

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Handwörterbuch des chemischen Theils der Mineralogie

A - M

Rammelsberg, Carl F.

Berlin, 1841

Einleitung

Einleitung.

Ueber die Berechnung von Mineralanalysen.

I. Ueber die Art und Weise der Berechnung im Allgemeinen.

Lange Zeit hindurch wurde die Zusammensetzung einer chemischen Verbindung nur durch Nebeneinanderstellen derjenigen Stoffe anschaulich gemacht, welche die Analyse ihrer Qualität und Quantität nach ergeben hatte. Klaproth und Vauquelin und alle übrigen Chemiker jener Zeit hatten für die Richtigkeit ihrer zahlreichen Mineralanalysen keine andere Gewährleistung, als sie eine Wiederholung der Arbeit selbst geben konnte. Durch die Ausbildung der elektrochemischen Theorie und die Entdeckung der Gesetze der bestimmten Proportionen wurde es indessen sehr bald erforderlich, die Grundsätze der atomistischen Konstruktion künstlicher Verbindungen auch auf die Körper des Mineralreichs anzuwenden, und so entstand im Jahre 1814 die Fundamental-Arbeit von Berzelius: „Versuch, durch Anwendung der elektrochemischen Theorie und der chemischen Proportionenlehre ein rein wissenschaftliches System der Mineralogie zu begründen“.

Es giebt heutzutage wohl Niemand mehr, welcher es in Zweifel ziehen könnte, dafs die Mineralien mit den in unseren Laboratorien künstlich erzeugten Verbindungen die Art der Bildung gemein haben, d. h. dafs sie, so wie diese, theils aus wässerigen oder wenigstens wasserhaltigen Auflösungen bei niederer oder höherer Temperatur krystallisirt oder über-

haupt ausgesondert sind, theils aber auch dem Erkalten geschmolzener glühender Massen ihren Ursprung verdanken. Die zahlreichen Thatsachen, welche man in Betreff der Bildung von oft krystallisirten chemischen Verbindungen kennt, wie mannichfache chemische und technische Prozesse sie darbieten, die große Aehnlichkeit, häufig selbst vollkommene Uebereinstimmung dieser Kunstprodukte mit Körpern des Mineralreichs: alles dies sind Beweise genug, daß diejenigen Gesetze, welche wir der Betrachtung der Zusammensetzung künstlicher Verbindungen zum Grunde legen, in demselben Grade auf die Mineralien anzuwenden seien.

Die elektrochemische Theorie hat uns gelehrt, daß in jedem zusammengesetzten Körper Bestandtheile von entgegengesetzten elektrochemischen Eigenschaften vorhanden sind; sie hat gelehrt, daß die Verbindungen mit einer Kraft bestehen, welche der Stärke des elektrochemischen Gegensatzes der Bestandtheile proportional ist. Daraus folgt, daß in jedem zusammengesetzten Körper ein oder mehrere elektropositive Bestandtheile mit einem oder mehreren elektronegativen Bestandtheilen vorhanden sein müssen, wobei aber wohl zu bemerken ist, daß der elektrochemische Charakter eines Körpers nicht für alle Fälle derselbe ist, daß also ein elektronegativer Körper gegen einen anderen mehr elektronegativen selbst elektropositiv sein kann. Bekannt ist es, daß diese Eigenschaft ganz besonders denjenigen Körpern zukommt, deren elektrochemischer Charakter minder stark ausgeprägt ist; so sind schwache Basen, z. B. Thonerde, Eisenoxyd, oft elektronegativ, also Säuren, und umgekehrt, schwache Säuren, z. B. Borsäure, zuweilen Basen.

Wir finden nun unter den Mineralkörpern, nächst den Elementen selbst, binäre Verbindungen, d. h. Oxyde, Schwefelmetalle u. s. w. Da ihre Zusammensetzung so sehr einfach ist, so ist es leicht, dieselbe mit den Gesetzen der bestimmten Proportionen in Einklang zu bringen, und man darf sagen, daß es heutzutage wohl kaum noch irgend ein Mineral von dieser Art gebe, über dessen Constitution ein Zweifel obwalten könne. Diesen zunächst stehen die einfachen Salze, oder diejenigen Verbindungen, welche entweder ein elektro-

positives Oxyd oder Schwefelmetall, verbunden mit einem elektronegativen Oxyde oder Schwefelmetall, oder einem Salzbildner, verbunden mit einem Metall, enthalten, also die sogenannten Amphid- und Haloidsalze.

Die große Mehrzahl der Mineralien indessen zeigt eine viel zusammengesetztere Natur. Sehr häufig treffen wir auf Verbindungen einer Säure mit zwei, drei und mehr Basen, und hier verläßt uns zuerst die Erfahrung, in sofern es nicht gelungen ist, künstlich Verbindungen der Art nach Willkür zu erzeugen, wahrscheinlich, weil wir nicht im Stande sind, Massen von beträchtlicher Größe und auf die Dauer längerer Zeit für die Bildung complicirter Verbindungen dem Versuche zu unterwerfen. Dieser Umstand kann jedoch nicht hindern, die Gesetze der Proportionenlehre, welche wir mit hinlänglicher Sicherheit auf Mineralkörper von einfacherer Mischung angewendet haben, auch auf zusammengesetztere zu übertragen.

Nun gibt es aber Fälle, in denen die vorhandenen Analysen entweder gar keine Anwendung der chemischen Proportionen zulassen, oder doch zu einem complicirten und deswegen nicht wahrscheinlichen Ausdruck führen. Der Grund davon kann natürlich nicht in der Proportionenlehre gesucht werden, sondern er liegt in mehreren Umständen, welche der Schärfe der Resultate sich entgegensetzen, und deren Vermeidung freilich nicht immer in unserer Gewalt steht.

Zu diesen hindernden Umständen gehört zunächst Mangel an Genauigkeit in der Analyse selbst. Selbst die Arbeiten der besten Analytiker sind bisweilen in dieser Beziehung mangelhaft, und in viel höherem Grade muß dies also von denen Anderer weniger Erfahrener gelten. Allein dieser Vorwurf trifft zum größten Theil die mangelhaften Kenntnisse der Eigenschaften vieler Körper und ihrer Verbindungen, wie sie der jedesmalige Standpunkt der Wissenschaft nothwendig mit sich brachte. Deswegen berichtigen aber auch neuere Arbeiten häufig die älteren, und es ist folglich zu hoffen, daß ein Hinderniß von dieser Seite, in der richtigen Kenntniß der chemischen Natur der Mineralien, täglich mehr verschwinden werde. In der That trifft daher ein großer Theil derer, über deren Zusammensetzung wir noch im Dunklen sind, sol-

che, die sehr viele oder schwer von einander zu trennende Bestandtheile enthalten (Turmaline, Zirkontitanate).

Ein zweites größeres Hinderniß liegt aber in der Schwierigkeit, um nicht zu sagen, Unmöglichkeit, eine im Mineralreich gebildete Verbindung rein und frei von fremden Stoffen zu erhalten, die in der Masse derselben zufällig in unsichtbaren und untrennbaren kleinen Theilchen abgesetzt sind. Wir finden die Mineralien entweder krystallisirt, d. h. aus einer Flüssigkeit theils langsam und regelmäsig angeschossen, theils plötzlich durch gestörte Krystallisation krystallinisch-körnig abgesetzt, oder auch, Niederschlägen gleich, ohne krystallinisches Ansehen gefällt, dann oft Krystalle einschließend, welche entweder aus einer hinzugekommenen Flüssigkeit anderer Art entstanden, oder auch während der Fällung selbst aus der ersten Flüssigkeit angeschossen, und in der gefällten weichen Masse abgesetzt sind. Es ist klar, daß eine Analyse solcher aus erhärteten Niederschlägen gebildeten Massen kein mit der Proportionenlehre übereinstimmendes Resultat geben könne, weil ein Gemenge unbestimmter Art untersucht wurde; wenn nicht bisweilen ein solcher Niederschlag zufällig bloß aus einem einzigen Stoffe besteht, wovon es an Beispielen nicht fehlt. Dagegen dürfen wir mit Recht genüendere Resultate von der Zerlegung regelmäsig krystallisirter Fossilien erwarten, obwohl auch der regelmäsigste und klarste Krystall selten frei von fremder Beimischung ist. Der Grund davon ergiebt sich leicht durch einfache Betrachtung dessen, was bei der Krystallisation in unseren Laboratorien vor sich geht. Schiefst z. B. Salpeter aus der Rohlauge an, so sind die Krystalle zwar regelmäsig gebildet, sie enthalten aber einen braunen färbenden Stoff und Kochsalz, von denen Niemand glaubt, daß sie zur Mischung des Salpeters gehören, weil die Erfahrung lehrt, daß diese Stoffe nach der Reinigung nicht mehr im Salpeter zu finden sind. Je langsamer die Krystallisation erfolgt, um so größer fallen die Krystalle aus, aber auch um so unreiner. Alles dies muß auch bei der Bildung der Mineralien stattgefunden haben; der Stoff, mit welchem die Auflösung gesättigt war, lieferte die Krystalle, aber diese behielten einen größeren oder geringeren Theil der Auflösung in

ihren Zwischenräumen, wurden davon verunreinigt, und oft gefärbt, was der Grund ist, daß farblose Mineralien oft in verschiedenen Farben erscheinen, deren bedingende Ursache, die fremdartige färbende Substanz, in so geringer Menge und so großer Vertheilung da sein kann, daß sie die Durchsichtigkeit der Krystalle nicht wesentlich beeinträchtigt.

Die Analyse vieler Mineralien zeigt daher geringe Mengen von Bestandtheilen, welche als Verunreinigungen betrachtet werden, und in Abzug gebracht werden müssen, wenn man die Bestandtheile dieser Mineralien der Rechnung unterwerfen will. Allein hier stellt sich die Schwierigkeit ein, zu bestimmen, 1) ob diese geringe Menge in jedem Fall unwesentlich, oder ob sie, wie dies nicht selten der Fall ist, einen Theil eines anderen Stoffes ersetzend, dennoch ein wesentlicher Bestandtheil ist, und 2) ob von diesen wesentlichen Bestandtheilen nicht auch Etwas zu der abzuziehenden fremdartigen Substanz gehört, und wieviel, wenn dies der Fall wäre. Die vollständige Kenntniß eines Minerals, besonders was die Art seines Vorkommens betrifft, kann hier zu Hülfe kommen.

Aus dem Angeführten ergibt sich mithin, daß es für die Analyse besser sei, kleine Krystalle als große zu wählen, von deren Unreinigkeit oft schon der bloße Anblick beim Zerschlagen überzeugt; daß ferner farblose oder wenigstens minder gefärbte, durchsichtige Krystalle reiner sein werden, als andere, so wie, daß Krystalle, welche frei aufgewachsen (in Drusen) vorkommen, im Allgemeinen reiner als solche sind, welche sich mitten in einer Masse ausgeschieden haben. An beweisenden Beispielen fehlt es nicht. Wir dürfen uns z. B. nur der Augitabänderungen erinnern. Während die lichten, frei krystallisirten, wie der Diopsid, in ihrer Zusammensetzung schon längst keinem Zweifel mehr unterliegen, so ist dies ganz und gar nicht der Fall mit jenen dunklen sonst sehr regelmäßigen Krystallen, welche ganz undurchsichtig sind, und sich inmitten vulkanischer Gesteine gebildet haben. Zuweilen sind derbe Massen mit deutlich blättrigem Bruch zur Analyse selbst Krystallen von derselben Substanz vorzuziehen.

Ein anderer Umstand, welcher die Berechnung einer Mineralanalyse erschwert, ist folgender: Ist eine gemeinsame

Auflösung von zwei oder mehreren Verbindungen so gesättigt, daß sie zu krystallisiren anfängt, so geschieht es bisweilen, daß ein Theilchen der einen Verbindung sich mit mehreren Theilchen einer anderen dicht zusammenlegt, so daß beide gemeinschaftlich einen Krystall bilden, der in Form, Farbe, Durchsichtigkeit, specifischem Gewicht u. s. w. gänzlich abweicht sowohl von dem Stoff, welcher darin den größten Theil ausmacht, als auch von dem beigemengten, der oft nur einige Procente beträgt. Die relativen Mengen der Stoffe, welche in solche Krystalle eingehen, scheinen blos von der Menge abzuhängen, welche die Auflösung davon im Augenblick des Krystallisirens enthält. So wissen wir, daß das Kochsalz wie der Salmiak in Würfeln anschiesßen, wenn die Auflösung Harnstoff enthält; phosphorsaures Bleioxyd und phosphorsaurer Baryt nehmen bei der Fällung eine gewisse Menge salpetersaures Bleioxyd und salpetersauren Baryt mit sich. Salmiak krystallisirt aus einer Auflösung von Eisenchlorid in rubinrothen Würfeln, welche gleichwohl nur eine sehr geringe Menge dieses Salzes enthalten, und sie beim Umkrystallisiren ganz verlieren, worauf wieder gewöhnliche Salmiakkrystalle entstehen. Berzelius und Beudant haben zahlreiche Erfahrungen hierüber gesammelt.

Dieser Fall mag oft bei krystallisirten Fossilien eingetreten sein, besonders da, wo wir sehen, daß mehrere neben und durch einander krystallisirt sind; in diesem Falle können nur wiederholte Analysen von verschiedenen Abänderungen über die Zusammensetzung entscheiden.

Was nun die richtige Zusammenpaarung der gefundenen Bestandtheile, oder die Ausmittelung der Constitution der Mineralien betrifft, so ist dies ein zweiter Hauptpunkt bei der Berechnung von Analysen. Es ist klar, daß, wenn wir bei der Vorstellung von der Mischung eines Salzes, z. B. des Alauns, nicht weiter gingen, als ihn aus Kalium, Aluminium, Schwefel, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt zu betrachten, in wissenschaftlicher Hinsicht wenig gewonnen wäre. Wir kommen der Natur seiner Mischung einen Schritt näher, wenn wir die einzelnen Stoffe zusammenpaaren, und ihn als aus Schwefelsäure, Thonerde, Kali und Wasser zusammenge-

setzt ansehen. Dies geschah schon seit langer Zeit, und dadurch entstand der Name eines Tripelsalzes. Der nächste Schritt zu einer vollkommeneren Kenntniss war nun, ihn als aus schwefelsaurem Kali und schwefelsaurer Thonerde mit Krystallwasser bestehend zu betrachten, wodurch der Name eines Doppelsalzes für ihn und ähnliche Verbindungen in Anwendung kam. Endlich vollendete gleichsam die Lehre von den bestimmten Proportionen unsere Vorstellung von der Zusammensetzung dieses Salzes, indem sie zeigte, dafs es aus 1 At. schwefelsaurem Kali, 1 At. schwefelsaurer Thonerde und 24 At. Wasser besteht.

Diese Betrachtungsweise wurde natürlich auch für die Mineralien nothwendig, und die zahlreichen vortrefflichen Analysen Klaproth's wurden von Berzelius mit dem besten Erfolge benutzt, auch an ihnen die Richtigkeit der Proportionenlehre darzuthun. Ein grofser Schritt zur Kenntniss dieser Verhältnisse geschah durch Berechnung der zahlreichen Klasse der sogenannten Steine, oder derjenigen Mineralien, in welchen die Kieselerde als elektronegativer Bestandtheil auftritt; die Kieselsäure wurde als eine wirkliche Säure erkannt, und ihre Verbindungen von anderen als Silikate unterschieden.

Die Kieselsäure hat mit anderen schwachen Säuren die Eigenschaft gemein, sich mit den Basen in mehrfachen und zahlreichen Sättigungsgraden zu verbinden. Diejenigen kieselsauren Salze, in denen der Sauerstoff der Säure gleich dem der Basis ist, wurden schlechthin Silikate genannt; solche, in denen der Sauerstoff der Kieselsäure doppelt so grofs als der der Basis ist, heifsen Bisilikate, und solche, in denen dies Verhältniss = 3:1 ist, heifsen Trisilikate. Die basischen kieselsauren Salze, in denen der Sauerstoffgehalt der Kieselsäure geringer ist als der der Basis, hat man Subsilikate genannt.

Aus Gründen, deren Erörterung hier zu weit führen würde, betrachten wir die Kieselsäure als bestehend aus 1 At. Kiesel und 3 At. Sauerstoff. Nach Analogie mit anderen Säuren betrachtet man nun die Trisilikate als neutrale kieselsaure Salze, und richtet danach die Nomenklatur der übr-

gen Sättigungsstufen. Zur leichteren Uebersicht diene folgende Zusammenstellung, in welcher die Kieselsäure durch $\ddot{\text{Si}}$, alle Basen, welche 1 At. Sauerstoff enthalten, durch $\dot{\text{R}}$, und alle diejenigen, welche 3 At. Sauerstoff gegen 2 At. Radikal enthalten, durch $\ddot{\text{R}}$ bezeichnet sind.

Saure Salze.

Sauerstoff von
Basis. Säure.

- 1 : 12 Vierfach kieselsaure Salze $\dot{\text{R}}\ddot{\text{Si}}^4$ oder $\ddot{\text{R}}\ddot{\text{Si}}^{12}$
 1 : 9 Dreifach kieselsaure Salze $\dot{\text{R}}\ddot{\text{Si}}^3$ — $\ddot{\text{R}}\ddot{\text{Si}}^9$
 1 : 6 Zweifach kieselsaure Salze $\dot{\text{R}}\ddot{\text{Si}}^2$ — $\ddot{\text{R}}\ddot{\text{Si}}^6$
 1 : $4\frac{1}{2}$ Anderthalbfach kieselsaure Salze $\dot{\text{R}}^2\ddot{\text{Si}}^3$ — $\ddot{\text{R}}^2\ddot{\text{Si}}^9$
 1 : 4 Vierdrittel kieselsaure Salze $\dot{\text{R}}^3\ddot{\text{Si}}^4$ — $\ddot{\text{R}}\ddot{\text{Si}}^4$
 1 : 3 Neutrale oder einfach kiesels. Salze $\dot{\text{R}}\ddot{\text{Si}}$ — $\ddot{\text{R}}\ddot{\text{Si}}^3$

Basische Salze.

- 1 : 2 Zweidrittel- (oder halb basisch) kieselsaure Salze
 $\dot{\text{R}}^3\ddot{\text{Si}}^2$ — $\ddot{\text{R}}\ddot{\text{Si}}^2$
 1 : $1\frac{1}{2}$ Halb- (oder einfach basisch) kieselsaure Salze
 $\dot{\text{R}}^2\ddot{\text{Si}}$ — $\ddot{\text{R}}^2\ddot{\text{Si}}^3$
 1 : 1 Drittel- (oder zweifach basisch) kieselsaure Salze
 $\dot{\text{R}}^3\ddot{\text{Si}}$ — $\ddot{\text{R}}\ddot{\text{Si}}$
 $1\frac{1}{3}$: 1 Viertel- (oder dreifach basisch) kieselsaure Salze
 $\dot{\text{R}}^4\ddot{\text{Si}}$ — $\ddot{\text{R}}^4\ddot{\text{Si}}^3$
 $1\frac{1}{2}$: 1 Zweineuntel- (oder $3\frac{1}{2}$ fach basisch) kiesels. Salze
 $\dot{\text{R}}^9\ddot{\text{Si}}^2$ — $\ddot{\text{R}}^3\ddot{\text{Si}}^2$
 2 : 1 Sechstel- (oder 5fach basisch) kieselsaure Salze
 $\dot{\text{R}}^6\ddot{\text{Si}}$ — $\ddot{\text{R}}^2\ddot{\text{Si}}$
 3 : 1 Neuntel- (oder 8fach basisch) kieselsaure Salze
 $\dot{\text{R}}^9\ddot{\text{Si}}$ — $\ddot{\text{R}}^3\ddot{\text{Si}}$

Doch sind einfache Silikate unter den Mineralien gerade nicht sehr zahlreich; viel gewöhnlicher sind Doppelsilikate, theils wasserfrei, theils mit Krystallwasser verbunden. Diese Salze folgen in ihrer Constitution ganz denselben Gesetzen, wie die künstlich darstellbaren Doppelsalze, was insbesondere

das multiple Sauerstoffverhältnifs beider Basen betrifft. Setzt man z. B. im Feldspath an die Stelle des Kiesels Schwefel, so wäre die Verbindung wasserfreier Alaun.

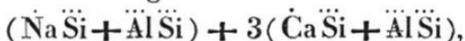
Die Natur bringt aber noch mannichfaltigere Verbindungen unter den Silikaten hervor, von denen wir unter den künstlich darstellbaren Salzen nichts Aehnliches aufzuweisen haben. Denn es giebt Silikate mit 3, 4, 6 und mehr Basen, welche alle zusammen eine Verbindung ausmachen, deren vollkommen krystallinische Struktur und constantes Vorkommen an vielen Orten uns lehrt, dafs sie ein chemisches Ganzes ausmachen. Die Ursache, weshalb Verbindungen dieser Art fast noch gar nicht künstlich hervorgebracht sind, liegt keinesweges darin, dafs die sehr schwachen chemischen Verwandtschaften bei unseren Versuchen nicht wirksam werden, sondern zum Theil darin, dafs wir bei unseren Versuchen zur Trennung der Verbindungen solche Kräfte anwenden müssen, wodurch die Wirkung der schwächeren Verwandtschaften ganz aufgehoben wird, zum Theil auch darin, dafs bisher nur selten Versuche in der Absicht angestellt sind, um solche Körper zusammengesetzterer Art zu bilden, wie sie im Mineralreich vorkommen. Doch kennt man deren allerdings einige. Berzelius hat gezeigt, dafs durch Zusammenschmelzen von Thonerde, Kieselsäure und kohlensaurem Kali ein Drittelsilikat von beiden Basen gebildet wird, während auf nassem Wege ein Zweidrittelsilikat (von der Mischung des Leucits) erhalten werden kann.

Bei den natürlichen Doppelsilikaten finden wir nicht selten solche, wo beide Basen nicht auf gleicher Sättigungsstufe stehen, ein Fall, der bei künstlichen Doppelsalzen selten vorkommt, indessen nicht ohne Beispiel ist, wie z. B. Berzelius eine Verbindung von zweifach kohlensaurem Kali und neutraler kohlenaurer Talkerde aufgefunden hat; und solcher Doppelsalze mag es noch viele geben, die bei absichtlich deswegen angestellter Untersuchung gewifs leicht entdeckt werden könnten.

Es bleibt nun noch übrig, den Fall zu betrachten, wenn ein Silikat drei oder mehr Basen enthält, oder besser ganz allgemein, wenn ein elektronegativer Körper mit mehr als zwei

elektropositiven Körpern verbunden vorkommt. Da dieser Fall gerade bei den Silikaten sehr häufig eintritt, so muß es für die Beurtheilung der Constitution eines derartigen Minerals von großer Wichtigkeit sein, alle Gründe für die wahrscheinlichste Art der Zusammengruppirung der einzelnen Bestandtheile gehörig ins Auge zu fassen, und bei näherer Betrachtung finden wir, daß, in Betracht unserer dermaligen chemischen Kenntnisse, zwei Fälle hier zu unterscheiden seien.

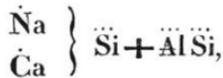
Entweder muß, der elektrochemischen Theorie gemäß, eine solche complicirte Verbindung in einfachere zerfallen, z. B. ein Silikat, welches 3 Basen, A, B und C enthält, muß nothwendig betrachtet werden als eine Verbindung zweier Doppelsalze, z. B. von $AS + BS$, verbunden mit $AS + CS$, wobei die Art der Gruppierung natürlich von der Natur dieser Basen, und von dem Verhältniß ihres Sauerstoffs sowohl unter sich als zu dem Sauerstoffgehalt der Kieselsäure abhängt. Derselbe Grundsatz muß bei Silikaten von vier oder mehr Basen in Anwendung gebracht werden. Als Beispiele dürfen wir den Labrador wählen, ein Silikat von Thonerde, Kalkerde und Natron, deren stöchiometrisches Verhältniß zu folgendem Ausdruck geführt hat:



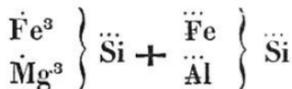
oder den Granat von Finbo, dessen Basen Talkerde, Thonerde, Eisenoxydul und Oxyd sind, und welcher folgende Formel erhält: $(\text{Fe}^3\ddot{\text{Si}} + \ddot{\text{Fe}}\ddot{\text{Si}}) + 8(\text{Mg}^3\ddot{\text{Si}} + \ddot{\text{Al}}\ddot{\text{Si}})$.

Seitdem wir aber wissen, daß ähnlich zusammengesetzte Körper sich gegenseitig ersetzen können, und zahlreiche Beispiele zuerst an künstlich dargestellten Verbindungen die Lehre von der Isomorphie begründet haben, mußte diese Entdeckung auch auf die Verbindungen des Mineralreichs angewendet werden, und nun erst fand man durch sie den Schlüssel zum Verständniß der wahren Natur vieler Mineralien, deren Analysen vorher gar nicht mit den Gesetzen der bestimmten Proportionen übereinzustimmen schienen. Ohne Zweifel begann mit der Anwendung dieser Lehre eine neue Epoche für die chemische Mineralogie, und die Arbeiten v. Bonsdorf's über die Hornblenden, H. Rose's über die Augite, und Trolle-Wachmeister's über die Granaten waren die ersten Früchte

derselben. Es kann nun die Zusammensetzung complicirter Verbindungen, welche isomorphe elektropositive oder negative Glieder enthalten, leicht gedeutet werden, und die Mehrzahl der Fälle, in denen man früher Verbindungen von Doppelsalzen anzunehmen genöthigt war, hat sich auf einfache oder Doppelsalze reducirt. Da isomorphe Basen, den bisherigen Erfahrungen im Mineralreiche zufolge, sich gleichwohl nicht in ganz unbestimmten, sondern in einfachen multiplen Verhältnissen ersetzen, so lassen viele Mineralien einen doppelten Ausdruck zu, wie man an den angeführten Beispielen, dem Labrador und dem Granat, sieht; jener kann ganz allgemein mit



und dieser durch



bezeichnet werden.

Es ist indessen nicht zu läugnen, dafs hierbei öfters Voraussetzungen gemacht werden, welche nicht aus direkter Erfahrung hervorgegangen sind. So hat man die Isomorphie der Alkalien unter sich und mit Kalkerde, Talkerde, Eisenoxydul in vielen Formeln angenommen, ungeachtet die entsprechenden Salze keinesweges isomorph sind. Freilich giebt es That-sachen, welche eine Dimorphie mancher dieser Salze theils schon erwiesen haben, theils sehr wahrscheinlich machen, so dafs ihre Isomorphie sich wohl bestätigen könnte. Dennoch bleibt immer das einfache stöchiometrische Verhältnifs, bei Oxyden z. B. des Sauerstoffs, welches zwischen der Gesamt-masse aller isomorphen Glieder von gleicher elektrochemischer Natur und denen entgegengesetzter stattfindet, der nächste und triftigste Grund, diese Glieder als isomorph zu betrachten, insbesondere, wenn der Ausdruck des Ganzen dadurch sehr vereinfacht wird.

Beudant hat die Zusammensetzung vieler Mineralien auf eine eigenthümliche Art zu erklären gesucht. Bekannt ist es, dafs Substanzen beim Krystallisiren häufig etwas von der

Mutterlauge, und falls diese eine fremdartige Verbindung aufgelöst enthält, auch mehr oder weniger von dieser enthalten. Das Zusammenvorkommen der Mineralien berücksichtigend, hat er eigene und fremde Analysen zu berechnen, und die relativen Mengen der selbstständigen Mineralien zu bestimmen gesucht, welche darin enthalten waren. Die Einmengenungen betragen aber nicht immer einige Prozente, sondern machen, nach seiner Art zu rechnen, oft 20, 30 und mehr Prozent aus.

Berzelius hat darauf aufmerksam gemacht, daß Beudant bei seinen Betrachtungen über Gemengtsein krystallirter oder krystallinischer Substanzen nicht den Fall unterschieden habe, wo die krystallisirende Flüssigkeit noch nichts Festes suspendirt enthielt, und den, wo sie mit darin aufgeschlammten Stoffen, oder schon abgesetzten kleinen Krystallen gemengt ist, um welche das später Krystallisirende sich absetzt. In letzterem Fall kann freilich eine solche Einmischung oft mehr betragen, als die Substanz selbst, allein es fehlt dann in der Regel nicht an äußeren Kennzeichen, welche uns sagen, daß wir es hier sichtlich mit einem Gemenge zu thun haben, dessen Analyse gewiß Niemand anstellen wird, der die Natur einer Mineralmischung erkennen will, falls ihm reinere Stücke der Substanz zu Gebote stehen. In dem Fall aber, wo wir es mit krystallisirten Körpern zu thun haben, die aus einer vollkommen flüssigen Masse angeschossen sind, können die Fremdarten in der Regel nicht durch äußere Mittel entdeckt werden, aber auch niemals mehr als einen geringen Antheil ausmachen, wie direkte Versuche gelehrt haben. Andererseits hat Beudant dabei viel zu sehr der Richtigkeit von Analysen, namentlich seiner eigenen, vertraut, während man bei Beurtheilung der Zusammensetzung eines Minerals die besten vorhandenen Untersuchungen benutzen muß, sich nie aber auf eine einzelne Analyse verlassen darf.

Berzelius, Versuch, durch Anwendung der elektro-chemischen Theorie und der chemischen Proportionenlehre ein rein wissenschaftliches System der Mineralogie zu begründen. Aus dem Schwed. übersetzt von Gehlen; in Schweigger's Journ. XI. 193. XII. 17. XV. 277. 419.

- Berzelius, Untersuchung von Verbindungen, welche auf schwächeren Verwandtschaften beruhen. Ebendas. XXXI. 258.
- Schubert, über die stöchiometrische Mischung der Fossilien. Eben-
dasselbst XV. 200.
- Berzelius, über die Veränderungen, welche in dem chemischen Mi-
neralsysteme durch die Eigenschaft der isomorphen Körper, ein-
ander in unbestimmten Verhältnissen zu ersetzen, nothwendig ge-
worden sind. Poggendorff's Annalen XII. I. 631.
- Beudant, recherches sur la manière de discuter les analyses chimi-
ques, pour parvenir à déterminer exactement la composition des
minéraux. Mémoires de l'Acad. royale des Sciences de l'Institut
de France VIII. 221. (1829.)
- Berzelius, über Beudant's Abhandlung, in S. Jahresbericht etc.
X. 161.
- Gerhardt, über die Formeln der natürlich vorkommenden Silikate;
in Erdmann's und Schweigger-Seidel's Journ. f. prakt.
Chemie IV. 44. 105.
- Berzelius, über Gerhardt's Abhandlung, in S. Jahresbericht XVI.
165.

II. Ueber die Art und Weise der Berechnung im Besonderen.
Construction der Formeln.

Indem wir die allgemeinen stöchiometrischen Grundleh-
ren als bekannt voraussetzen, beschränken wir uns hier ein-
zig und allein auf ihre Anwendung zur Berechnung von Mi-
neralanalysen. Sobald die Analyse die relativen Gewichtsmen-
gen der Bestandtheile gegeben hat, so ist die relative Zahl
der Atome dieser Bestandtheile aufzusuchen. Dies geschieht
ganz einfach und allgemein dadurch, daß man das (procenti-
sche) Gewicht jedes Stoffs durch das diesem Stoff zugehö-
rige Atomgewicht dividirt. Die Quotienten stehen dann, wenn
die analysirte Substanz kein Gemenge, sondern eine chemi-
sche Verbindung ist, in einem einfachen Verhältnisse.

Es ist z. B. nach Berthier die Zusammensetzung des
Feldspaths (Adulars):

Kieselsäure	64,20
Thonerde	18,40
Kali	16,95
	<hr/>
	99,55

Ferner ist das Atomgewicht der Kieselsäure = 577,31,

das der Thonerde = 642,33, und das des Kalis = 589,91; so ist $\frac{64,2}{577,31} = 0,111$; $\frac{18,4}{642,33} = 0,028$; $\frac{16,95}{589,91} = 0,028$. Die Anzahl der Atome der Kieselsäure, der Thonerde und des Kalis verhalten sich also = 111 : 28 : 28, d. h. = 4 : 1 : 1; der Feldspath enthält also 4 At. Kieselsäure gegen 1 At. Thonerde und 1 At. Kali.

Das dunkle Rothgültigerz von Andreasberg enthält nach Bonsdorf:

Silber	58,949
Antimon	22,846
Schwefel	16,609
Erdige Theile	0,299
	<u>98,703</u>

Das Atomgewicht des Silbers ist = 1351,61, des Antimons = 806,45, des Schwefels = 207,17. Nun ist

$$\frac{16,949}{1351,61} = 0,043 \dots \quad \frac{22,846}{806,45} = 0,028 \dots \text{ und}$$

$\frac{16,609}{207,17} = 0,082 \dots$, oder die Anzahl der Atome von Silber,

Antimon und Schwefel steht in dem Verhältnifs von 43 : 28,82, oder von 3 : 2 : 6, denn dies würde, ausgehend von der kleinsten Zahl als Einheit, 42 : 28 : 84 sein. Das Rothgültigerz enthält folglich 3 At. Silber gegen 2 At. Antimon und 6 At. Schwefel.

Wenn aber, wie in diesen Beispielen, die sämtlichen elektropositiven Bestandtheile mit einem einzigen elektronegativen Element verbunden sind, so kann die Rechnung auch auf die Art geschehen, dafs man die Menge des elektronegativen Bestandtheils, welche sich mit jedem der elektropositiven Bestandtheile verbindet, aufsucht. Die erhaltenen Quotienten stehen dann in einem einfachen multiplen Verhältnisse, welches unmittelbar die Anzahl der Atome jedes Stoffs darlegt.

Nehmen wir z. B. den Feldspath, so sehen wir, dafs sämtliche Bestandtheile Oxyde sind; es mufs also ihr Sauerstoffgehalt aufgesucht werden, welches leicht geschieht, wenn man weifs, dafs die Kieselsäure 51,96 p.C., die Thonerde 46,7 p.C., und das Kali 16,95 p.C. Sauerstoff enthalten.

Es ergibt sich dann folgendes Resultat:

Kieselsäure	64,20	enthalten	33,35	Sauerstoff
Thonerde	18,40	-	8,59	-
Kali	16,95	-	2,87	-

Wird 2,87 als communis divisor betrachtet, und =1 gesetzt, so ist das Sauerstoffverhältniß = 11,62 : 2,99 : 1,00, woraus wir schliessen können, dafs es eigentlich = 12 : 3 : 1 sei, und die Abweichungen in Fehlern der Analyse liegen. Da 1 At. Kieselsäure 3 At. Sauerstoff enthält, so sind hier 4 At. Kieselsäure; da 1 At. Thonerde 3 At. Sauerstoff, und 1 At. Kali 1 At. Sauerstoff enthalten, so sind hier 1 At. Thonerde und 1 At. Kali in Verbindung; wir sind also zu demselben Resultat gelangt, wie es die Division der procentischen Zahlen durch die Atomgewichte gegeben hatte.

Kehren wir nun zu dem Beispiele des Rothgültigerzes zurück, und wissen wir, dafs 87,04 Theile Silber sich mit 12,96 Th. Schwefel, und 72,77 Th. Antimon sich mit 27,33 Th. Schwefel verbinden, so finden wir, dafs

58,949 Silber	erfordern	8,78 Schwefel
22,846 Antimon	-	8,56 -

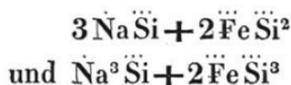
so dafs 67,73 Schwefelsilber und 31,4 Schwefelantimon verbunden sein würden. Die Schwefelmengen in beiden sind einander offenbar gleich. Da nun 1 At. Schwefelsilber 1 At. Schwefel enthält, 1 At. Schwefelantimon hingegen 3 At. des letzteren, so folgt, dafs im Rothgültigerze 3 At. Schwefelsilber und 1 At. Schwefelantimon, oder 3 At. Silber, 2 At. Antimon und 6 At. Schwefel eine Verbindung eingegangen sind.

Nachdem auf solche Art die relative Anzahl der Atome einer Mineralmischung ermittelt ist, so läfst sich durch eine Formel leicht ein Bild derselben entwerfen. Im Feldspath muß die Kieselsäure als Säure mit der Thonerde und dem Kali, als Basen, zu einem Doppelsalze verbunden sein, und zwar ist es ganz natürlich, anzunehmen, dafs beide einfache Silikate auf gleicher Sättigungsstufe stehen.

In diesem Falle sind beide neutrale Salze, und die Formel ist folglich: $\overset{\cdot\cdot}{\text{K}}\overset{\cdot\cdot}{\text{Si}} + \overset{\cdot\cdot}{\text{Al}}\overset{\cdot\cdot}{\text{Si}}^3$, worin das Sauerstoffverhältniß in beiden Salzen deutlich ihren neutralen Zustand bezeichnet.

Die Formel des Rothgültigerzes, Ag^3Sb , ergibt sich so unmittelbar aus der Rechnung, dafs es unnöthig ist, darüber noch Etwas hinzuzufügen.

Nicht immer ist jedoch die Construction der Formel so einfach und ihre Richtigkeit aufser Zweifel gestellt, wie beim Feldspath. Wenn z. B. ein Mineral aus Kieselsäure, Eisenoxyd und Natron in dem Verhältnisse zusammengesetzt ist, dafs der Sauerstoffgehalt dieser drei Stoffe $= 7:2:1$ ist, so läfst sich keine Formel daraus construiren, in welcher das kieselsaure Natron und das kieselsaure Eisenoxyd auf gleicher Stufe der Sättigung ständen, wie dies beim Feldspath der Fall ist; indessen lassen sich aus dem angeführten Sauerstoffverhältnifs zwei Formeln bilden, deren jede ihm genau entspricht, nämlich:



Es fragt sich mithin, welche von beiden die wahrscheinlichste ist. Da das Natron eine viel stärkere Basis als das Eisenoxyd ist, welches zuweilen selbst elektronegativ sich verhält, so müssen wir auch annehmen, dafs, als beide Silikate sich gebildet haben, das Natron auch eine gröfsere Menge Säure gebunden haben werde als das Eisenoxyd, und insofern verdient die erste Formel den Vorzug, da sie neutrales kieselsaures Natron und zweidrittel kieselsaures Eisenoxyd enthält, während die zweite Formel drittel kieselsaures Natron, verbunden mit neutralem kieselsaurem Eisenoxyd, voraussetzt.

Es ist also bei der Bildung einer Formel die stärkere Base immer als auf einer höheren Sättigungsstufe stehend anzunehmen, als die schwächere, wenn anders beide Salze nicht auf gleicher Stufe stehen können.

Eine geringe Modifikation erleidet die Berechnung solcher Verbindungen, welche mehrere isomorphe Bestandtheile enthalten.

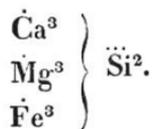
Finden sich mehrere solcher isomorphen Körper in einer Mineralmischung vor, so darf man nur, wie gewöhnlich, zuerst durch Division eines jeden durch sein Atomgewicht die

relative Atomenanzahl ermitteln, und dann dieselbe bei allen addiren, und bei Construction der Formel gerade so verfahren, als wenn die erhaltene Summe nur einem einzigen Stoffe angehörte. Die einzelnen isomorphen Substanzen werden in der Formel dadurch bezeichnet, daß man ihre Symbole unter einander setzt.

Wählen wir als Beispiel H. Rose's Analyse des weißen Malakoliths (Augits) von Orriärfvi:

Kieselsäure	54,64	9,5
Kalkerde	24,94	7,0
Talkerde	18,00	7,0
Eisenoxydul	1,08	0,2
Glühverlust	2,00	
	<hr/>	
	100,66	

so sind die beigetzten Zahlen die Quotienten aus der Division der respectiven Atomgewichte in die procentischen Angaben. Man sieht, die Analyse giebt 14,2 Atome Basen gegen 9,5 At. Säure, was deutlich zeigt, daß das wahre Verhältniß = 15 : 10 = 3 : 2 ist. Die Formel dieses Augits ist folglich



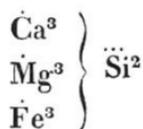
Viel einfacher ist es aber, bei Berechnungen dieser Art nur die Mengen des allen isomorphen Bestandtheilen gemeinsamen elektronegativen Elements, des Sauerstoffs also oder des Schwefels, zu addiren, und dann, wie früher angegeben, zu verfahren.

So ist in dem gegebenen Beispiele:

Kieselsäure	54,64	der Sauerstoff	= 28,35
Kalkerde	24,94	-	= 6,98
Talkerde	18,00	-	= 6,96
Eisenoxydul	1,08	-	= 0,24

Der Sauerstoffgehalt der 3 isomorphen Basen zusammen beträgt 14,18, und diese Zahl ist die Hälfte von 28,35. Wir sehen daraus, daß der Augit ein Zweidrittelsilikat ist, worin

also der Sauerstoff der Kieselsäure sich zu dem der Basen wie 2:1 verhält, und die Formel



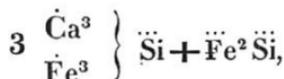
ist auch hier das Resultat der Rechnung.

Dafs Kalk- und Talkerde hier zu gleichen Mengen vorhanden sind, ist nicht zufällig, sondern eine große Zahl von Beispielen lehrt, dafs isomorphe Basen sich vorzugsweise nach bestimmten Proportionen ersetzen. Man kann deshalb die Formeln, um dies auszudrücken, auch anders schreiben, so dafs z. B. jener Augit, als ein Doppelsalz betrachtet, ebenso richtig durch $\text{Ca}^3\ddot{\text{Si}}^2 + \text{Mg}^3\ddot{\text{Si}}^2$ bezeichnet wird (da die kleine Menge Eisenoxydulsilikat füglich vernachlässigt werden kann).

In Betreff der Schreibart der Formeln ist zu bemerken, dafs mehrere Chemiker die isomorphen Basen nicht unterscheiden nebeneinander stellen, und in Parenthese setzen, was jedoch weniger gut sein möchte.

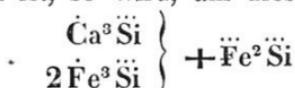
Um die relativen Mengen isomorpher Körper in der Formel auszudrücken, setzt man die bezeichnende Zahl vor die betreffenden Symbole. Gesetzt, wir fänden, dafs die Zusammensetzung des Lievrits von der Art wäre, dafs der Sauerstoffgehalt des Eisenoxyduls gleich ist dem des Eisenoxyds, der der Kalkerde halb so groß, und der der Kieselsäure doppelt so groß, so folgt, dafs in dem Fossil 3 At. Kalkerde, 6 At. Eisenoxydul, 2 At. Eisenoxyd und 4 At. Kieselsäure enthalten sein müssen, welche geben: 1 At. drittel kieselsaure Kalkerde, 2 At. drittel kieselsaures Eisenoxydul und 1 At. sechstel kieselsaures Eisenoxyd = $\text{Ca}^3\ddot{\text{Si}} + 2\text{Fe}^3\ddot{\text{Si}} + \text{Fe}^2\ddot{\text{Si}}$.

Die Formel würde ganz allgemein, ohne auf die relativen Mengen von Kalkerde und Eisenoxydul Rücksicht zu nehmen, folgende sein:

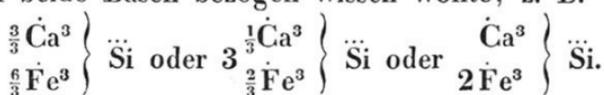


womit nicht 9 At. Kalkerde und 9 At. Eisenoxydul angezeigt sind, sondern 9 At. von beiden zusammengenommen. Wenn

nun aber doppelt so viel Eisenoxydulsilikat als Kalkerdesilikat vorhanden ist, so wird, um dies auszudrücken, die Formel



geschrieben, und in diesem Fall erhält die als Exponent bei jedem einzelnen Symbol stehende Zahl ihre gewöhnliche Bedeutung wieder, so daß wir lesen müssen: 3 At. Kalkerde und 6 At. Eisenoxydul. Es würde leicht zu Mißverständnissen Anlaß geben, wenn man auch in diesem Fall das Zeichen der Kieselsäure nur einmal setzen, und durch eine Klammer auf beide Basen bezogen wissen wollte; z. B.



Sollen isomorphe Schwefelmetalle in eine Formel aufgenommen werden, so ist die Rechnung nach ganz ähnlichen Grundsätzen, wie die so eben erläuterten, auszuführen.

Die Basis aller chemischen Rechnungen sind die Atomgewichtszahlen der Elementarkörper, welche wir, mit Berzelius, sämtlich auf das Gewicht des Sauerstoffs, welches = 100 gesetzt ist, beziehen. Da nun aber diese Zahlen im Laufe der Zeit hin und wieder Berichtigungen erhalten, so müssen auch die Resultate stöchiometrischer Rechnungen sich danach modifiziren. Aus diesem Grunde ist es von der größten Wichtigkeit, bei der Revision früherer Analysen und danach entworfenen Formeln, auch die von den Verfassern der Berechnung zu Grunde gelegten Atomgewichte zu kennen. Die Nichtbeachtung dieses Umstandes ist Ursache, daß neuere Schriftsteller zuweilen ältere Analysen citiren, und dabei bemerken, die von ihren Verfassern gegebenen Formeln liefern, wenn man sie berechnet (d. h. mit den jetzt geltenden Atomgewichtszahlen) durchaus kein mit dem Versuche übereinstimmendes Resultat — etwas, was leicht erklärlich ist; daher man in solchem Fall das Detail der Analyse kennen, und mit Anwendung der berichtigten Zahlen eine Correktion des Resultats anbringen muß.

Die nachstehende Tafel enthält die in diesem Werke gebrauchten Atomgewichte der Elemente, außerdem aber noch zur Erleichterung von Berechnungen die Atomgewichte und die procentische Zusammensetzung der wichtigsten Oxyde und Schwefelmetalle.

Aluminium	Al	342,334	Molybdän	Mo	598,525
Antimon	Sb	1612,904	Natrium	Na	290,897
Arsenik	As	940,084	Nickel	Ni	369,675
Baryum	Ba	856,880	Osmium	Os	1244,210
Beryllium	Be	662,958	Palladium	Pd	665,840
Blei	Pb	1294,498	Phosphor	P	392,286
Bor	B	135,983	Platin	Pt	1233,260
Brom	Br	978,300	Quecksilber	Hy	1265,822
Cadmium	Cd	696,767	Rhodium	R	651,400
Calcium	Ca	256,019	Schwefel	S	201,165
Cer	Ce	574,718 (?)	Selen	Se	494,582
Chlor	Cl	442,650	Silber	Ag	1351,607
Chrom	Cr	351,819	Stickstoff	N	177,036
Eisen	Fe	339,213	Strontium	Sr	547,285
Fluor	Fl	233,800	Tantal	Ta	1153,715
Gold	Au	1243,013	Tellur	Te	802,121
Jod	J	1578,290	Thorium	Th	744,900
Iridium	Ir	1233,260	Titan	Ti	303,686
Kalium	K	489,916	Uran	U	2711,360
Kiesel	Si	277,312	Vanadin	V	855,840
Kobalt	Co	368,991	Wasserstoff	H	12,479
Kohle	C	76,437	Wismuth	Bi	886,918
Kupfer	Cu	395,695	Wolfram	W	1183,200
Lanthan	La	noch nicht bekannt	Yttrium	Y	402,514
Lithium	L	80,375	Zink	Zn	403,226
Magnesium	Mg	158,353	Zinn	Sn	735,294
Mangan	Mn	345,890	Zirconium	Zr	840,402 ¹⁾

1) In dieser Tafel stehen bei den Stoffen, welche in der Regel zu Doppelatomen Verbindungen eingehen, nur die Werthe für diese, als die gewöhnlich gebrauchten.

O x y d e.

		Atom- gewicht.	Sauerstoff in 100 Theilen.
Arseniksäure	As	1440,08	34,72
Baryterde	Ba	956,88	10,45
Beryllerde	Be	962,52	31,17
Bleioxyd	Pb	1394,50	7,17
Borsäure	B	436,20	68,78
Ceroxydul	Ce	674,72	14,82
Ceroxyd	Ce	1449,39	20,70 ¹⁾
Chromoxyd	Cr	1003,63	29,89
Chromsäure	Cr	651,82	46,03
Eisenoxydul	Fe	439,21	22,77
Eisenoxyd	Fe	978,41	30,66
Kali	K	598,91	16,95
Kalkerde	Ca	356,02	28,09
Kieselsäure	Si	577,31	51,96
Kobaltoxyd	Co	468,99	21,32
Kohlensäure	C	276,44	72,35
Kupferoxyd	Cu	495,69	20,17
Lithion	L	180,37	55,45
Manganoxydul	Mn	445,89	22,43
Manganoxyd	Mn	991,77	30,25
Molybdänsäure	Mo	898,52	33,39
Natron	Na	390,90	25,58
Nickeloxyd	Ni	469,68	21,29
Phosphorsäure	P	892,28	56,04
Salpetersäure	N	677,04	73,85
Schwefelsäure	S	501,16	59,86
Strontianerde	Sr	647,29	15,45
Talkerde	Mg	258,35	38,71

Hier gilt die oben gemachte Bemerkung.

		Atom- gewicht.	Sauerstoff in 100 Theilen.
Thonerde	Al	642,33	46,70
Titansäure	Ti	503,68	39,71
Uranoxyd	U	5722,72	5,24
Wasser	H	112,48	88,89
Wismuthoxyd	Bi	986,92	10,13
Wolframsäure	W	1483,00	20,23
Yttererde	Y	502,51	19,90
Zinkoxyd	Zn	503,23	19,87
Zinnoxyd	Sn	935,29	21,38
Zirkonerde	Zr	1140,40	26,31

S c h w e f e l m e t a l l e .

		Atom- gewicht.	Schwefel in 100 Theilen.
Schwefelantimon (unteran- timoniges Sulfid)	Sb	2216,40	27,23
Schwefelarsenik (arseniges Sulfid)	As	1543,58	39,10
Schwefelblei	Pb	1495,66	13,45
Schwefeleisen:			
1) Sulfuret	Fe	540,37	37,23
2) Sesquisulfuret	Fe	1281,90	47,08
Schwefelkupfer:			
1) Sulfuret	Cu	992,56	20,27
2) Bisulfuret	Cu	596,86	33,70
Schwefelsilber	Ag	1552,77	12,96
Schwefelzink	Zn	604,39	33,28
Schwefelzinn:			
1) Sulfuret	Sn	936,46	21,48
2) Sulfid	Sn	1137,62	35,37