

Mittheilungen.

159. H. Ludwig: Ueber die Dichtigkeit der Elemente, verglichen mit den Dichtigkeiten ihrer Oxyde.

(Eingegangen am 6. Juni; verlesen in der Sitzung von Hrn. Wichelhaus.)

In seiner Geschichte der Metalle (Wien, 1857, S. 20) bemerkt Zippe in Betreff der Eintheilung derselben, dass J. N. v. Fuchs hierbei das Verhältniss des eigenthümlichen Gewichtes der Metalle zu dem ihrer Oxyde als eine wichtige Eigenschaft derselben zur Geltung gebracht habe. Wenn man als Regel annehme, dass die Dichte der Verbindung eines starren Körpers mit einem gasförmigen geringer sein müsse, als die des ersteren, so finden sich von dieser Regel einige merkwürdige Ausnahmen, welche ihren Grund in anderen, grossentheils noch unbekanntem, oder noch unbeachtet gebliebenen Verhältnissen haben müssen. „Wir wissen, dass bei der Mehrzahl der Metalle die eigenthümlichen Gewichte derselben grösser sind, als die ihrer Oxyde; es giebt aber auch eine beträchtliche Anzahl, bei denen dieses Verhältniss das Umgekehrte ist. Dieses ist der Fall bei den Metallen der Alkalien, wahrscheinlich auch bei denen der Erden, oder wenigstens bei der Mehrzahl derselben. Nach diesen Verhältnissen mag eine Eintheilung der Metalle in schwere und leichte gestattet sein.“

J. N. v. Fuchs, in einer Abhandlung über den Graphit und verwandte Gegenstände (gelesen in der Akademie der Wissenschaften in München am 11. Juli 1835, abgedruckt im Journ. f. pract. Chem. 1836, 7. Bd., S. 353), hebt besonders hervor, dass die Metalloide, zu denen er auch die elementaren Grundlagen der Alkalien und Erden rechnet, wenn nicht alle, doch gewiss bei weitem die meisten, specifisch leichter seien, als ihre Producte mit Sauerstoff, was bei keinem Metalle der Fall sei.

Hermann Kopp (über die Vorausbestimmung des specifischen Gewichtes einiger Klassen chemischer Verbindungen, Pogg. Ann. d. Ch. u. Phys. 1839, Bd. 47, S. 147) bemerkt ausdrücklich, dass alle leichten Metalle ein geringeres specifisches Gewicht haben als ihre Oxyde, die schweren hingegen ein umgekehrtes Verhältniss befolgen; es sei das ein Hauptunterscheidungszeichen zwischen beiden Abtheilungen.

In meinen Grundzügen der analytischen Chemie unorganischer Substanzen (Jena, 1851, S. 6) stellte ich die Leichtmetalle als solche Metalle auf, welche eine geringere Dichtigkeit besitzen als ihre Oxyde, die Schwermetalle als solche, deren Dichtigkeit grösser ist, als diejenige ihrer Oxyde. Später (Archiv d. Pharm. 1855, II. R., 81. Bd., S. 264) belegte ich diese Definition mit Anführung neuer Beispiele.

F. Woehler (Grundriss der Chemie, I. Th. Unorganische Chemie, 13. Aufl. 1863, S. 130) sagt über dieses Verhältniss: „Die Alkali- und Erden-Metalle nennt man auch leichte Metalle, die übrigen schwere Metalle. Die leichten Metalle bilden nur basische Oxyde. Diese sind specifisch schwerer als die Metalle selbst und alle farblos.“

Strecker (Kurzes Lehrb. d. anorg. Chemie, 7. Aufl. 1866, S. 272) theilt die Metalle in 2 Hauptgruppen. In die erste Abtheilung rechnet er die mit der grössten Affinität zu Sauerstoff begabten Metalle. Diese Metalle besitzen ein specifisches Gewicht unter 5,0 und heissen leichte Metalle.

„Die Oxyde dieser Metalle sind specifisch schwerer als die Metalle selbst. Die Metalle der 2. Abtheilung besitzen zum Sauerstoff weniger Verwandtschaft, ihr specifisches Gewicht ist grösser als 5,0 und ihre Oxyde sind specifisch leichter als die Metalle selbst. Das Thallium nähert sich in manchen seiner Eigenschaften den Metallen der ersten Abtheilung, sein bedeutendes specifisches Gewicht, so wie andere Eigenschaften, verweisen es in die zweite Abtheilung.“

Die schönen Arbeiten Graham's über den Wasserstoff haben gezeigt, dass das in seiner Legirung mit Palladium befindliche „feste Hydrogenium“ das specifische Gewicht 0,711 bis 0,7545, im Mittel 0,733 (Wasser = 1,0000) besitze. Das Hydrogenium gehört mithin zu den Leichtmetallen.

Hält man nun Umschau unter den übrigen bisherigen Nichtmetallen (Metalloiden), so tritt uns nur noch das auf der Grenze stehende Silicium als ein solches Element entgegen, das specifisch leichter ist als sein Oxyd; alle übrigen Metalloide hingegen verhalten sich, so weit wir nachkommen können, in Beziehung des Dichtigkeitwechsels den Schwermetallen ähnlich. Wir dürfen sonach die Classification der Metalle auf die Classification aller Elemente ausdehnen und Leichtelemente den Schwerelementen gegenüberstellen. Die ersteren zählen die stärksten Basenzeuger, die letzteren die stärksten Säurenzeuger zu ihren Gliedern.

In dem Folgenden führe ich die Elemente und ihre Oxyde (so weit letztere zur Vergleichung nöthig sind) nebst den betreffenden specifischen Gewichten auf:

I. Leichtelemente.

spec. Gew.

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1) Wasserstoff, fester, Hydrogenium | 0,733 (Th. Graham). |
| Wasser . . . | 1,000 |
| 2) Silicium . . . | 2,49 bei 10° C. (Fr. Woehler). |
| Kieselerde . . . | 2,652 bei 4° C. (Dumas u. Lecoyer). |

Beide geben Oxyde ohne jede saure, noch alkalische Reaction, sie schliessen sich darin den Erdmetallen an.

- 3) Kalium 0,865 (Gay-Lussac u. Thénard).
 Kali 2,656 (Karsten).
- 4) Natrium 0,97223 (Gay-Lussac u. Thénard).
 0,985 (H. Schroeder; Jahresb. f. 1859.
 S. 12).
 Natron 2,805 (Karsten).
- 5) Rubidium 1,516 (Bunsen).
 Rubidion ?
- 6) Cäsium und Cäsion ?
- 7) Lithium 0,594 (Bunsen).
 Lithion ?
- 8) Calcium 1,578 (Bunsen u. Matthiesen).
 1,55 (Liès-Bodart u. Jobin).
 Kalk 3,08 bei 4° C. im Vacuum (Dumas und
 Lecoyer).
- 9) Strontium 2,542 (Bunsen).
 Strontian 3,932 (Bunsen).
- 10) Baryum 4,0 (oder etwas mehr) (Clarke, L. Gmelin's Handb. II. 1853. S. 125).
 Baryt 4,7322 (ungefähr) (Karsten, a. a. O. S. 126).
- 11) Magnesium 1,743 bei + 5° C. (Bunsen).
 1,75 (Caron u. Deville, Ann. chim.
 phys., mars 1857).
 1,870 (Fr. Woehler).
 Magnesia 3,200 (Karsten).
 Periklas 3,75
- 12) Beryllium 2,1 (Henry Debray, Ann. chim. phys.
 [III.], 44, 10; Mai 1855).
 Beryllerde 2,967 (L. Gmelin's Handb., 5. Aufl. II. 267;
 nach Eckeberg).
 3,07 (Geuther's Lehrb. d. Chem.).
- 13) Aluminium 2,670 (Woehler).
 Thonerde (künstl.) 4,152 bei 4° C. im Vacuum (Dumas und
 Lecoyer)
 Rubin 3,531 (Brisson).
 Sapphir 3,562 (Muschenbroek).
 Korund 3,944 (Mohs).
 „ 4,009 (Breithaupt).
- 14) Zirkonium 4,15 (Troost, Jahresb. 1865, 183).
 Zirkonerde 4,35 (L. Gmelin's Handb. II. 1853, 310).
 „ 5,45 (R. Hermann, Jahresb. 1866, 191).
- 15) Yttrium ?
 Yttererde 4,842 (Eckeberg, Gmelin's Handb. 1853.
 II. 257).

- 16) Erbium ?
 Erbinerde ?
- 17) Cerium 5,5 bei 12° C. (Woehler, Ann. Ch. Ph.
 144, 251).
 Ceroxydoxydul 6,93 bis 7,09 bei 15° C. (Nordenskiöld;
 Jahrb. 1861, 184).
- 18) Lanthan ?
 Lanthanoxyd. 5,94 (R. Hermann, Jahrb. 1861,
 S. 192 u. 195).
- 19) Didym ?
 Didymoxyd . 6,64 (R. Hermann, a. a. O.).
 „ . 5,825 bei 14° C. (Nordenskiöld,
 a. a. O. 197).
- 20) Thorium 7,657 bis 7,795 (Chydenius, Jahrb.
 1863, 194).
 Thorerde . . 9,7 (Chydenius und Nordenskiöld,
 Jahrb. f. 1860, 134).
 „ . . 9,077 bis 9,20 (Chydenius, Jahrb. f.
 1863, 194).

Die letzten Zahlen (für Cerium und Thorium 5,5 und 7,795) zeigen, dass die willkürlich angenommene Grenze der Leicht- und Schwermetalle, nämlich eine Dichtigkeit über 5,0, nicht mehr zutrifft.

II. Schwerelemente.

Spec. Gew.

- 1) Sauerstoff. Noch nicht im festen Zustande bekannt.
- 2) Fluor. „ „ „ „ „ „
- 3) Chlor. „ „ „ „ „ „
 (tropfbarflüssiges 1,38).*)
 Ueberchlorsäurehydrat HO, ClO^7 1,782 bei 15°,5 (Geuther's
 Lehrb. d. Chem. 1869, 145).
 Ueberchlorsäurehydrat 3 HO, ClO^7 1,811 bei 50° (ebend.).
- 4) Brom, tropfbarflüssiges, . . . 2,97 bis 2,99.
 Bromsäure u. Unterbromsäure ?
- 5) Jod, festes, 4,948 bei 17° C. (Gay-Lussac).
 Jodsäure 4,250 (Filhol).
- 6) Selen 4,32 (Berzelius).
 amorphes 4,245 bis 4,286 (Schaffgotsch).
 krystallisirtes 4,796 bis 4,805 (Derselbe).
 „ 4,808 bei 15° C. (Hittorf).
 Selenensäurehydrat HO, SeO^3 2,625 (auf 285° abgedampfte
 Säure. L. Gmelin, V. Aufl. I., 682).

*) Tropfbarflüssige unterchlorige Säure, schwerer als Wasser (Pelouze).
 Tropfbare Unterchlorsäure von ungefähr 1,5 spezifisches Gewicht (Niemann.)

- 7) Schwefel, natürlicher, in Rhombenocäedern krystallisirender
 2,045 (L. Gmelin's Handb.
 1- u. 2gliedriger . . . 1,982 (Marchand u. Scheerer).
 amorpher 1,957 (Dieselben).
 Schwefelsäureanhydrid . 1,97 bei 20° C. (Bussy).
 Schweflige Säure, tropf-
 barflüssige 1,45 (Bussy).
- 8) Stickstoff. Noch nicht im festen Zustande bekannt.
 Untersalpetersäure 1,45
 Salpetersäurehydrat, stärkster 1,552 bei 20° C. (Millon).
 Ammoniak bei 0° unter 6½ Atm. Druck 0,6234; bei — 80° C.
 krystallinisch erstarrend (Geuther's Lehrb. 91).
- 9) Phosphor, gewöhnlicher . 1,840 (Schrötter).
 rother 2,106 (Schrötter).
 Phosphorsäuretrihydrat . 1,88 bei 15° C. (H. Schiff).
- 10) Bor, diamantartiges 2,68 (Wöhler u. H. St. Claire
 Deville).
 Borsäure 1,83 bei 4° C. im Vacuum (Dumas
 u. Lecoyer).
- 11) Kohlenstoff. Diamant . 3,5
 Natürlicher Graphit . . 2,273 (Regnault).
 Gereinigter Graphit . . 2,14 (N. v. Fuchs).
 " " . . . 1,802 bis 1,844 bei 20° C. (Loewe).
 " " . . . 2,25 bis 2,26 (Brodie).
 Organische Kohle, ungefähr 1,57 (L. Gmelin).
 Flüssige Kohlensäure
 bei 0° C. 0,83 (Thilorier).
 bei — 20° C. . . . 0,90 (Thilorier).
- 12) Arsen, krystallisirtes . . . 5,728 (Bettendorff, Ann. Chem.
 Pharm., Oct. 1867.)
 Octaëdrische arsenige Säure 3,7202 (Karsten).
 Amorphe arsenige Säure 3,698 bei 4° C. im Vacuum (Du-
 mas u. Lecoyer).
 " " " 3,7026 (Karsten).
 Arsensäure 3,7342 (Derselbe).
- 13) Tellur 6,2445 (Berzelius).
 " 6,1379 (Magnus).
 Telluroxyd 5,93 bei 20° C. (Schafarik).
- 14) Antimon. 6,7006 (Karsten), 6,702 (Brisson), 6,712 (Hat-
 chett, 6,713 bei 14° C. (Matthiessen 1860), 6,715 bei
 16° C. (Marchand u. Scheerer), 6,723 (Böckmann),
 6,860 (Bergmann), 6,697 im Vacuum, Wasser bei 3°, 9
 = 1,000 (H. Schröder, Jahresb. 1859, S. 12.
 Nadelförmiges Antimonoxyd 5,778 (Boullay).

	Antimonsäure	6,525 (Derselbe).
	Antimonige Säure	6,6952 (Karsten).
15)	Vanad	5,5 bei 15° C. (Roscoë, Ann. Ch. Ph. Suppl. VII., 85).
	Vanadoxydul	4,72 bei 16° C. (Schafarik, 1863).
	Vanadsäure	3,472 bis 3,510 (Ders. 1858).
	„	3,56 bei 20° C. (Ders., Jahrb. 1863, 15).
16)	Chrom	6,81 bei 25° C. (Woehler).
	Chromoxyd	5,01 (H. Schröder, 1859).
	„	5,21 (Woehler).
	Chromsäure	2,819 bei 20° C. (Schafarik).
17)	Zink	6,915 (Karsten).
	Zinkoxyd	5,734 (Derselbe).
18)	Zinn	7,291 (Karsten).
	„	7,294 bei 13° C. (Matthiessen).
	Zinnoxid	6,96 (Mohs).
	„	6,712 (Joule u. Playfair).
19)	Titan	?
	Rutil (Titanschörl)	4,249 (Mohs).
	Anatas	3,826 (Ders.).
	Brookit	4,167 bis 4,165 (L. Gmelin's Hdb.).
	Künstliche Titansäure	3,9311 (H. Rose)
	Künstlicher Brookit	4,1 (Hautefeuille, Jahrb. 1864, 214).
	Künstlicher Anatas	3,7 bis 3,9 (Ders. (a. a. O.).
20)	Niob. Metall, worin noch 0,9 $\frac{1}{2}$ Wasserstoff	7,37 (Marignac).
	Niob	6,27 bis 6,67 (H. Rose, Jahrb. 1858, 152).
	Krystallisierte Niobsäure	5,254 bis 5,262 (L. Gmelin's Hdb.).
	Amorphe Niobsäure	4,664 bis 4,763 (L. Gmelin's Hdb.).
21)	Mangan	7,138 bis 7,206 (Brunner).
	Manganoxydoxydul	4,325 bei 30,9 (Joule u. Play- fair).
	Manganhyperoxyd	4,94 (L. Gmelin's Handb.).
22)	Eisen	7,79 (Karsten).
	Eisenhammerschlag	5,48 (P. Boullay).
	Magneteisen	5,094 (L. Gmelin's Handb.).
	Eisenglanz	5,251 (Mohs).
23)	Kobalt	8,513 (Berzelius).
	„	8,132 bis 9,495, im Mittel 8,957 (Rammelsberg).

	Kobaltoxydoxydul	5,833 bis 6,296, im Mittel 6,073 (Ders.).
24)	Nickel	8,637 (Brunner).
	„	8,82 (Tupputi).
	„	8,900 (H. Schröder, 1859), wenn Wasser bei 3°,9 = 1,000 und d. Metall auf d. Vacuum reducirt.
	Nickeloxydul, kryst.	6,605 (Genth, L., Gmelin's Handb. III., 339).
25)	Molybdän	8,62 (Buchholz).
	Molybdänoxyd	5,66 (Derselbe).
	Molybdänsäure	4,39 bei 22° C. (Schafarik).
26)	Kadmium	8,54 bis 8,57 (geschmolzen).
	„ gehämmertes	8,667 (H. Schröder, 1859).
	„ „	8,633 (Karsten).
	„ „	8,655 bei 11° C. (Matthiessen, 1860).
	Kadmiumoxyd	6,950 (Karsten).
27)	Kupfer	8,940 (Marchand u. Scheerer).
	„ galvanisch reducirtes	8,952 (H. Schröder, 1859).
	„ gehämmertes	8,958 (Derselbe).
	Kupferoxyd	6,4304 (Karsten).
	Kupferoxydul	5,749 bei 4° C. im Vacuum (Dumas u. Lecoyer).
28)	Wismuth	9,80 (Marchand u. Scheerer).
	„	9,759 (H. Schröder).
	„	9,823 bei 12° C. (Holzmann, Jahresb. 1860, 112).
	Wismuthoxyd	8,968 (P. Boullay).
29)	Silber	10,428 (Karsten).
	„	10,468 bei 13° C. (Holzmann).
	„ geschmolzen gewesen	10,53
	„ zusammengedrücktes	10,57
	„ durch Eisenvitriol ge- fälltes	10,56 bis 10,62
	Silberoxyd	8,256 (Karsten).
30)	Blei	11,376 bei 14° C. (Holzmann).
	„	11,445 (Karsten).
	Gelbes Bleioxyd	9,50 (P. Boullay).*)
	„ „	9,363 bei 3°,9 C. (Joule und Playfair).

*) Bleihyperoxyd, spec. Gew. 9,392 bis 9,448 (Breithaupt).

- 31) Thallium 11,86 (Crookes).
 " 11,808 bis 11,853 (de la Rive).
 " 11,78 bis 11,9 (Werther).
 Thalliumoxyd ?
 Thalliumtrioxyd ?
- 32) Palladium 11,4 bei 22^o,5 C. (Deville und Debray).
 Palladiumoxyd ?
- 33) Ruthenium 11,4 (Deville u. Debray).
 Ruthenoxyd 7,2 (Dieselben; Jahrb. 1859, 236).
- 34) Rhodium 12,1 (Deville u. Debray).
 Rhodiumoxyd ?
- 35) Quecksilber, flüssiges . . 13,55 (Regnault)
 " " . . 13,573 bei 15^o C. (Holzmann).
 Rothes Quecksilberoxyd 11,29 (Dumas u. Lecoyer).
 " " 11,136 bei 3^o,9 (Joule u. Playfair).
- 36) Wolframium:
 das mit Kohle reducirte . . 17,1 bis 17,3 (F. A. Bernoulli,
 das mit Wasserstoffgas reducirte 17,9 bis 18,2 (Jahrb. 1860, 152).
 Wolframsäure 7,14 (Karsten).
 " 6,302 bis 6,384 (Nordens-
 kiöld, Jahrb. 1861, 214).*)
- 37) Uranium 18,33 (Menier).
 Uranoxydul 10,15 (Ebelmen).
 Grünes Uranoxydoxydul . 7,31 (Derselbe).
- 38) Gold 19,265 bei 13^o C. (Matthiessen).
 " unter dem Frägestock zusammengedrückt:
 19,31 bis 19,34 (G. Rose).
 Mit Eisenvitriol gefälltes fein zertheiltes Gold:
 19,55 bis 20,72 (G. Rose).
 Goldoxydul u. Goldoxyd ?
- 39) Osmium 21,3 bis 21,4 (Deville und Debray).
 Osmiumsäure ?
 Osmiumoxydul u. Osmiumoxyd ?
- 40) Iridium 21,15 (Deville u. Debray).
 Iridiumoxyde ?
- 41) Platin 21,15 (Deville).
 Fein zertheiltes Platin 14,89; 16,63; 21; 22; 22,89 bis 26,14
 (G. Rose, Jahrb. 1847|48, 38)
 Iridium-Platin, natürliche Körner 22,6 bis 22,8.
 Da wir beim Jod wissen, dass seine Dichtigkeit höher ist, als die

*) Wolframsuboxydul, spec. Gew. 12,1109 (Karsten).

der Jodsäure, so lässt sich aus Analogie vermuthen, dass für das feste Brom die Dichtigkeit ebenfalls grösser sein werde, als für die Bromsäuren, und ebenso für Chlor.

Fluor geht keine Verbindungen mit Sauerstoff ein und bleibt dessen Stellung unsicher. Für Stickstoff liesse sich die Analogie mit dem Phosphor und für Sauerstoff die mit dem Schwefel herbeiziehen.

Bis auf Weiteres würde man den Elementen Sauerstoff, Fluor und Stickstoff eine unentschiedene Stellung anweisen müssen, obgleich sie als Säurezeuger zu der zweiten Abtheilung gehören.

Eine Reihe der Schwermetalle hat grössere Neigung Basen zu bilden: sie gehören den Metallen von mittlerer Dichtigkeit an (Zn, Mn, Fe, Co, Ni, Cd, Cu, Bi, Ag, Pb, Tl, Pd, Hg, deren spec. Gewichte von 6,915 bis 13,573 steigen). Die Schwermetalle von 5,5 bis 6,8 und diejenigen von 17 bis 21,4 sind wieder electronegativer. Doch fallen zwischen beide Abtheilungen die negativeren Metalle: Niobium (7,37), Molybdän (8,62), Ruthenium (11,4) und Rhodium (12,1).

Für die schwerelementare Natur des Sauerstoffs scheinen die verschiedenen Oxydationsstufen des Chlors, des Mangans, des Kupfers, des Eisens und des Bleies zu sprechen, deren spec. Gewichte mit dem zunehmenden Gehalte der Oxyde an Sauerstoff steigen, so Kupferoxydul = 5,749, Kupferoxyd = 6,4309; Magnet-eisen 5,094, Eisenglanz 5,251, gelbes Bleioxyd 9,363, Bleihyperoxyd 9,448; Manganoxydoxydul 4,325, Manganhyperoxyd 4,94. Auch für die Säuren des Stickstoffs und Schwefels ist dieser verdichtende Einfluss des zunehmenden Sauerstoffgehaltes ersichtlich.

Für die schwerelementare Natur des Stickstoffs könnte die Dichtigkeit des Chlorstickstoffs angeführt werden (1,653 nach H. Davy, während das tropfbarflüssige Chlor nur die Dichtigkeit 1,38 zeigt).

Der Gegensatz der Sauerstoffsäuren und der stärksten Sauerstoffbasen (der Alkalien und Erdalkalien) wird be-greiflich durch das Zusammentreffen der in ihrer Verbindung mit Sauerstoff „aufgelockerten Säurezeuger“ mit den durch Ver-einigung mit Sauerstoff „verdichteten Basenzeugern“, wobei unter Ausgleichung der verschiedenen Dichtigkeitszustände der stabile Zustand der neutralen Salze herbeigeführt wird.

Jena, den 30. Mai 1871.