

Die natürliche Ordnung der chemischen Grundstoffe

Autor(en): **Lüthi, Max**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **3 (1948)**

Heft 2

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-653476>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die natürliche Ordnung der chemischen Grundstoffe

Von Dr. Max Lüthi

Vom Ordnungssinn des Menschen

Wir finden in der Natur keine Lebewesen und keine Erscheinungsformen der toten Stoffwelt, die in jeder Hinsicht einzigartig dastehen. Die Ähnlichkeit oder die Verwandtschaft ist offensichtlich naturgegeben, wie bei Tier oder Pflanze, oder die Zusammengehörigkeit liegt in einem mehr oder weniger willkürlichen Klassierungsverfahren des Menschen, das immerhin die Gegebenheiten der Natur berücksichtigt. In allen Fällen von gruppenweiser Zusammenfassung wird die Verwandtschaft, wo sie wirklich innerlich begründet ist, vorerst mit Hilfe von äußeren Merkmalen festgestellt. Die innere Verbunden-

heit tritt vielfach erst bei genauer Untersuchung zutage.

Die stofflich einheitlichen Bausteine der Natur, die *chemischen Elemente* oder Grundstoffe mit allen ihren Eigenschaften, erschienen jedoch lange Zeit als Einzelgänger. Aber schon das *reine Klassierungsbestreben* des wissenschaftlich Arbeitenden mag zu Versuchen von Gruppierungen geführt haben. Sie schienen vorerst bedeutend schwieriger zu sein, als etwa bei Blumen, wo leicht feststellbare Merkmale, wie die Zahl der Staubgefäße oder Blütenblätter maßgebende Richtlinien sein können.

Versuche zu systematischer Ordnung

Johann Wolfgang Döbereiner (1780–1849), Professor der Chemie, Pharmazie und Technologie an der Universität Jena unternahm den ersten «Versuch zu einer Gruppierung der elementaren Stoffe nach ihrer Analogie» und legte damit auch den ersten Grundstock zum *natürlichen System der Elemente*. Man hatte wohl herausgefunden, daß gewisse Elemente sich ähnlich waren, aber es fehlten die Richtlinien zur Gruppierung weniger deutlich verwandter Elemente. Döbereiner schlug 1829 die Einteilung in *Triaden*, in Gruppen zu drei Elementen, vor und begründete diese Gruppierung beispielsweise für Chlor, Brom und Jod damit, daß das arithmetische Mittel der Atomgewichte des Chlors und des Jods demjenigen des Broms sehr nahe komme:

$$\frac{35,470 + 126,470}{2} = 80,47$$

Damit bringt er erstmals den Gedanken vom Zusammenhang des Atomgewichtes mit den Eigenschaften des Elementes auf. Das starre Festhalten an der Triadenregel führte ihn aber zu unrichtigen Schlüssen und zu falschen Einordnungen des Fluors und gewisser Metalle. So glaubte er, das Blei dem Silber und dem Quecksilber zuordnen zu können, da sein spezifisches Gewicht und sein Atomgewicht ziemlich nahe dem arithmetischen Mittel der beiden andern ist. Die Bestimmung des Atomgewichtes gelang zur damaligen Zeit aber nicht besonders zuverlässig und mit der Verbesserung der Methoden durch Cannizzaro (1860) wurden die Ansichten Döbereiners zum Gegenstand wissenschaftlicher Diskussionen. John Newlands ordnete die Elemente bereits nach steigendem Atomgewicht und er-



Lothar Meyer

geb. am 19. Aug. 1830, gest. am 29. April 1895, von 1876 bis zu seinem Tode Professor für Chemie an der Universität Tübingen. Frühere akademische Lehrtätigkeit in Breslau, Neustadt-Eberswalde und Karlsruhe. Seine ersten Experimentaluntersuchungen behandelten physiologisch-chemische Fragen, später wandte er sich hauptsächlich theoretischen und physikalisch-chemischen Problemen zu. Diesen Bestrebungen entstammt auch seine Hauptveröffentlichung: «Die modernen Theorien der Chemie» (5. Auflage 1884).

kannte ein Oktavengesetz. Er mußte jedoch 1866 in der Royal Society die spöttische Frage entgegennehmen, ob er nicht auch bei der alphabetischen Anordnung der Elemente Gesetzmäßigkeiten entdecken könne. Ähnlich erging es dem Franzosen *Béguyer de Chancourtois* 1863, der die Eigentümlichkeiten der Körper in den Eigentümlichkeiten der Zahlen begründet sah und von der französischen Akademie der Wissenschaften als Zahlenmystiker abgetan wurde. Und doch hatten diese beiden Forscher den Grundgedanken des periodischen Systems erkannt, ob schon ihren Aufstellungen noch wesentliche Willkürlichkeiten und Unstimmigkeiten anhafteten, wodurch sie an Überzeugungskraft verloren.

Die entscheidende Idee

Als *Mendelejeff* 1869 seine Tabelle und *Lothar Meyer* ein Jahr später auch seine, schon 1868 aufgestellte Zusammenstellung veröffentlichten, fand endlich der Gedanke Eingang, daß zwischen dem Atomgewicht und den chemischen Eigenschaften der Elemente innere Zusammenhänge bestehen (genau genommen zwischen Ordnungszahl und Eigenschaften). Die Entdeckung der beiden Forscher geschah vollständig unabhängig voneinander und die Frage der Priorität wurde durch die Royal Society in London wohl gerecht entschieden, indem sie beiden Forschern für ihre Verdienste um die Schöpfung des periodischen Systems gleichzeitig die goldene Davy-Medaille verlieh.

Wir geben hier die erste veröffentlichte Aufstellung von *Lothar Meyer* wieder, die in allen wesentlichen Punkten mit der ersten Tabelle von *Mendelejeff* übereinstimmt. *Lothar Meyer* gibt an, daß er sämtliche bis zum Zeitpunkt der Aufstellung der Tabelle hinreichend bekannten Elemente aufgenommen habe, also deren 55. (Siehe Tabelle auf Seite 54).

Das natürliche System

Am Grundlegenden der wiedergegebenen Aufstellung ist seit der Entdeckung von *Mendelejeff* und *Lothar Meyer* nichts mehr geändert worden. Einzig die Stellung von Mangan, Kobalt und Nickel sind klargestellt und die Lücken fast restlos ausgefüllt worden.

Die in den heute üblichen Anordnungen gewöhnlich als Senkrechte aufgeführten Waagrechten der historischen Anordnung von *Meyer* und *Mendelejeff* ([I], [II] usw.) bilden die *Familien der chemischen Elemente*, und da es unter Einbezug der Edelgase im Anfang des Systems über acht Nummern geht, bis wieder ein Familienmitglied folgt (z. B. Lithium-Natrium), so spricht man auch von Oktaven. Man vergleicht zum Bei-



Dimitri Mendelejeff

geb. am 7. Febr. 1834, gest. am 2. Febr. 1907. Wirkte von 1856 bis zu seinem Tode als Dozent und Professor in Petersburg. Seine Hauptforschungstätigkeit liegt auf physikalisch-chemischem Gebiet. Er hat ein originelles Lehrbuch «Grundlagen der Chemie» geschaffen. – Die Bildvorlagen wurden in freundlicher Weise von der Redaktion der «Ciba»-Zeitschrift zur Verfügung gestellt.

spiel das Lithium mit dem Ton C und das Natrium mit dem eingestrichenen C.

Die den Elementen durch die Anordnung nach steigendem Atomgewicht zukommende Nummer oder Ordnungszahl wurde etwa ein halbes Jahrhundert nach der Aufstellung des natürlichen Systems als eine Bezeichnung erkannt, die alles Wesentliche für die Eigenschaften des betreffenden Elementatoms zum Ausdruck bringt, die *Kernladungszahl*. Die Erkenntnisse der Atomphysik haben ergeben, daß die stofflichen Eigenschaften der Elemente nicht im Atomgewicht, sondern vielmehr in der Zahl der positiven Kernladungen und der damit übereinstimmenden Zahl der negativen *Hüllenelektronen* begründet sind.

Unregelmäßigkeiten

Das periodische System, und wir erkennen das schon in der historischen Aufstellung, weist gewisse Unregelmäßigkeiten auf. So steht gelegentlich ein Element schwereren Atomgewichts vor

Lothar Meyers periodisches System der Elemente 1868

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
(III)	a	Bor (5) 11,0	Aluminium (13) 27,3		— (31)		? Indium (49) 113,4		Thallium (81) 202,7
	b			— (21)		— (39)		— (57)	
(IV)	a	Kohlenstoff (6) 11,97	Silicium (14) 28		— (32)	Zirkonium (40) 89,7	Zinn (50) 117,8		Blei (82) 206,4
	b			Titan (22) 48				— (72)	
(V)	a	Stickstoff (7) 14,01	Phosphor (15) 30,9		Arsen (33) 74,9		Antimon (51) 122,1		Wismut (83) 207,5
	b			Vanadin (23) 51,2		Niob (41) 93,7		Tantal (73) 182,2	
(VI)	a	Sauerstoff (8) 15,96	Schwefel (16) 31,98		Selen (34) 78		Tellur (52) 128 ?		
	b			Chrom (24) 52,4		Molybdän (42) 95,6		Wolfram (74) 183,5	
(VII)		Fluor (9) 19,1	Chlor (17) 35,38		Brom (35) 79,75		Jod (53) 126,5		
				Mangan (25) 54,8 Eisen (26) 55,9 Kobalt = Nickel (27, 28) 58,6		Ruthen (44) 103,5 Rhodium (45) 104,1 Palladium (46) 106,2		Osmium (76) 198,6 ? Iridium (77) 196,7 Platin (78) 196,7	
(I)	a	Lithium (3) 7,01	Kalium (19) 39,04		Rubidium (37) 85,4		Caesium (55) 132,7		
	b			Kupfer (29) 63,3		Silber (47) 107,66		Gold (79) 196,2	
(II)	a	Beryllium (4) 9,3	Calcium (20) 39,9		Strontium (38) 87,0		Barium (56) 136,8		
	b			Zink (30) 64,9		Cadmium (48) 111,6		Quecksilber (80) 199,8	

Die arabischen Zahlen bedeuten die zur Zeit Meyers bekannten Atomgewichte, diejenigen in Klammern sind der historischen Aufstellung angefügt und entsprechen den Ordnungs- oder Kernladungszahlen. Die erste Kolonne (eingeklammerte römische Zahlen) gibt die Nummerierung der nach der heute üblichen Anordnung gewöhnlich in Senkrechten auf gezeichneten Gruppen. Um die historische Anordnung nicht zu durchbrechen, wurden nur diejenigen Lücken numeriert, die schon Lothar Meyer vorgesehen hatte: 21 Scandium, 31 Gallium, 32 Germanium, 39 Yttrium, 57 Lanthan, 72 Hafnium. Es fehlen somit die

sechs Edelgase mit den Ordnungszahlen 2, 10, 18, 36, 54, 86, die 14 Lanthaniden an der Stelle 57, die beiden Elemente Masurium 43 und Rhenium 75 und die Radioaktiven bis zum Uran, also die Nummern 84 bis 92 (86 schon bei den Edelgasen aufgeführt), um schließlich mit dem Wasserstoff zusammen auf die Zahl der 92 chemischen Grundstoffe zu kommen. Der Wasserstoff mit der Ordnungszahl 1 war ohne Zweifel Lothar Meyer und Mendelejeff bekannt, aber paßte ihnen nicht in ihre systematische Aufstellung.

einem leichteren (durchbricht also das ursprüngliche Prinzip der Anordnung nach steigendem Atomgewicht), zum Beispiel Tellur vor Jod. Die Kernladungszahl und damit die Natur der betreffenden Elemente läßt aber nur diese Reihenfolge zu.

Als Unregelmäßigkeit erscheint ferner die Platzierung der 14 seltenen Erden oder *Lanthaniden*, die sich alle chemisch sehr ähnlich sind, auf den gleichen Platz, nämlich 57 des Systems.

Schließlich gelingt eine befriedigende Einordnung des Wasserstoffs auch in den heute üblichen Aufstellungen nicht. Ihn könnte man vielleicht als Einzelgänger bezeichnen; denn kein anderes Element zeigt bei allgemein nichtmetallischem Charakter so ausschließlich elektropositives Verhalten wie der Wasserstoff.

Die wissenschaftliche Forschung ist jedoch durch die Erkenntnisse über Isotope und über den Elektronenschalenbau der Elementatome auch mit diesen «Unregelmäßigkeiten» fertig geworden.

Der Nutzen des periodischen Systems

Jede systematische Aufteilung erleichtert die Übersicht. Das periodische System ist innerlich begründet und stellt damit eine verbindliche Klassierung eines sehr weitläufigen Wissensgebietes dar. Die Ähnlichkeit in den Eigenschaften trifft nicht nur für die Elemente innerhalb einer Familie zu, sondern weitgehend auch für die Verbindungen, welche die Familienangehörigen eingehen. Als Beispiele unter vielen Tausenden seien angeführt: der ähnliche Charakter der in der Photographie verwendeten Silberhalogenide (Silberchlorid, Silberbromid, Silberjodid) oder der in der Natur vorkommenden Schwermetallsalze des Schwefelwasserstoffs (sulfidische Erze, wie Kupferkies, Zinkblende, Bleiglanz). Keine chemischen Betrachtungen und keine Lehrbücher können sich über die Ordnung des periodischen Systems hinwegsetzen. Das ergibt für den Suchenden in der Literatur sofort eine Art Zuhausesein.

Innerhalb der Familie der Elemente ändern sich die *physikalischen und chemischen Eigenschaften* von Glied zu Glied nach einer bestimmten Richtung und die Familiennummern (0 bis VIII, wobei mit 0 die in unserer Tabelle nicht aufgeführte Familie der Edelgase bezeichnet wird) geben über die Wertigkeit der betreffenden Elemente Auskunft. Kennt man also die Eigenschaften des Anfangsgliedes und seiner Verbindungen und die Art der Änderungen mit steigendem Atomgewicht, so ist man über die Eigenschaften der übrigen Familienangehörigen weitgehend orientiert. Wie in der menschlichen Gesellschaft sind die verwandtschaftlichen Beziehungen verschieden ausgeprägt, und demnach diese Orientierung auch verschieden weitgehend. Das System bringt eine große Ersparnis an Gedächtnisarbeit.

Die möglichen chemischen Elemente (abgesehen von denjenigen über das Uran hinaus) sind heute, vielleicht bis auf zwei (85 und 87), deren zur Verfügung stehende Mengen für ihre genaue Charakterisierung nicht ausreichen, bekannt. Gerade die Aufstellung des periodischen Systems hat in dieser Richtung enorme Fortschritte gebracht, waren doch zur Zeit Lothar Meyers nur 55 Elemente hinlänglich bekannt. Die Lücken im System wiesen auf noch nicht erkannte Elemente hin, deren Eigenschaften schon Mendelejeff durch Inter- und Extrapolation voraussagte. Besonders genau gelang dies bei zwei noch fehlenden der Bor-Aluminiumfamilie, dem Eka-Bor (heute Scandium) und dem Eka-Aluminium (Gallium) sowie dem Eka-Silicium (Germanium) der Kohlenstoff-Silicium-Familie. Durch diese Voraussagen erleichtert, entdeckte 1875 der Franzose *Lecocq de Boisbaudran* in einer Zinkblende das von ihm zu Ehren Frankreichs benannte Gallium, 1879 wurde von den beiden Skandinaviern *Nilson* und *Cleve* das Scandium und 1885 vom Deutschen *Winkler* das Germanium entdeckt. Namentlich bei Eka-Silicium, dem nachmaligen Germanium, trafen die Voraussagen Mendelejeffs besonders gut zu:

Mendelejeffs Voraussage:	Gefundene Eigenschaften des Germaniums:
Atomgewicht 72,9	72,5
Spezifisches Gewicht 5,5	5,47
Spezifisches Gewicht des Dioxydes 4,7	4,7
Die Verbindung mit 4 Atomen Chlor muß flüssig sein, unterhalb 100° C sieden und ein spezifisches Gewicht von 1,9 haben.	Siedepunkt des Germanium-Tetrachlorides 86° C, spezifisches Gewicht 1,89.
Es muß möglich sein, ein Eka-Siliciumtetraäthyl darzustellen, das bei 160 C° siedet.	Die Verbindung existiert und siedet bei 160° C.