschung aus. Nach Paris 1764 zurückgekehrt, studirte er Mineralogie unter Sage, der ihm in jeder Beziehung Unterstützung angedeihen ließ. Von Geldmitteln entblößt, fand de l'Isle Aufnahme bei einem reichen Liebhaber der Wissenschaften, d'Ennery. Durch seine Arbeiten inzwischen bekannter geworden, bewarb er sich 1780 um eine Stelle in der Akademie, die er indeß nicht erhielt. 1785 wurde ihm eine Pension von 500 Livres zu Theil, aber bald darauf verlor er seinen Wohlthäter d'Ennery durch den Tod. Zu diesem Unglücke gesellte sich später noch Härteres; er verlor fast ganz sein Gesicht. Ludwig XVI., von seiner traurigen Lage unterrichtet, erhöhte seine Pension. De l'Isle starb 1790.

Zurückführung der
Kry stallformen auf
Grundgestalten.
Haüy.

Haüy¹⁾, dessen Einfluß auf die Wissenschaft von 1782 an datirt, hat die Entstehung der verschiedenen Formen eines Körpers und ihre Zurückführung auf Eine Grundgestalt zu einem der wichtigsten Principien in der Mineralogie erhoben. Kein Anderer hat aber auch diese Idee mit so viel Eigenthümlichkeit aufgefaßt, kein Anderer sie mit so viel Ausdauer durchgeführt und mit so viel Erfolg angewandt. Seine Annahme der *molécules intégrantes*, aus welchen die Körper bestehen sollen und denen er die Primitivform zuschreibt, in Verbindung mit seiner Lehre über die Gesetzmäßigkeiten, nach welchen sich die Größe der Schichten dieser Molecüle ändert, gab zuerst eine deutliche Vorstellung über die Entstehung der verschiedenen secundären Formen. Die Beständigkeit der Winkel an der Gestalt, die sich bei der mechanischen Zertheilung der verschiedensten Formen eines Körpers findet, ließ ihn die Größe dieser Winkel als einen der wichtigsten Charaktere eines Minerals unterscheiden, und ihm überhaupt die Kry stallform als das wichtigste Princip bei der Bestimmung der Mineralien erscheinen. Indem jedoch Haüy diese Eigenschaft nicht als die einzig zu beachtende ansah, sondern im Gegentheil der Ansicht war, daß jede wesentliche Verschiedenheit in der Kry stallgestalt eine wesentliche Verschiedenheit in der Zusammensetzung anzeigt, leistete er der mineralogischen Chemie ausgezeichnete Dienste, durch scharfe Bestimmung der eigenthümlichen Mineralien und durch Aufmunterung, die Eigenthümlichkeit derselben auch durch die chemische Analyse zu bestätigen.

¹⁾ René Just Haüy war 1743 zu Saint-Just im Departement der Dife geboren, wo sein Vater als armer Leinweber lebte. In einem Kloster erzogen, kam er später nach Paris, wo er sich längere Zeit durch Singen als Chorknabe selbst erhalten mußte. Neben seinen geistlichen Studien beschäftigte er sich schon früh mit Naturwissenschaften, anfangs hauptsächlich mit Botanik, später erst mit Mineralogie. Nach seinen Entdeckungen über die Zurückführung der Kry stallformen auf Grundgestalten wurde er 1783 Mitglied der Akademie. Während der Revolution war er einige Zeit hindurch gefangen, weil er den den Priestern abgeforderten Eid nicht leisten wollte. Unter Napoleon wurde er vielfach ausgezeichnet und 1802 zum Professor der Mineralogie an dem Musée d'histoire naturelle ernannt. Unter der Restauration verlor er seine Stelle und zuletzt sogar seine Pension. Er zog sich in seine Vaterstadt zurück, wo er 1822 starb. Seine ersten Schriften sind in dem Journal de physique, von 1782 an, enthalten; später schrieb er seinen *Essai d'une théorie sur la structure des cristaux* (1784), seinen *Traité de minéralogie* (welcher zuerst von 1801 an in 5 Bänden publicirt wurde), sein *Tableau comparatif des résultats de la cristallographie et de l'analyse chimique* (1809) und seinen *Traité de cristallographie* (1822) u. a.; auch verfaßte er einen *Traité de physique* (1804).

Wir haben im Anfange dieses Abschnitts gesehen, wie unzulänglich die ersten Versuche waren, eine Unterscheidung der Mineralien auf ihre chemische Verschiedenheit zu basiren. Mit besserem Erfolge bemühet sich Cronstedt 1758, eine solche Classification durchzuführen. Er theilte die Mineralien in vier große Klassen: Erdarten, Salze, Harze und Metalle; die Erdarten, zu welchen er auch die Steine rechnete, welche früher als eine eigene Klasse unterschieden worden waren, theilte er weiter ein je nach der verschiedenen Erdart, die sich in ihnen findet, in kalkhaltige, thonhaltige, kieselerdehaltige u. s. w. Mineralien. Für diese Geschlechter von Erdarten bildete er die Unterabtheilungen, je nach der Säure oder dem anderen Bestandtheile überhaupt, der darin mit einer Erde verbunden ist. Allein die Kenntniß der chemischen Zusammensetzung war damals noch zu unvollkommen, als daß ein solches System sich mit Schärfe hätte durchführen lassen. Auch dienten die chemischen Eigenschaften damals noch nie zur Bestimmung eines Minerals, sondern nur dazu, bereits bekannten Mineralien ihre Stelle in dem Systeme anzuweisen zu lassen.

Cronstedt's
System der Mineralien.

Bald nach Cronstedt bemühet man sich um genauere Untersuchung der chemischen Zusammensetzung der Mineralien, und hauptsächlich war es Bergman, dessen Verdienste um die analytische Chemie wir bereits besprochen haben, der hierfür thätig war.

Der einzige, der vor ihm, gleichzeitig sich mit Chemie und Mineralogie beschäftigend, für die Kenntniß der chemischen Zusammensetzung Hinzulängliches gethan hatte, um hier Erwähnung zu verdienen, war der französische Chemiker Sage¹⁾, welcher von 1769 an eine Menge Mineralien untersuchte, aber immer nur in Hinsicht auf die qualitative Zusammensetzung und auch diese nur mit großer Unvollkommenheit. In solcher Art waren auch die vielen Analysen Anderer geführt, die in diese Zeit fallen, und deren Besprechung hier füglich übergangen werden kann. Erst Bergman begründete den chemischen Theil der Mineralogie auf eine Weise, die geeignet war, die Vortheile einer solchen Untersuchungsart in klares Licht zu setzen. Vorzüglich für die Analyse der Mineralien war er thätig durch seine Abhandlungen »de docimasia mineralium humida« (1780),

Entwicklung
der chemischen
Mineralogie.

¹⁾ Georg Balthasar Sage war geboren 1740. Viele Analysen von ihm finden sich in den Memoiren der Pariser Akademie, deren Mitglied er vor der französischen Revolution war; außerdem in seinem Examen chymique de différens substances minérales (1769). Er starb 1824.

Entwicklung der
chemischen Mine-
ralogie.

»de terra gemmarum« (1780) und ähnliche Monographien, und »de tubo ferruminatorio ejusdemque usu in explorandis corporibus praesertim mineralibus« (1779). Zugleich vervollkommnete er die quantitative Analyse, wandte sie auf die Mineralien an, zeigte an einzelnen Untersuchungen, z. B. in einer ausgedehnteren über die vulcanischen Producte (1777), von welchem Nutzen die Chemie der Mineralogie als Hülfswissenschaft sein kann, und versuchte in seiner *Sciagraphia regni mineralis secundum principia proxima digesti* (1782) eine Classification der Mineralien nach rein chemischen Principien durchzuführen.

Bergman's
System der Mi-
neralien.

Bergman verwirft hier die Classification der Mineralien nach ihren äußeren Eigenschaften. *Generalis contemplatio minime fida pollicetur criteria, ab externa facie desumta.* Die Härte und Farbe seien sehr schwankend bei denselben Körpern, die Krystallgestalt zu wechselnd. Nur zur Bestimmung der Varietäten könne man solche Eigenschaften als Anhaltspunkt brauchen, nicht zur Errichtung eines Systems. *E compositione et interna indole classes, genera et species determinentur, varietates autem ab externa facie.* Seine Eintheilung ist für die Klassen die *Avicenna's*; es giebt nach ihm vier Klassen von Mineralien, *Sales, Terrae* (Erden und Steine), *Bitumina* (brennbare Mineralien), *Metalla*. — Als Genera der Salze führt er an *sales neutrales* (alkalische Mittelsalze), *sales terrestres, sales metallicos*. — Die Genera der Erden bilden die Verbindungen der Schwererde, des Kalks, der Magnesia, der Thonerde und Kieselerde; die Species werden für die ersteren gebildet durch Verbindung mit den verschiedenen Säuren, für die Kieselerde durch Verbindung mit den andern Erden. — Unter die *Bitumina* werden gerechnet: der Schwefel, das Bergöl, der Diamant. — Dann folgen die einzelnen Metalle.

Bergman war der einzige mineralogische Chemiker, dessen Arbeiten wirklich über die Constitution der Mineralien schon vor Hauy's Zeit Licht verbreiteten. Diejenigen Scheidekünstler, welche in seinem Geiste weiter gingen, und die chemischen Verhältnisse der Mineralien noch umfassender und genauer erkennen lehrten, *Klaproth* und *Bauquelin*, waren für die chemischen Untersuchungen zu derselben Zeit thätig, wo *Hauy* die krystallographischen Verhältnisse zu erforschen suchte; des Letzteren Entdeckungen wurden sogar zum Theil von *Hauy* selbst herbeigeführt. *Klaproth*, der in dem Zeitraume von 1780 bis 1815 mehrere hundert verschiedene Mineralien mit einer Genauigkeit, welche die neuere Wissenschaft nur in verhältnißmä-

fig wenigen Fällen zu vervollkommenen getruft hat, untersuchte, stand in dieser Beziehung, und was die Auswahl wichtiger Substanzen angeht, selbstständiger da als *Vauquelin*, der in *Haüy* eine Stütze für die Wahl der für die Wissenschaft interessanten und Vortheil versprechenden Mineralien hatte.

Haüy selbst beförderte die chemische Untersuchung der Mineralkörper, weil er seine auf krystallographische Betrachtungen gegründeten Distinctionen von der chemischen Untersuchung bestätigt sehen wollte, seinem Princip gemäß, daß bei krystallisirten Körpern jede Verschiedenheit der Grundform eine Verschiedenheit in der Zusammensetzung anzeigt. Wirklich trennte auf diese Art *Haüy* mit Glück Mineralien als wesentlich verschiedene, die man vorher für identische gehalten hatte, und sagte so das Resultat voraus, was nachher die chemische Zerlegung ergab, nämlich Verschiedenheit der Zusammensetzung. So unterschied z. B. *Haüy* von dem Schwerspath ein ihm ähnliches Mineral, was auch in chemischer Beziehung dem Anscheine nach damit identisch zu sein schien, aus dem Grunde, weil er constant die Winkel der Grundgestalt um einige Grade verschieden fand, und *Vauquelin* zeigte, daß die abweichenden Krystalle nicht Baryt, sondern Strontianerde enthalten. So trennte er den Dioptas von dem Smaragd, den Epidot von dem Strahlstein, das Würfelersz vom arseniksauren Kupfer, den Nephelin vom Schörl und Feldspath, so vereinigte er im Gegentheil den Hyacinth und Zirkon, den Beryll und Smaragd, und die chemische Analyse ergab später für die erstern verschiedene, für die letztern gleiche Zusammensetzung.

Haüy's System
der Mineralien.

Die vorhergehende Auseinandersetzung der Ansichten *Haüy's* läßt bereits die scharfsinnige Begründung des Classificationssystems dieses Mineralogen einsehen. Als unterscheidenden Charakter stellte *Haüy* die Krystallform voran; ihre Anzeigen fand er in der chemischen Untersuchung bestätigt; die chemische Zusammensetzung läßt sich leicht unter allgemeinere und systematische Uebersicht bringen, und deßhalb wählte *Haüy* zur Classification der Mineralien eine Ordnung, welche auf die chemische Zusammensetzung basirt ist, wie denn auch in seiner Nomenclatur die Mineralien von einfacherer Zusammensetzung nur durch Angabe ihrer Bestandtheile, nur als chemische Verbindungen bezeichnet sind. Wenn aber auch bei *Haüy* die Zusammensetzung im Allgemeinen als Argument der Classification genommen sind, so wird doch den äußeren Eigenschaften, namentlich was die Reihenfolge der Unterabtheilungen in dem Systeme angeht, ein gebührender Einfluß gewahrt.

Werner's System der Mineralien.

Wir haben hier die Grundlagen von Hauy's System ausführlicher betrachten müssen, weil die hohe Autorität, in welcher es von seiner Aufstellung an stand, von dem wesentlichsten Einfluß auf die Annahme einer so wichtigen Erweiterung der Chemie, ihrer Anwendung auf die Mineralogie, war. Aus derselben Ursache ist hier ein anderes mineralogisches System hervorzuheben, das von Werner ¹⁾, was der Zeit nach noch vor dem Hauy's aufgestellt wurde, was aber in unserer Betrachtung der verschiedenen Mineralsysteme auch hier noch passend seinen Platz findet. Hauy's classificatorische Principien waren im Zusammenhange mit der Entwicklung der Krystallographie, an der er so großen Antheil genommen, und der mineralogischen Chemie zu erörtern. Werner's Unterscheidung der Mineralien, wie er sie schon 1774 aussprach, war gleichfalls auf diese beiden Grundlagen basirt, aber er hob keine mit der Bestimmtheit hervor, wie dies Hauy gethan hatte; beide waren aber wesentliche Bedingungen des Unterscheidungszeichens, welches Werner als das hauptsächlichste ansah, des allgemeinen Aussehens, des Habitus der Mineralien. Dahin gehörte also vorzüglich neben der Krystalgestalt die Farbe, der Glanz, dann die Härte und das spezifische Gewicht. Werner's allgemeine Eintheilung der Fossilien in vier große Klassen, erdige, salzige, brennbare und metallische, entspricht einer chemischen Anordnung, ohne daß er sich jedoch, was die Einschaltung der einzelnen Mineralien in das System betrifft, ganz einem bestimmten chemischen Princip gefügt hätte.

Werner's System war in den letzten Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts und im Anfange des jetzigen in Deutschland das herrschende, und auch in den anderen Ländern von vielen Mineralogen anerkannt. Wir finden in ihm bei vorzüglicher Berücksichtigung der äußeren Kennzeichen doch

¹⁾ Abraham Gottlob Werner war geboren 1750 zu Behnau in der Oberlausitz, wo sein Vater Bergbeamter war. Er bezog 1769 die Bergakademie zu Freiberg und 1771 die Universität zu Leipzig. An der ersteren wurde er 1775 Professor der Mineralogie, in welcher Stellung er bis zu seinem Tode 1817 verblieb. Werner unterschied zuerst die Dryktognose von der Geognose; die letztere Wissenschaft stellte er zuerst als eine empirische dar, während man vor ihm nur die Geologie, als eine Theorie der Entstehung der Erde überhaupt, gekannt hatte. — Hinsichtlich seines Mineralsystems hat Werner nur wenig selbst publicirt (seine Schrift: »über die äußeren Kennzeichen der Fossilien« erschien 1774); hauptsächlich wurde es verbreitet durch seinen mündlichen Unterricht, zu welchem sich Zuhörer aus allen Ländern Europa's drängten, und durch Werke seiner Schüler. Nach seinem Tode wurde aus den hinterlassenen Schriften »Werner's letztes Mineralsystem« von seinen Schülern Breithaupt und Köhler herausgegeben.

auch, wenn auch untergeordnete, des chemischen Charakters; es ist hiermit Werner's System eben sowohl ein gemischtes zu nennen, als alle früheren (mit Ausnahme des Linne'schen) und das von Hauy, in welchem wir, neben chemischer Grundlage, doch eine strenge Berücksichtigung der äußeren Eigenschaften, und ganz vorzüglich der Krystallform, sehen. Bald jedoch wurde versucht, entweder das eine oder das andere dieser Principien allein zum Leitfaden der Classification zu gebrauchen, und nach dieser vorgängigen Besprechung der gemischten Systeme können wir zu der Entwicklung der rein chemischen übergehen, welche durch die ersteren vorbereitet waren, mit Berücksichtigung der entgegengesetzten Systeme, weil sie für das Schicksal der rein chemischen viele Wichtigkeit hatten.

Den ersten Versuch, ein System der Mineralogie ganz nach chemischen Principien zu errichten, die Mineralien hinsichtlich der Classification nur als chemische Verbindungen zu betrachten, machte Berzelius 1814. Es war hierin vorgearbeitet durch die zahlreichen Mineralanalysen, welche nach Klaproth und Vauquelin von vielen anderen Chemikern ausgeführt worden waren, vor allen durch Berzelius' eigene und vorzüglich genaue Zerlegungen. Hierzu kam die Entdeckung der Zusammensetzung der Alkalien und Erden, dieser wichtigen Bestandtheile der Mineralien, die Entdeckung der Lehre von den bestimmten Proportionen, die Erkenntniß des Electrochemismus. Berzelius faßte mit seiner Ansicht, daß alle Zusammensetzung auf entgegengesetzten elektrischen Eigenschaften der Körper beruhe, daß sie positiv und negativ elektrische Bestandtheile enthalten, die Entdeckung zusammen, daß die Kieselerde sich gegen die anderen Erden und Alkalien als Säure verhält; er wies nach, daß man die kieselhaltigen Mineralien als Salze, alle als wahre chemische Verbindungen betrachten kann, bei denen die eigentliche Bedingung hierfür, Zusammensetzung in stöchiometrischen Verhältnissen, stattfindet. Berzelius sah hiernach die Mineralien nur als chemische Verbindungen an, deren Zusammenstellung nach chemischen Principien durchzuführen sei, ohne daß dabei die äußeren Charaktere auf irgend eine Weise die Classification bedingen dürfen. Als Hülfsmittel hierzu diente die elektrochemische Reihe, worin jedem Elemente seine Stelle durch seine Eigenschaften, nicht durch die Willkür des Classifierers, angewiesen sein soll. In dem von Berzelius 1814 vorgeschlagenen Mineralsysteme waren demnach die Mineralien nur nach ihren chemischen Eigenschaften und zwar nach ihren

Auffstellung rein
chemischer Sys-
teme.
Berzelius'
erstes Mineralsy-
stem.

Berzelius' erstes Mineralsystem.

elektropositiven Bestandtheilen geordnet, und indem er diese Bestandtheile in der Ordnung aufzählte, wie sie in der elektrochemischen Reihe stehen, schien eine vollkommen folgerechte und nirgends zweifelhafte Classification durchgeführt zu sein.

Während ein solches System den Chemikern vollkommen genügend erschien, zumal da hiernach die Dryktognosie eigentlich nur als ein Theil der Chemie anzusehen war, — hielten viele Mineralogen eine solche Eintheilung nicht für naturgemäß. Sie vermiften in dieser elektrochemischen Classification die Zusammenstellung von Körpern, die ihrem ganzen äußeren Wesen nach sehr verwandt zu sein und deshalb zusammenzugehören scheinen, die aber in dem neuen Systeme wegen ihres Gehalts an verschiedenen elektropositiven Bestandtheilen nicht zusammengestellt werden konnten. Die Mineralogen wünschten den äußeren Kennzeichen mehr Beachtung geschenkt zu sehen, als dies hier möglich war, wo nur die Zusammensetzung, und weiter nichts, in's Auge gefaßt wurde. Sie fanden in Werner's und namentlich in Haüy's Systeme der Forderung der Chemiker, ganz heterogen zusammengesetzte Körper nicht als als mineralogisch zusammengehörende hinzustellen, Genüge gethan, und zwar ohne daß dabei die Beachtung der äußeren Eigenschaften weniger berücksichtigt worden wäre. In Deutschland wurde das Berzelius'sche System, gleich nach seiner Veröffentlichung 1814, von Hausmann für unzulässig aus dem mineralogischen Gesichtspunkt erklärt, aber hier sowohl als auch in den anderen Ländern übte doch Berzelius' Ansicht Einfluß aus, auch auf die gemischten Systeme, und Haüy selbst, wie die Vertreter des Werner'schen Systems, modificirten danach einzelne Theile ihrer Classification, ohne jedoch die ganz chemische Grundlage von Berzelius' Anordnung als naturgemäß anzuerkennen.

Inzwischen wurde von Mitscherlich 1819 die Entdeckung des Isomorphismus gemacht, welche eben sowohl für Haüy's System, als für die Classification von Berzelius von großer Wichtigkeit wurde, insofern sie eins der hauptsächlichsten Principien des ersteren widerlegte, und eine gänzliche Umgestaltung des letzteren nöthig machte. Ich werde auf die Entdeckung des Isomorphismus noch einmal speciell zurückkommen; hier will ich indeß dasjenige von der Geschichte dieser Entdeckung beibringen, was für die mineralogische Chemie besondere Wichtigkeit hatte.

Haüy's Princip, daß ungleiche Krystallgestalt mit ungleicher chemischer Zusammensetzung streng verknüpft sei, hatte ihn zu Folgerungen über die chemische Constitution von Mineralien geführt, welche die Erfahrung

Einfluß der Entdeckung des Isomorphismus.

bestätigte. Hiernach glaubte Hauy es als durchaus bewiesen ansehen zu können, daß gleiche Krystallform (die nicht dem regulären System angehört) nur bei gleicher Zusammensetzung statthaben könne; daß ungleiche Zusammensetzung aber stets durch Verschiedenheit in der Krystallgestalt angedeutet sein müsse.

Es lagen inzwischen schon frühere Beobachtungen an Mineralien vor, wo für dieselben Species, bei unveränderter Krystallgestalt, sehr verschiedene Zusammensetzung gefunden worden war. So z. B. war für das Rothgültigerz (vergl. da) von einigen Beobachtern Arsenik als wesentlicher Bestandtheil gefunden, von anderen Antimon; für den Granat war um 1790 von Klaproth und Bauquelin die Zusammensetzung sehr verschieden angegeben worden, der Eine fand darin viel Eisenoryd und wenig Thonerde, der Andere umgekehrt. Ebenso hatte die Analyse für mehrere Mineralien von der Form des Kalkspaths, und welche Hauy diesem anreihete, sehr verschiedene Zusammensetzungen ergeben: Eisen, Mangan und Bittererde waren in sehr wechselnden Mengen darin gefunden worden. Hier schien für gleiche Krystallform ungleiche Zusammensetzung nachgewiesen zu sein; Berthollet betrachtete 1801 diese Fälle als Beweise dafür, daß die chemischen Verbindungen in unbestimmten, allmählig sich ändernden Proportionen stattfinden; Proust betrachtete sie als keine eigenthümliche Verbindungen, sondern als Mischungen mehrerer. Der Arragonit und der Kalkspath schienen gleichfalls, aber in anderer Art, ein Beweis dagegen zu sein, daß gleiche Krystallform und gleiche Zusammensetzung sich wechselseitig bedingen, ebenso der Rutil und der Anatas (doch finden die Untersuchungen hierüber besser ihren Platz bei der Geschichte des Dimorphismus); denn für diese Substanzen war bei verschiedener Krystallform vollkommen gleiche Zusammensetzung gefunden worden. Hauy betrachtete diese Fälle, welche mit seinem Princip im Widerspruch zu stehen schienen, als auf der Unvollkommenheit der chemischen Analyse beruhend, und hoffte, daß bei weiterem Vorschreiten derselben sich diese Widersprüche lösen würden; später suchte er mehrere durch die Annahme einer großen Krystallisationskraft für einzelne Substanzen (vergl. unten bei Isomorphismus) zu erklären. Aber die rechte Erklärung der Fälle der ersten Art wurde erst von Mitscherlich durch die Entdeckung des Isomorphismus gegeben.

Eine Betrachtungsweise, welche weiter ausgeführt auf die Entdeckung des Isomorphismus hätte hinführen können, äußerte Fuchs¹⁾ bereits 1815.

¹⁾ Johann Nepomuk Fuchs ist 1777 zu Mattenzell bei Bremberg in Baiern

Einfluß der
Entdeckung des
Isomorphismus.

Ob sie gleich mit der Entdeckung des Isomorphismus, die später erst genauer zu erzählen ist, in Verbindung steht, schalte ich sie doch hier ein, weil sie zunächst in die mineralogische Chemie gehört. Bei Gelegenheit der Analyse eines von ihm Gehlenit genannten Minerals, als dessen Bestandtheile er Kieselerde, Thonerde, Kalk, Eisenoryd und Wasser bestimmte, fand Fuchs, daß sich aus seiner Analyse gut eine chemische Formel ableiten lasse, wenn man das Eisenoryd und den Kalk zusammenfasse, ihren gemeinschaftlichen Sauerstoffgehalt mit dem der übrigen Bestandtheile vergleiche. Er sagte hier: »Ich halte das Eisenoryd nicht für einen wesentlichen Bestandtheil dieser Gattung, sondern bloß für einen vicariirenden Bestandtheil, wenn ich mich dieses Ausdrucks bedienen darf, für einen Stellvertreter von fast eben so viel Kalk, welcher bei der Abwesenheit des Eisenoryds zur Ergänzung noch vorhanden sein müßte, um mit den anderen Bestandtheilen in das gehörige Verhältniß zu treten, und ich glaube, daß sich in der Folge Varietäten finden werden, die viel weniger oder gar kein Eisenoryd, dagegen aber größere Quantitäten von Kalk enthalten werden. — Aus diesem Gesichtspunkte wird man die Resultate mehrerer Analysen von Mineralkörpern betrachten müssen, wenn man sie einerseits mit der chemischen Proportionslehre in Uebereinstimmung bringen, andererseits verhindern will, daß die Gattungen nicht unnöthiger Weise zu sehr zersplittert werden, was, wenn man immer in kleinen Mischungsverschiedenheiten schon einen hinreichenden Grund zur Trennung finden wollte, am Ende so weit gehen würde, daß man bei manchen nicht mehr im Stande wäre, einen bestimmten Gattungscharakter zu fassen.« Fuchs machte sodann noch darauf aufmerksam, daß Ammoniak so gut wie Kali in die Verbindung des Alauns eingehen kann, und sagte: »das Ammonium kann hier die Stelle des Kalis ganz oder zum Theil vertreten, und umgekehrt.«

Es ist nicht zu leugnen, daß Fuchs' Ansicht im Allgemeinen die Lehre von den stellvertretenden Bestandtheilen recht klar andeutet, aber die

geboren. Er studirte anfangs Medicin, später ausschließlich Chemie und Mineralogie in Wien, Freiberg, Berlin und Paris. 1805 habilitirte er sich als Privatdocent für diese Wissenschaften an der Universität zu Landshut, wo er 1807 zum ordentlichen Professor ernannt wurde. 1823 trat er nach München in die Akademie der Wissenschaften ein; seine frühere Professur übernahm er wieder, als 1826 die Landshuter Universität nach München verlegt wurde; 1835 wurde er zum Oberberg- und Salineurath ernannt.

Lehre vom Isomorphismus wurde dadurch nicht in's Leben gerufen. Um Bestandtheile als isomorph zu erkennen, gehört wesentlich die Erkennung ihrer gleichartigen atomistischen Zusammensetzung, und Fuchs nahm gerade an, ungleich constituirte Dryde, wie Kalk und Eisenoryd, könnten sich vertreten. Und überdies war der Nachweis an Einem Beispiele nicht genügend, für einen so wichtigen Gegenstand volle Beweiskraft zu haben. Die Lehre von den vicariirenden Bestandtheilen ging deshalb auch nicht in die Wissenschaft über; 1824 suchte Fuchs in einer Vorlesung »über den gegenseitigen Einfluß der Chemie und Mineralogie« wochmals die Aufmerksamkeit auf diese Lehre zu richten, aber zu dieser Zeit hatte bereits Mitscherlich seine weit umfassendere Entdeckung des Isomorphismus publicirt.

Einfluß der
Entdeckung des
Isomorphismus.

Mitscherlich zeigte 1820, daß viele Körper von analoger Atomconstitution gleiche oder ähnliche Krystallform haben, daß solche Körper, isomorphe, sich in Verbindungen ganz oder theilweise vertreten und sich in unbestimmten Proportionen mit einander verbinden können, ohne daß Aenderung der Krystallgestalt eintritt. Es war somit das Princip, welches Hauy als das hauptsächlichste zur Unterscheidung der Mineralien geltend zu machen gesucht hatte, gestürzt, und die Folgen davon zeigten sich sogleich für die Mineralogie. In dieser Wissenschaft wurden sogleich nach der Entdeckung des Isomorphismus zahlreiche Belege für die Existenz desselben gefunden, indem für mehrere Mineralspecies die Möglichkeit einer sehr wechselnden Zusammensetzung nachgewiesen wurde, ohne daß damit der Charakter der Species sich wesentlich ändert; die wechselnde Zusammensetzung beruhete nämlich auf verschiedenem Gehalt an isomorphen Bestandtheilen. In Berzelius' Laboratorium namentlich wurden in Bezug hierauf Untersuchungen angestellt, welche die Wichtigkeit der Lehre von dem Isomorphismus für die mineralogische Chemie außer allen Zweifel setzten. Gleich 1820 untersuchten hier Nordenfjöld, Graf Trolle-Wachtmeister und hauptsächlich H. Rose verschiedene Arten von Pyroxen und fanden, daß sich hierin Kalk, Bittererde, Eisenorydul und Manganorydul, die Mitscherlich schon als isomorphe Körper erkannt hatte, in den wechselndsten Verhältnissen vertreten können. Dasselbe fand Wonsdorff für die Mineralien, welche von Hauy als Amphibol zusammengefaßt worden waren, und bald darauf (1822) zeigte Bredberg für einzelne Granaten und 1823 Graf Trolle-Wachtmeister für eine noch größere Anzahl, daß darin sich Kalk gegen Bittererde oder Eisenorydul oder Manganorydul und Eisenoryd gegen Thon-

Einfluß der
Entdeckung des
Isomorphismus.

erde in allen möglichen Verhältnissen austauschen kann, ohne daß der äußere Charakter des Minerals durch diesen Austausch isomorpher Bestandtheile an seiner Eigenthümlichkeit verliert; und so wurden bald noch viele einzelne Fälle bekannt, welche die Richtigkeit des Isomorphismus außer allen Zweifel setzten.

Hauy und seine Anhänger suchten anfangs das Begründetsein der Lehre vom Isomorphismus ganz oder theilweise in Zweifel zu ziehen. Gleich im Jahre 1820 bestritt Hauy die Richtigkeit mehrerer einzelnen Beobachtungen von Mitscherlich, und suchte dadurch die Ansicht des Letzteren zu widerlegen; nach Beseitigung dieser Einwürfe nahm er seine Zuflucht zu der Möglichkeit, daß die an künstlich dargestellten Krystallen erlangten Resultate nicht anwendbar seien auf die Betrachtung der von der Natur hervorgebrachten Mineralien. Beudant bestritt gleichfalls 1820 die Richtigkeit einzelner Beobachtungen Mitscherlich's, bestätigte indeß doch die meisten derselben; sein Zeugniß war deßhalb nicht ohne Wichtigkeit, weil er zugleich erklärte, daß die an künstlichen Verbindungen gewonnenen Resultate auch auf die natürlich vorkommenden angewandt werden dürften und mußten, weil man gerade an den ersteren, die sich nach Willkür darstellen lassen, die Beobachtungen vervielfältigen kann. Beudant erkannte an, daß die Krystallform allein als Kennzeichen der Identität oder Verschiedenheit nicht mehr ausreicht, sondern daß die chemische Zusammensetzung die Bestimmung vollständigen müsse.

Die Entdeckung des Isomorphismus war von großem Einflusse auf das rein chemische System, wie es Berzelius für das Mineralreich aufgestellt hatte. Der Isomorphismus so vieler Basen, die sich ganz oder theilweise vertreten können, ohne daß der Charakter des Minerals dadurch geändert wird, machte die von ihm 1814 vorgeschlagene Classification unzulässig, da in ihr die Mineralien nach ihren elektropositiven Bestandtheilen, nach den Basen, geordnet waren. Berzelius änderte daher 1824 sein chemisches Mineralsystem dahin ab, daß er nunmehr die Mineralien nach ihrem elektronegativen Elemente ordnete, weil für das letztere Substitution durch isomorphe Substanzen sich seltener zeigt. Dieses System hatte vor dem früheren noch außerdem den Vorzug, daß sich nach ihm die Mineralien auch mehr in Gruppen zertheilten, bei denen auch die äußeren Kennzeichen Aehnlichkeit zeigen, aber dennoch trugen noch viele Mineralogen Bedenken es anzunehmen, weil es ihnen unmöglich schien, sich bei einer selbstständig mineralogischen

Berzelius'
zweites Mineral-
system.

Betrachtung der Fossilien von der Beachtung der äußeren Eigenschaften im Princip ganz loszusagen.

Die äußeren Eigenschaften hatten auch inzwischen weit mehr Bedeutung erlangt, sie waren namentlich mit viel mehr Schärfe bestimmt, als dies früher der Fall war, wo ihre Kenntniß sich oft auf eine oberflächliche Anschauung, manchmal auf instinktmäßige Erkennung des allgemeinen Habitus, beschränkte. Die Krystallographie namentlich hatte durch *Weiß*¹⁾ und *Mohs*²⁾

Auffstellung des
ein naturhistorischen
Systemes.

- 1) *Christian Samuel Weiß*, geboren 1780, bildete sich besonders in Freiberg unter *Werner* für Mineralogie aus. Er habilitirte sich in Leipzig 1803; bekannt wurde er bald durch die Theilnahme an der Uebersetzung von *Gauy's* Mineralogie, welche *Karsten* (von 1804 an) herausgab, und seine Zusätze zu diesem Werk. 1809 publicirte er seine *Dissertatio de indagando formarum crystallinarum caractere geometrico principali*. Später wurde er Professor der Mineralogie an der Berliner Universität; in den Denkschriften der dortigen Akademie finden sich seine seitdem erschienenen Abhandlungen.
- 2) *Friedrich Mohs* war 1773 zu Gernrode am Harz, in Anhalt-Bernburg, geboren. Zum Handelsstande bestimmt, entsagte er diesem aus Liebe zu den Wissenschaften; er studirte von 1796 an zu Göttingen Mathematik und Naturwissenschaften und später unter *Werner* in Freiberg Mineralogie; hier bildete er sich auch im praktischen Bergwesen aus. 1801 erhielt er eine Anstellung als Steiger zu Neudorf in seinem Vaterlande, kehrte indeß schon 1802 wieder nach Freiberg zurück. In diesem Jahre noch erhielt er eine Einladung von dem *Banquier van der Kull* in Wien, einen beschreibenden Katalog des Mineralienabinetts des letztern zu entwerfen; es wurde dieser 1804 im Druck bekannt gemacht. Um seine, damals schwankende, Gesundheit wieder herzustellen, machte er eine größere Reise durch die mineralogisch merkwürdigen Länder Deutschlands, und besuchte dann, 1804, die Bergakademie zu Schemnitz. Später hielt er sich einige Zeit in Kärnthen auf, und bereiste Ungarn und Siebenbürgen, Böhmen und Steiermark, bis er 1812 als Professor der Mineralogie am Johanneum zu Grätz angestellt wurde. — 1818 wurde er an *Werner's* Stelle nach Freiberg berufen, wo er bis 1826 blieb. In diesem Jahre erhielt er die Professur der Mineralogie an der Wiener Universität; 1835 trat er als Bergath der Leitung des österreichischen Bergbaues zu. Er starb 1839, auf einer wissenschaftlichen Reise begriffen, zu Agordo im Venetianischen. Von seinen Schriften heben wir hervor: »Versuch einer Elementarmethode zur naturhistorischen Bestimmung und Erkennung der Fossilien« (1812); »die Charaktere der Klassen, Ordnungen, Geschlechter und Arten, oder die Charakteristik des naturhistorischen Mineralsystems« (1820, 2. Auflage 1821); »Grundriß der Mineralogie« (1822 und 24); »Anfangsgründe der Naturgeschichte des Mineralreichs« (1832, 2. Auflage 1836). Nach seinem Tode erst (1842) wurden »leichtfaßliche Begriffe der Mineralogie und Geognosie« herausgegeben.

Aufstellung des
rein naturhisto-
rischen Systems.

ein geordnetes
mineralogisches
System

Mohr's System
der Mineralien.

wichtige Erweiterungen erfahren; durch Ersteren war die Betrachtung der Arten der Krystalle zuerst in ihrer ganzen Wichtigkeit erkannt und nachgewiesen worden, und die Aufstellung von bestimmten Krystallsystemen ward dadurch möglich, zu welcher auch Mohs, von der Betrachtung der einfachen Formen ausgehend, gelangt war. Vereinfacht wurde das Studium der Krystallographie durch die Entdeckung, daß nur Gestalten desselben Systems mit einander in Combination treten können, und durch den Nachweis, daß combinationefähige Gestalten bestimmte und einfachen Gesetzen folgende Krystallreihen bilden; die Bezeichnung der verschiedenen Krystallformen wurde erleichtert, die Größenverhältnisse derselben nach Wollaston's Entdeckung des Reflexionsgoniometers genauer ermittelt. Auch die anderen äußeren Eigenschaften der Mineralien wurden sorgfältiger bestimmt, und auf ihre genaue Kenntniß gründete Mohs, der sie alle mit seltener Ausdauer studirte, sein rein naturhistorisches Mineralsystem. Mohs betrachtete die chemischen Eigenschaften eines Minerals, wie Berzelius die naturhistorischen (äußerlichen) ansah. Jeder fand in den von ihm hervorgehobenen Eigenschaften das wahre und einzige Argument, die Mineralien wissenschaftlich zu ordnen; jeder erkannte auch die anderen Eigenschaften als bemerkenswerth an, und gab zu, daß sie zu wissen für eine vollständige Kenntniß einer Substanz nöthig sei. Jeder nützte der Mineralogie in hohem Grade; indem jeder sich Eines Hülfsmittels zur Classification beraubte, mußte jeder das andere um so vollständiger kennen zu lernen streben. Indem Berzelius die Kenntniß der äußeren Eigenschaften für unwesentlich zur Classification der Mineralien ansah, brachte er die Kenntniß ihrer chemischen Zusammensetzung auf einen hohen Grad der Vollkommenheit; indem Mohs auf die äußeren Kennzeichen (d. h. diejenigen, welche sich, ohne das Mineral in seiner Eigenthümlichkeit zu verändern, bestimmen lassen) das alleinige Unterscheidungs- und Systematisirungsprincip gründete, mußte er diese schärfer bestimmen, als dies früher je versucht worden war. Mohs hat hierfür geleistet, was Einem Menschen zu leisten möglich ist; er hat in der Aufstellung seines nur auf die äußeren Eigenschaften gegründeten Mineralsystems einen Beweis davon gegeben, in welcher Ausdehnung und mit welcher Genauigkeit er alle krystallographischen und physikalischen Eigenschaften erforscht hatte. Dies Verdienst bleibt ihm für immer und muß mit Hochachtung anerkannt werden, mag man nun seine classificatorischen Ansichten theilen oder nicht. Und an den Chemikern ist es, dies anzuerkennen, gerade wegen der Wichtigkeit der chemischen Zu-

sammensetzung für die Erkenntniß der Mineralien, sofern es von der Zukunft erwartet werden kann, daß ein Zusammenhang zwischen der chemischen Zusammensetzung und allen, namentlich den äußeren Kennzeichen nachgewiesen wird, und für die Kenntniß der letzteren Wenige so reiches und zuverlässiges Material zusammengeschafft und geordnet haben, als Mohs. Und wenn auch dieser Zusammenhang in seiner ganzen Ausdehnung vielleicht erst spät erkannt wird, so ist doch jetzt gewiß schon die Ueberzeugung überall durchgedrungen, daß die alleinige Kenntniß der Zusammensetzung für die Mineralogie nicht genügt, so wenig, wie für irgend eine andere chemische Verbindung. Was das System von Mohs selbst angeht, so hat es das Schicksal aller einseitigen Systeme, deren Aufstellung nothwendig ist, um in gewissen Richtungen Licht zu verbreiten, die aber dann Verschmelzungen mit anderen erleiden müssen, weil sie sie selbst vorbereitet haben. Gewiß ist indeß, daß Mohs in der vollkommensten Ueberzeugung von der Naturgemäßheit seiner Ansichten der verbreiteten Annahme seines Systems mehr geschadet als genützt hat durch eine am Kleinsten festhaltende Consequenz, welche, allmälige Einführung verschmähend, plöbliche Reform, die er für nöthig hielt, sich zum Zwecke setzte, eine Consequenz, die sich nicht nur in seiner Classification, sondern auch hauptsächlich in seiner Nomenclatur aussprach. Die letztere, verbunden damit, daß Mohs von einem Mineralogen Vieles verlangte, was er zum wissenschaftlichen Studium der Mineralogie für nothwendig hielt, wo aber die Resultate Anderen durch Zuhülfeziehung anderer Mittel leichter erreichbar schienen, — hat besonders der Verbreitung seiner Ansichten sich in den Weg gestellt. Die Wissenschaft zog daraus den Vortheil, daß ein offenes Feld den Versuchen blieb, in Einem Systeme Beachtung der chemischen Zusammensetzung und zugleich der äußeren Eigenthümlichkeit der Mineralien zusammenzufassen.

Mohs' System der Mineralien.

Diese Systeme, in welchen die chemische Zusammensetzung als Ursache der äußeren Eigenschaften angesehen wird, scheinen am besten die bisher entwickelten, sich oft so schroff einander gegenüberstehenden, Ansichten zu vermitteln. Wir nennen von ihnen hier nur einige. Beudant versuchte ein solches 1824, indem er von der Betrachtung ausging, daß der negative Bestandtheil auf den Charakter einer Verbindung, namentlich auf ihren äußeren Habitus, einen stärkeren Einfluß ausübt, als der positive, und daß sich hierauf eine Classification gründen läßt, welche die chemisch analog zu-

Gemischte System.

Beudant's System.

fammengesetzten Körper auch zugleich als äußerlich analoge zusammenstellt. — In demselben Sinne suchte L. Gmelin ¹⁾ 1825 eine Ausgleichung zu

¹⁾ Wenige Familien haben den Sinn für Naturforschung, und namentlich für Chemie, in gleichem Grade erblich bewahrt und sich in einer Reihe von Generationen darin so ausgezeichnet, wie die Gmelin'sche. In Beziehung zur Chemie ist zuerst zu nennen Johann Georg Gmelin der ältere, geboren 1674, gestorben als Apotheker zu Tübingen 1728; ein tüchtiger Chemiker, der sich unter Urban Hiärne in Stockholm ausgebildet hatte, aber nichts Literarisches publicirte; nur ein Aufsatz über die Bereitung des essigsauren Quecksilbers (Sperma mercurii), den er hinterlassen hatte, wurde von seinem gleichnamigen Sohne später veröffentlicht. Seine drei Söhne waren für die Chemie thätig. Johann Conrad Gmelin, geboren 1707, war Arzt und Apotheker zu Tübingen; verschiedene Aufsätze von ihm, die vorzüglich auf Verbesserungen in der Bereitung einzelner Arzneimittel gehen, enthält das *Commercium litterarium ad rei medicae et scientiae naturalis incrementum institutum*, eine in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts erschienene Zeitschrift. Johann Georg Gmelin der jüngere, geboren 1709, nahm 1727 eine Anstellung in Petersburg an und machte sich vorzüglich berühmt durch seine Reisen in Sibirien (1738 bis 1745); chemische Bemerkungen legte er nieder in der Beschreibung dieser Reise, mehreren Aufsätzen in den Schriften der Petersburger Akademie und der Gesellschaft deutscher Naturforscher und später in Dissertationen. Er starb als Professor der Chemie und Botanik zu Tübingen 1755. Der dritte Bruder, Philipp Friedrich Gmelin, geboren 1722, folgte dem Vorhergehenden in seinen Professuren zu Tübingen; er starb 1768. — Ein Enkel von Johann Conrad Gmelin ist Christian Gottlob Gmelin, geboren 1792, ein Schüler Berzelius', Professor der Chemie und Pharmacie zu Tübingen. Von seinen chemischen Schriften nennen wir hier vorzüglich seine »Einleitung in die Chemie« (1833 bis 1837). — Ein Sohn von Philipp Friedrich Gmelin war Johann Friedrich Gmelin, geboren 1748, Professor der Chemie in Göttingen, gestorben daselbst 1804. Er hat sich um die Chemie als Wissenschaft und in jeder Anwendung derselben höchst verdient gemacht; viele seiner Arbeiten stehen in den Commentationen der Göttinger Societät; von seinen anderen Schriften erwähne ich hier, mit Uebergang der kleineren: »Einleitung in die Chemie« (1780), »Grundriß der allgemeinen Chemie« (1789), »Einleitung in die Pharmacie« (1781), »Grundriß der Pharmacie« (1792), »Grundsätze der technischen Chemie« (1786, 2. Auflage 1795), »Chemische Grundsätze der Gewerbkunde« (1795), »Chemische Grundsätze der Probir- und Schmelzkunst« (1786). Seine »Geschichte der Chemie« ist ein Beweis seines Fleißes und seiner Gelehrsamkeit, dem die jetzige Literatur nichts Aehnliches an die Seite zu setzen hat, und durch welche alle späteren Darstellungen dieses Gegenstandes ungemein erleichtert wurden. — Ein Sohn dieses ist Leopold Gmelin, geboren zu Göttingen 1788. Er studirte zu Göttingen und Tübingen; an der erstern Universität promovirte er als Doctor der Medicin 1809. Nach wiederholtem Aufenthalt in Tübingen, bis 1811, bereisete er Oestreich und Italien. 1813 wurde er

bewirken, indem er gleichfalls in jeder Verbindung einen der näheren Bestandtheile als mehr formenden, den anderen als mehr geformten Stoff ansah, indem der erstere dem letzteren bestimmte, physikalische sowohl als chemische, Charaktere ausdrückte. Die nichtmetallischen Substanzen betrachtete er im Allgemeinen als formende, die metallischen als geformte Stoffe. Da nun die Reihenfolge der Elemente, was die Intensität ihrer formenden Kraft betrifft, nach Gmelin ungefähr die elektrische von dem elektronegatивsten Elemente nach dem elektropositivsten hin ist (als die am meisten formende Substanz betrachtete er den Sauerstoff), so schien hier mit Recht ein Zusammenfallen der chemischen Classification mit der nach den äußeren Merkmalen und damit die Naturgemäßheit des Systems dargethan zu sein. Auch wurde diesem Systeme verdiente Anerkennung zu Theil, und in der von Gmelin eingeschlagenen Bahn ging Raumann¹⁾ weiter und suchte mit noch mehr Erfolg ein Classificationssystem durchzuführen, welches die Mineralkörper gleichzeitig nach der Analogie ihrer chemischen Zusammensetzung und nach der Uebereinstimmung ihrer äußeren Eigenschaften ordne.

Gmelin's
System.Raumann's
System.

Wir wollen die Resultate des Zusammenwirkens der Chemie und der Mineralogie, die Betrachtung des Einflusses, welchen beide Wissenschaften auf einander ausübten, nicht weiter verfolgen. Ebenso wenig ist hier eine vollständigere Aufzählung der Chemiker zu geben, welche sich in diesem Jahrhundert besonders durch die Ausführung von Mineralanalysen verdient

Assistent bei Stromeyer in Göttingen; noch in demselben Jahre habilitirte er sich zu Heidelberg als Docent der Chemie; hier wurde er 1814 zum außerordentlichen Professor ernannt. Den Winter 1814 auf 1815 brachte er zu Paris zu, wo er in Vauquelin's Laboratorium thätig war. Nach Klaproth's Tod an dessen Stelle berufen, schlug er sie aus, und verblieb zu Heidelberg als ordentlicher Professor der Medicin und Chemie. Sein »Versuch eines neuen chemischen Mineralsystems« erschien 1825; sein »Handbuch der Chemie« zuerst 1817, jetzt in 4. Auflage seit 1843; ein »Lehrbuch der Chemie« 1844. Mit Tiedemann gemeinschaftlich veröffentlichte er 1820 »Versuche über die Wege, auf welchem Substanzen aus dem Magen in den Darmkanal gelangen,« 1826 u. 27: »die Verdauung nach Versuchen«.

¹⁾ Carl Friedrich Raumann ist geboren zu Dresden 1798; er studirte zu Leipzig und zu Freiberg unter Mohs, dessen Nachfolger er daselbst wurde. Von seinen Schriften nennen wir hier: »Versuch einer Gesteinslehre« (1824), »Lehrbuch der Mineralogie« (1828), »Lehrbuch der reinen und angewandten Krystallographie« (1836), »Anfangsgründe der Krystallographie« (1841).

gemacht und ausgezeichnet haben. Aus dem Vorhergehenden läßt sich erkennen, wie die Chemie und die Mineralogie in ihre heutige Stellung zu einander getreten sind, inwiefern der Einfluß der Chemie zur Annäherung an ein vollkommenes Classificationssystem in der Mineralogie beigetragen hat. Haben gleich die bisherigen Versuche noch nicht in jeder Beziehung dem Zwecke entsprochen, so geben sie doch wenigstens begründete Hoffnung, daß wir dem Ziele einer genügenden Classification nahe stehen, und als diese muß ein System betrachtet werden, welches ungeändert sowohl als ein rein chemisches wie auch als ein rein naturhistorisches aufgefaßt werden kann, welches beiderlei Gesichtspunkten vollkommen entspricht. Ein solches System kann dann aufgestellt werden, wenn für chemische Verbindungen der bedingende Zusammenhang zwischen der chemischen Zusammensetzung und den physikalischen Eigenschaften vollständiger erkannt ist.