



Elemente der Mineralogie

Naumann, Carl Friedrich

Leipzig, 1901

1. Elemente, ihre Zeichen und Atomgewichte.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-84232](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-84232)

vergessen, dass es die Mineralogie mit den Körpern, und nicht lediglich mit der Substanz derselben zu thun hat, dass also eine bloße chemische Kenntniss der Mineralien nicht das ist, was der Mineralogie genügen kann. Wer in dem Mineral nur eine Substanz anerkennt, der ist Demjenigen zu vergleichen, welcher in einer Marmorstatue nur kohlensauen Kalk sieht.

I. Abtheilung. Von der chemischen Constitution der Mineralien.

1. Elemente, ihre Zeichen und Atomgewichte.

§ 144. Man kennt gegenwärtig ca. 70 Elemente oder bisher unzerlegte Stoffe, welche sich, soweit sie genauer bekannt sind, nach gewissen Eigenschaften in folgende Abtheilungen bringen lassen:

- I. Nicht-metallische Elemente (sogenannte Metalloide); meist gasige oder feste Körper, welche letztere nur selten metalloiden Habitus besitzen, und schlechte Leiter der Elektrizität und Wärme sind;
 - 1) gewöhnlich gasig: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Helium, Argon, Chlor, Fluor;
 - 2) gewöhnlich flüssig: Brom;
 - 3) gewöhnlich fest: Kohlenstoff, Phosphor, Schwefel, Bor, Selen, Jod, Silicium.
- II. Metallische Elemente; bei gewöhnlicher Temperatur feste Körper (mit Ausnahme des Quecksilbers); in der Regel von metallischem Habitus und von grossem Leitungsvermögen für Elektrizität und Wärme.
 - A. Leichte Metalle; sie haben ein spezifisches Gewicht unter 5, und grosse Affinität zum Sauerstoff.
 - a) Alkalimetalle; Kalium, Natrium, Lithium, Cäsium, Rubidium, Baryum, Strontium, Calcium.
 - b) Erdmetalle; Magnesium, Lanthan, Yttrium, Erbium, Scandium, Beryllium, Aluminium, Zirkonium.
 - B. Schwere Metalle; sie haben ein spezifisches Gewicht über 5, und lassen sich folgendermassen einteilen:
 - a) unedle, oder für sich nicht reducirbare Metalle:
 - α) spröde und schwer schmelzbar: Thorium, Titan, Tantal, Niobium, Wolfram, Molybdän, Vanadium, Chrom, Uran, Mangan, Cerium, Didymium;
 - β) spröde und leicht schmelzbar oder verdampfbar: Arsen, Antimon, Tellur, Wismut, Thallium, Germanium;
 - γ) dehnbare unedle Metalle: Zink, Cadmium, Gallium, Zinn, Blei, Eisen, Kobalt, Nickel, Kupfer, Indium, Ruthenium;
 - b) edle, oder für sich reducirbare Metalle: Quecksilber, Silber, Gold, Platin, Palladium, Rhodium, Iridium, Osmium.

Obgleich sich die Eintheilung der Elemente in nicht-metallische und metallische Elemente, und die der letzteren in leichte und schwere Metalle nicht ganz scharf und

consequent durchführen lässt; und obgleich sie, wie *Rammelsberg* sagt, für die Chemie unbrauchbar ist, weil der Begriff Metall ein rein physikalischer sei, so ist und bleibt sie doch für die Mineralogie, Metallurgie und die ganze berg- und hüttenmännische Praxis von der grössten Wichtigkeit.

Die Elemente pflegt man auch einfache Radicale zu nennen.

§ 142. **Atomgewichte und Zeichen der Elemente.** Wie alles in der Natur, so sind auch die mancherlei Verbindungen der Elemente mathematischen Gesetzen unterworfen, indem eine wahrhaft chemische Verbindung zweier Elemente keineswegs in unbestimmt schwankenden, sondern nur in bestimmt abgemessenen Gewichtsverhältnissen derselben erfolgt. Zwar können sich je zwei Elemente meistens in verschiedenen Verhältnissen mit einander verbinden, aber jedenfalls findet das Gesetz statt, dass, wenn das Gewichtsverhältniss auf einer ihrer Verbindungsstufen $= m : n$ ist, für gleiches Gewicht m des einen Elements die den übrigen Verbindungsstufen entsprechenden Gewichtsgrössen des anderen Elements Multipla oder Submultipla von n nach rationalen und sehr einfachen Zahlen sind.

Diese empirisch ermittelte Gesetzmässigkeit ist eine nothwendige Folge der atomistischen Constitution der Materie. Alle physikalischen und chemischen Erscheinungen nöthigen zu der theoretischen Annahme, dass die verschiedenen einfachen und zusammengesetzten Körper zunächst aus sehr kleinen Theilen bestehen, welche sich nicht unmittelbar berühren, und Molecüle genannt werden. Ein Molecül ist also die kleinste physikalisch untheilbare Menge eines Körpers, welche überhaupt selbständig gedacht werden kann. Die absolute Grösse der Krystallmolecüle ist unbekannt, aber gewisse Schlussfolgerungen gestatten bei dimorphen Körpern wenigstens Vermuthungen über die relative Moleculargrösse derselben. Diese Molecüle betrachtet man aber wiederum zusammengesetzt aus den kleinsten Theilchen der Elemente, welche man Atome nennt, indem man unter dem Atom eines Elements die kleinste Menge desselben versteht, welche zur Bildung eines Molecüls beitragen kann. Das Molecül einer Verbindung kann daher durch chemische Mittel weiter gespalten werden.

Jedem Molecül und jedem Atom muss ein bestimmtes, unabänderliches Gewicht eigen sein. Verbindet sich ein Element mit einem anderen in mehr als einem Verhältniss, so muss in den Molecülen der verschiedenen Verbindungen die Anzahl der Atome jedes Elements in einem bestimmten, aber von einander verschiedenen Verhältniss stehen; das Gesamtgewicht der einzelnen Elemente aber muss in allen Fällen ein Multiplum der Gewichte der einzelnen Atome sein.

Indem man nun zunächst die im gas- oder dampfförmigen Zustand bekannten Körper berücksichtigt, und die theoretische Voraussetzung einführt, dass solche in diesem Zustand bei gleich grossem Volumen, gleichem Druck und gleicher Temperatur gleich viele Molecüle enthalten, so gelangt man auf die Folgerung, dass die bei demselben Druck und derselben Temperatur bestimmten specifischen Gewichte der gas- und dampfförmigen Körper auch die relativen Gewichte ihrer Molecüle oder ihre Moleculargewichte sind.

Bestimmt man ferner diese Moleculargewichte verschiedener gasförmiger Körper und zugleich die elementare Zusammensetzung derselben, d. h. die

Gewichtsmengen der in dem Molecül enthaltenen einzelnen Elemente, so gelangt man durch Vergleichung dieser letzteren Gewichtsmengen zur Kenntniss der Atomgewichte der Elemente. Unter dem Atomgewicht eines Elements versteht man nämlich die kleinste relative Gewichtsmenge desselben, welche zur Bildung des Molecüls einer es selbst enthaltenden Verbindung beitragen kann.

Auf diese Weise fand man z. B., dass einem Gewichtstheil Wasserstoff

für das Chlor	35,37	Gewichtstheile
für den Sauerstoff	15,88	"
für den Kohlenstoff	11,97	"
für den Stickstoff	14,01	"

als die relativen Atomgewichte dieser Elemente entsprechen.

Da nun aber sehr viele Elemente im gasförmigen Zustand oder auch in dergleichen Verbindungen gar nicht bekannt sind, und folglich direct nicht auf ihre Molecular- und Atomgewichte untersucht werden können, so sind deren Atomgewichte mittelbar, theils aus der sehr wahrscheinlichen Voraussetzung, dass sich isomorphe Elemente in ihren isomorphen Verbindungen im Verhältniss ihrer Atomgewichte vertreten, theils aus dem annähernd gesetzmässigen Verhältniss zwischen specifischer Wärme und Atomgewicht erschlossen worden.

Es ist in mancher Hinsicht gleichgültig, welches Elementes Atomgewicht zur Grundlage für den Werth der übrigen gewählt wird. Früher nahm man den Wasserstoff mit dem kleinsten Atomgewicht als 1 an, in neuerer Zeit ist es üblich geworden, von dem Sauerstoff mit der Zahl 16 auszugehen, wodurch das Atomgewicht des Wasserstoffs = 1,01 wird. Um nun aber die Zusammensetzung eines aus zweien oder mehreren Elementen bestehenden Körpers kurz und bestimmt auszudrücken, dazu dient die stöchiometrische Bezeichnung der Elemente.

Jedes Element erhält nämlich ein Zeichen, welches entweder der Anfangsbuchstabe seines lateinischen Namens, oder derselbe, mit noch einem anderen verbundene Buchstabe ist; so wird z. B. O das Zeichen des Sauerstoffs oder Oxygens, H das Zeichen des Wasserstoffs oder Hydrogens, P das Zeichen des Phosphors, Pb das Zeichen des Bleies. — Diese Zeichen haben aber auch zugleich eine stöchiometrische Bedeutung, indem sie das einfache oder ein Mal gesetzte Atomgewicht des betreffenden Elements ausdrücken; es bedeutet also O ein Atom Sauerstoff, Pb ein Atom Blei u. s. w. In den Verbindungen wird durch Ziffern, welche dem Zeichen des Elements hinzugefügt werden, die Anzahl der Atome ausgedrückt, mit denen es sich an dem Molecül theiligt. So gibt die Formel des Wassers H_2O an, dass darin 2 Atome (2,02 Gewichtstheile) Wasserstoff mit 1 Atom (16 Gewichtstheilen) Sauerstoff zu einem Molecül (18,02 Gewichtstheilen) Wasser verbunden sind.

Die Zeichen und Atomgewichte der Elemente sind nun folgende¹⁾:

Aluminium	Al	27,1	Baryum	Ba	137,4
Antimon	Sb (Stibium)	120	Beryllium	Be	9,1
Argon	Ar	39,9	Blei	Pb (Plumbum)	206,9
Arsen	As	75	Bor	B	11

¹⁾ Die Zahlen beruhen auf den 1899 gefassten Beschlüssen der Deutschen chemischen Gesellschaft.

Brom	Br	79,96	Palladium	Pd	106
Cadmium	Cd	112	Phosphor	P	31
Cäsium	Cs	133	Platin	Pt	194,8
Calcium	Ca	40	Quecksilber	Hg (Hydrargyrum)	200,3
Cer	Ce	140	Rhodium	Rh	103
Chlor	Cl	35,45	Rubidium	Rb	85,4
Chrom	Cr	52,1	Ruthenium	Ru	101,7
Didym	Di	142	Samarium	Sa	150
Eisen	Fe (Ferrum) . .	56	Sauerstoff	O (Oxygenium)	16
Erbium	Er	166	Scandium	Sc	44,4
Fluor	F	19	Schwefel	S (Sulphur) . .	32,06
Gallium	G	70	Selen	Se	79,4
Germanium	Ge	72	Silber	Ag (Argentum)	107,93
Gold	Au (Aurum) . .	197,2	Silicium	Si	28,4
Helium	He	4	Stickstoff	N (Nitrogenium)	14,04
Indium	In	114	Strontium	Sr	87,6
Iridium	Ir	193	Tantal	Ta	183
Jod	J	126,85	Tellur	Te	127
Kalium	K	39,15	Thallium	Tl	204,1
Kobalt	Co	59	Thorium	Th	232
Kohlenstoff	C (Carbonium) .	12	Titan	Ti	48,4
Kupfer	Cu (Cuprum) . .	63,6	Uran	U	239,5
Lanthan	La	138	Vanadin	V	51,2
Lithium	Li	7,03	Wasserstoff	H (Hydrogenium)	1,01
Magnesium	Mg	24,36	Wismut	Bi (Bismuthum)	208,5
Mangan	Mn	55	Wolfram	W	184
Molybdän	Mo	96	Yttrium	Y	89
Natrium	Na	23,05	Zink	Zn	65,4
Nickel	Ni	58,7	Zinn	Sn (Stannum) .	118,5
Niobium	Nb	94	Zirkonium	Zr	90,6
Osmium	Os	194			

§ 443. **Valenz der Elemente.** Unter der Valenz oder chemischen Werthigkeit der Elemente versteht man das bestimmte Bindungsvermögen, welches die Atome jedes Elements anderen Atomen gegenüber zeigen; man nennt die Elemente ein-, zwei-, drei- und vierwerthig, je nachdem ein Atom derselben 1, 2, 3 oder 4 Atome des Wasserstoffs als des zum Maass genommenen Normal-elements zu binden oder zu ersetzen vermag. So verbindet sich ein Atom Cl mit 1 Atom H, ebenso auch ein Atom F oder Br mit 1 Atom H, und man bezeichnet diese Elemente daher als einwerthige.

Einwerthige Elemente sind H, K, Na, Li, Rb, Cs, J, Br, Cl, F, Ag. Dieselben verbinden oder ersetzen sich gegenseitig auch stets zu einem Atom.

4 Atom Sauerstoff bindet aber nicht 1, sondern 2 Atome Wasserstoff, ebenso 2 Atome K, überhaupt 2 Atome eines einwerthigen Elements; der chemische Werth des Sauerstoffatoms ist also doppelt so gross, wie der des Wasserstoffatoms, und man nennt daher den Sauerstoff und diejenigen Elemente, welche sich hierin ebenso verhalten, zweiwerthige. Solche sind: Ba, Ca, Sr, Mg, Mn, Fe, Cu, Pb, Zn, Cd, Hg, Te, Se, S. Die einzelnen Atome der Elemente dieser Reihe sind untereinander äquivalent, gleichwerthig: $O = 2Cl = 2H = Ca = 2Na$.

Die Werthigkeit eines Elements wird gewöhnlich aus seinen Verbindungen mit Chlor oder Wasserstoff ermittelt. B, Au, Ce, Y, N, P, As, Sb, Bi werden gewöhnlich

als dreiwertige Elemente bezeichnet, weil die wichtigen Verbindungen derselben (NH_3 , PH_3 , PCl_3 , AsCl_3 , BiCl_3 u. s. w.) einer solchen Werthigkeit entsprechen¹⁾; demgemäss ist $\text{Sb} = 3\text{H}$; $2\text{Sb} = 3\text{S}$. Vierwertige Elemente sind C, Si, Sn, Ti, Pt, weil sie in z. B. SiCl_4 , TiCl_4 , CH_4 vier Atome Cl oder H binden. Auch fünfwerthige Elemente hat man erkannt.

Es ist indessen zu bemerken, dass diese Verhältnisse nicht immer sofort klar erkannt werden können, weil 1) wahrscheinlich die Werthigkeit keine constante, den Elementen an und für sich zukommende Eigenschaft, sondern eine wechselnde Grösse ist²⁾, und 2) mehrere Atome desselben Elements sich miteinander zu einem Molecül verbinden können, welches bei einigen Elementen dieselbe Werthigkeit wie das Atom, bei anderen eine von dieser verschiedene besitzt.

Die Werthigkeit der Elemente pflegt man wohl auch durch römische Ziffern auszudrücken, welche man über das Zeichen derselben setzt, z. B. $\overset{\text{I}}{\text{Cl}}$, $\overset{\text{II}}{\text{O}}$, $\overset{\text{III}}{\text{Bi}}$, $\overset{\text{IV}}{\text{Si}}$. — Die gegenseitige Bindung der Atome stellt man durch Striche dar, von denen jeder eine Valenzeinheit bedeutet.

R ist das allgemeine Zeichen für ein Element. Nach dem Obigen vertreten sich, um in dem Molecül den chemischen Gleichgewichtszustand zu erhalten, in Verbindungen nur solche Gruppen, deren Product aus Atomzahl und Werthigkeit gleich ist, also $2\overset{\text{I}}{\text{R}} = \overset{\text{II}}{\text{R}}$, $4\overset{\text{I}}{\text{R}} = \overset{\text{IV}}{\text{R}}$, $\overset{\text{II}}{\text{R}} = 2\overset{\text{I}}{\text{R}}$ u. s. w.

Zwei Elemente von verschiedener Werthigkeit können sich aber auch in Verbindungen zu einer festeren Atomgruppe vereinigen, die dann als solche mit derjenigen Werthigkeit fungirt, welche jener Differenz entspricht; so ist die Gruppe $\overset{\text{II I}}{[\text{OH}]}$ (Hydroxyl) einwerthig und kann z. B. Cl oder F ersetzen; ebenso die Gruppe $\overset{\text{V I}}{[\text{NH}_4]}$ einwerthig, wie dieselbe in dem Chlorammonium $[\text{NH}_4]\text{Cl}$ dieselbe einwerthige Rolle spielt, wie Na allein im Chlornatrium NaCl . Andere Beispiele sind die ebenfalls einwerthigen $\overset{\text{II I}}{[\text{MgF}]}$ im Wagnerit, $\overset{\text{III II}}{[\text{AlO}]}$ in vielen basischen Silicaten, die $\overset{\text{III I}}{[\text{AlF}]}$ im Amblygonit. Man nennt derartige Gruppen, in welchen die vorhandenen Verwandtschaftseinheiten nicht befriedigt sind, und welche also den Elementen gleich wirken, zusammengesetzte Radicale; sie sind im Folgenden mit einer eckigen Klammer umfasst.

Eisen, Mangan, Aluminium, Chrom treten vielfach in Verbindungen auf, in denen zwei ihrer Atome sechs Valenzen besitzen, z. B. Fe_2Cl_6 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 . Man hat diese zwei eng zusammengehörigen Atome wohl Doppelatome genannt, und kann ihr Vorhandensein durch eine Umschliessung mittels einer gerundeten Klammer (Al_2) , (Fe_2) ausdrücken. — Ausserdem tritt besonders das Eisen in anderen Verbindungen auf, in denen es zweiwerthig erscheint.

Vielfach werden die Verbindungen der Metalle von wechselnder Valenz gegenseitig durch eine charakteristische Silbe unterschieden: so heissen Verbindungen des einwerthigen Kupfers Cuproverbindungen, z. B. CuCl Cuprochlorid, die des zweiwerthigen

1) N, P, As, Sb, Bi gelten auch als fünfwerthig, wobei dann die Verbindungen NH_3 , PCl_3 als ungesättigt erscheinen. So wird unter Valenz mitunter das Maximum der Valenz verstanden.

2) So ist auch das Kupfer in der Verbindung CuCl einwerthig, in CuCl_2 zweiwerthig, das Eisen in FeCl_2 zweiwerthig, in FeCl_3 dreiwertig.

Cuprerverbindungen, z. B. CuCl_2 Cuprichlorid; ebenso Cu_2O (Kupferoxydul) Cuprooxyd, CuO (Kupferoxyd) Cuprioxyd. Das zweiwerthige Eisen liefert Ferroverbindungen, z. B. FeCl_2 Ferrochlorid, oder FeO , das höher dreiwerthige Ferriverbindungen, z. B. FeCl_3 Ferrichlorid, oder Fe_2O_3 .

2. Chemische Constitution der Mineralien.

§ 144. **Unorganische Verbindungen.** Unter der chemischen Constitution eines Minerals versteht man die gesetzmässige Zusammensetzung desselben aus bestimmten Elementen nach bestimmten Proportionen. Einige wenige Mineralien sind ihrer chemischen Constitution nach als einfache Körper, als bloße Elemente zu betrachten, wenn sie auch kleine Beimengungen anderer Substanzen enthalten; dahin gehören z. B. der Schwefel, der Diamant, der Graphit und mehrere gediegene Metalle, wie Gold, Silber, Kupfer, Antimon, Arsen, Wismut, Quecksilber, Platin. Bei weitem die meisten Mineralien sind jedoch zusammengesetzte Körper oder chemische Verbindungen von Elementen. Schon aus der Definition von Mineral (§ 4) folgt, dass die eigentlichen Mineralien unorganische Verbindungen sein werden, während organische Verbindungen nur im Gebiet der Fossilien und als mancherlei Zersetzungsproducte derselben zu erwarten sind, wie z. B. in den Kohlen, Harzen und organisch-sauren Salzen.

Obgleich die Mineralien unorganische Verbindungen sind, so können sie doch oft kleine Quantitäten von Stoffen organischer Herkunft enthalten, welche in ihrer Masse ganz gleichmässig diffundirt sind. Wenn man dergleichen Mineralien im Glasrohr erhitzt, so verspürt man einen empyreumatischen Geruch, und erhält sogar bisweilen bituminöse Destillate, welche meist Ammoniak enthalten, das sich aus dem Stickstoff der organischen Substanz bildet. Etliche Mineralien verdanken ihre Farbe solchen Beimengungen organischer Stoffe (S. 264). Aus den Untersuchungen von *Delesse* geht hervor, dass gewisse Varietäten von Fluorit, Quarz, Opal, Chalcedon, Topas, Baryt, Calcit, Gyps u. a. Mineralien mehr oder weniger Stickstoff enthalten, welcher den von diesen Mineralien aufgenommenen organischen Substanzen angehört (*De l'Azote et des matières organiques dans l'écorce terrestre*, Paris 1861). Nach *H. Erdmann* beträgt der Stickstoffgehalt procentarisch im Yttrötitanit 0,018, im Orthit 0,014, im Columbit und Ytterspath ca. 0,006, im Fergusonit, Monazit, Aeschynit ca. 0,005. — Helium und Argon finden sich namentlich im Cleveit (aus welchem das erstere um 110° entwickelt wird), auch im Malakon; Helium noch im Fergusonit, Monazit, Samarskit (in diesen bis 1,5 cem per Gramm), Columbit, Tantalit, Polykras.

§ 145. **Säuren, Basen, Salze.** Für die vorliegenden Zwecke mag es, um zu einem allgemeinen Verständniss der Mineralzusammensetzung zu gelangen, genügen, folgende Sätze und Entwicklungen der Chemie hervorzuheben.

Man unterscheidet zwei Hauptarten von chemischen Verbindungen des Wasserstoffs: die Säuren (Hydrosäuren) und die Basen (Hydrobasen), von welchen die ersteren blaues Lackmuspapier röthen, die letzteren das rothe bläuen.

Eine Säure ist eine wasserstoffhaltige Verbindung, deren Wasserstoff leicht ganz oder theilweise durch Metalle ersetzt werden kann. Der mit diesem Wasserstoff verbundene Rest, den man Radical nennt, enthält ein elektronegatives Element, nämlich entweder ein Halogen (Cl, Br, J, F), oder Sauerstoff oder Schwefel. Ist R das Zeichen eines (elektronegativen) Elements, so ist die allgemeine Formel