

ruch erzielt. Er zeigte mit Ammoniak und Eisenchlorid die Farbenreaktionen der Thioglykolsäure. Beim Aufbewahren in der Luft wird es allmählich fest. Seine Ätherlösung gab nach dem Auswaschen mit Wasser und Verdunsten des Äthers eine weiße Masse vom Schmelzpunkt 101–102°. Die Analyse ergab Werte für die Dithioglykolsäure, die aus Thioglykolsäure durch Luftoxydation gebildet worden war:

0,8170 g Sbst.: 17,6 ccm 2 n-KOH ( $f = 0,5002$ ). — 0,2730 g Sbst.: 0,7040 g BaSO<sub>4</sub>.

SCH<sub>2</sub>COOH. Ber.: Säurezahl 616; S 35,1.

SCH<sub>2</sub>COOH. Gef.: Säurezahl 604; S 35,34.

[A. 39.]

#### Literatur:

Klason, Ann. Chem. u. Pharm. 187, 113 [1877].

Bilman n, LIEBIGS Ann. 339, 355 [1905].

## „Praktische Atomgewichte“.

Von Dr. G. BRUHNS, Charlottenburg.

(Eingeg. 4. April 1929.)

Mit diesem Namen bezeichnet bekanntlich die Deutsche Atomgewicht-Kommission die Gewichte der „Elementen-Atome“ in dem Sinne, wie sie bisher als einheitliche Grundstoffe aufgefaßt wurden, bis man die Zusammensetzung der meisten unter ihnen aus verschiedenen „Isotopen“ erkannte. Der Name kommt also den tatsächlich vorkommenden Mischungen aus solchen Isotopen zu, er stellt deren praktisches Vorkommen dar im Gegensatz zu den für die gewöhnliche Analyse sozusagen nur theoretisch vorhandenen einzelnen „Atomarten“ derjenigen „Elemente“, die aus zwei bis neun oder zehn Isotopen gemischt sind.

Da nun die Zusammensetzung dieser Mischungen aus Isotopen nicht immer die gleiche zu sein braucht — so unterscheidet sich bekanntlich das praktische Atomgewicht des aus Uranerzen dargestellten Bleies nicht unwesentlich von dem anderweitig abstammenden —, so werden schon manchen Fachgenossen Zweifel daran aufgestiegen sein, ob die unermüdlich weitergetriebenen Forschungen nach den „genauen“ Atomgewichten der „praktischen Elemente“ noch einen Sinn haben, soweit es sich nicht um solche handelt, die nur eine Atomart enthalten. Die Bemühungen eines Stas schienen mir jetzt theoretisch gegenstandslos geworden zu sein, da jederzeit eine andere Isotopen-Mischung gewisser Elemente aufgefunden werden könnte, die ein entsprechend abweichendes praktisches Atomgewicht besäße.

Man würde also auch nicht mehr mit Gewißheit behaupten können, daß die Atomgewichtbestimmung des einen Forschers fehlerhaft sei, weil ein zweiter und dritter ein etwas davon abweichendes Gewicht finden.

Diese Überlegung schien mir dadurch eine Stütze zu finden, daß trotz eifrigster Forschungen immer noch gewisse, wenn auch geringe Unterschiede zwischen den Atomgewichtszahlen der deutschen und der Entente-Kommission bestehen. Es herrscht seit der Auflösung der bis vor dem Kriege über die praktischen Atomgewichte entscheidenden „Internationalen Atomgewicht-Kommission“ ein Zwiespalt, der nicht allein wissenschaftlich, sondern auch in anderen Beziehungen recht bedauerlich ist, wenn auch unmittelbare Nachteile für Industrie und Handel wegen der Kleinheit der Unterschiede in den beiderseitigen Atomgewichtstafeln bisher kaum hervorgetreten sein werden.

Nun überrascht uns in diesem Jahre die Deutsche Kommission<sup>1)</sup> mit einer Vermehrung der Dezimalen bei manchen, und zwar gerade den wichtigsten Elementen. Zur Begründung wird angegeben, das Verhältnis des Silbers zum Sauerstoff könne durch die in den letzten

Jahren ausgeführten Bestimmungen zu  $107,880 \pm 0,001$ : 16,000 festgestellt betrachtet werden. Die von diesem Atomgewicht abgeleiteten Gewichte anderer Elemente dürften daher nunmehr als genauer bestimmt gelten, so daß die bisher angenommene Unsicherheit von 1:2500 als beseitigt zu betrachten sei und so viel Dezimalen angegeben werden dürfen, daß die letzte jedenfalls bis auf wenige Einzelheiten als richtig anzusehen sei.

Diese weitere Zuschärfung der praktischen Atomgewichte veranlaßte mich, meinen oben angeführten Bedenken in einer Einsendung an die Ztschr. angew. Chem. vor einiger Zeit Ausdruck zu geben. Inzwischen hat mich nun Herr Prof. Dr. R. J. Meyer, der Schriftführer der Deutschen Atomgewicht-Kommission in sehr freundlicher Weise darauf hingewiesen, daß nach den bisherigen, recht zahlreichen Feststellungen das Verhältnis der Isotopen in den natürlich vorkommenden Elementen immer dasselbe sei, somit offenbar einem bestimmten, bei dem Aufbau unseres Planeten vorhandenen Gleichgewichtszustande entspreche. Die praktischen Atomgewichte könnten hiernach als Festzahlen betrachtet werden. Ferner seien das aus Uranerzen dargestellte Blei (RaG) und das aus Thoriumerzen gewonnene (ThG) keine Mischelemente, sondern einzelne Isotopen und haben deshalb verschiedene, aber feststehende Atomgewichte. Auch sei die genaueste Bestimmung der Atomgewichte aus theoretischen Gründen, nämlich für die Atomphysik, unbedingt notwendig, und auch die nichtdeutschen Atomgewicht-Kommissionen gingen dazu über, die Werte in ihren Tafeln mit möglichster Genauigkeit zu verzeichnen. —

Den wissenschaftlichen Bestrebungen, die somit vollauf berechtigt erscheinen, darf und soll natürlich keine Grenze gezogen werden. Desto mehr aber tritt nun ein praktisches Bedenken hervor, das öffentlich zu erörtern, nun die höchste Zeit gekommen zu sein scheint.

Die wiederholten, wenn auch meistens geringen Änderungen der Atomgewichte haben schon eine gewisse Beunruhigung bei den Analytikern erzeugt, und diese steigert sich noch bei den Chemikern, die mit ausländischen Fachgenossen oder Kunden zu arbeiten haben. Werden nun die Zahlen durch Zufügung weiterer Dezimalen noch verschärft, so treten die Änderungen und Unterschiede namentlich für die, welche sich nicht durch mathematische Überlegungen von deren praktischer Bedeutungslosigkeit zu überzeugen vermögen, immer peinlicher hervor. Es ist daher auch schon angeregt worden, die Atomgewichtstafeln nicht mehr jährlich, sondern nur alle zwei oder gar fünf Jahre soweit nötig abzuändern.

Mir scheinen nun die kleinen Änderungen oder Verschärfungen der Zahlen wohl noch erträglich zu sein,

<sup>1)</sup> Ztschr. angew. Chem. 42, 95 [1929].

weil sie, richtig bewertet, so gut wie gar keine Bedeutung für die angewandte Chemie besitzen. Nur Fachgenossen, die übertriebene Begriffe hegen von der wirklich erreichbaren Genauigkeit chemisch-analytischer Arbeiten, können sich darüber beunruhigen. Der Zweck dieser Mitteilung ist vielmehr, auf weit schwerere Bedenken hinzuweisen, die sich gegen die Anwendung der „praktischen Atomgewichte“ erheben lassen.

Die „praktischen Atomgewichte“ verdienen nämlich, wenn man es genau nimmt, diese Bezeichnung nicht im landläufigen Sinne. Sie sind bekanntlich, um bei ihrer Ableitung aus verschiedenen Verbindungen übereinstimmende Zahlen zu gewinnen, auf den luftleeren Raum bezogen und stellen überhaupt nicht Gewicht-, sondern Massenverhältnisse dar. Der analysierende Chemiker dagegen ist gewohnt, seine Wägungen im luftgefüllten Raume auszuführen, er rechnet also nur mit scheinbaren Gewichten, und bei den sehr verschiedenen Dichten der Elemente und ihrer Verbindungen tritt daher eine entsprechende, wenn auch in vielen Fällen nicht sehr erhebliche Abweichung von den Massenverhältnissen ein, deren Ermittlung aber auch sein eigentliches Ziel ist. Er arbeitet also mit untauglichen Mitteln, und man würde hiernach versucht sein, die in der Tafel der Atomgewichtskommission aufgeführten Zahlen lieber unpraktische Atomgewichte zu nennen. Lediglich die Zweckmäßigkeit allgemeiner Übereinstimmung beim Ausrechnen von Untersuchungsergebnissen kann uns veranlassen, an diesen Zahlen festzuhalten, weil eine allgemein anerkannte, wirklich für die praktischen Verhältnisse zutreffende Grundlage noch nicht vorhanden ist.

Diesem bedauerlichen Zustande könnte vielleicht abgeholfen werden, wenn man die Atomgewichte einer Bearbeitung unterzöge, die sie zum praktischen Gebrauch tauglicher macht. Ein Vorschlag nach dieser Richtung ist bereits 1918 von dem Utrechter Professor N. Schoorl ausgearbeitet und überzeugend begründet worden. In seiner Abhandlung<sup>2)</sup> wird gezeigt, daß viele Atomgewichte unter Berücksichtigung der tatsächlichen Verhältnisse bei der Ausführung von Untersuchungen (Wägungen in Luft, Grenzen der gewöhnlich erreichbaren Genauigkeit usw.) unbedenklich auf runde Zahlen abgekürzt werden können oder doch nur mit einer Dezimale benutzt werden dürfen, wenn man nicht gegen die Regeln des mathematischen Anstandes (nämlich durch Vortäuschung einer nicht vorhandenen Genauigkeit) verstoßen will.

Abgesehen von der erheblich größeren Bequemlichkeit chemischer Berechnungen würde noch für den Unterricht in den Grundzügen der Chemie der nicht zu unterschätzende Vorteil gewonnen, daß das Atomgewicht des Wasserstoffes „in der Luft“ (d. h. bei Wägung seiner Verbindungen im luftgefüllten Raume) sich von 1,008 auf 1,001 erniedrigt und somit ohne Bedenken auf 1,00 abgerundet werden könnte. Hierdurch würden also die beiden, bis vor kurzem noch in manchen Lehrbüchern nebeneinander aufgeführten Atomgewichtstafeln für  $H = 1$  und für  $O = 16$  wieder in eine einzige zusammenfallen.

Bedenkt man, daß die Genauigkeit (nicht zu verwechseln mit der Gleichmäßigkeit bei wiederholter Ausführung einer und derselben Bestimmung!) bei chemischen Analysen einschließlich aller mitwirkenden Umstände, auch der unvermeidlichen Fehler bei

der Probenahme, des Anziehens oder Abgebens von Feuchtigkeit, der erforderlichen geringen Einwaage, der verschiedenen Untersuchungsverfahren, des Einflusses von Nebenbestandteilen nur in seltenen Fällen  $\frac{1}{1000}$  des Betrages erreichen wird, ja sogar vielfach bloß auf  $\frac{1}{200}$  bis  $\frac{1}{100}$  geschätzt werden darf, so muß man der von R. Saar<sup>3)</sup> aufgestellten Regel: „Nur drei Ziffern im Ergebnis!“ zustimmen. Somit ist auch die Abrundung der Atomgewichte hierfür auf höchstens vier Ziffern nicht zu beanstanden, insbesondere, wenn dabei nur eine oder zwei Einheiten der vierten oder gar der fünften Stelle vernachlässigt werden, wie es in den meisten Fällen eintritt.

Im folgenden sei eine Auswahl der am häufigsten gebrauchten Atomgewichte nach der erwähnten Abhandlung von Schoorl nebst deren von ihm vorgeschlagenen Abrunden aufgeführt.

Zeichen	Name	Internat. Atomgewicht 1916	Atomgewicht „in der Luft“	Abgerundetes Atomgewicht
Ag	Silber . . . . .	107,88	107,88	108
Ba	Barium . . . . .	137,37	137,37	137,4
Br	Brom . . . . .	79,92	79,90	80
C	Kohlenstoff . . . . .	12,005	12,00	12,0
Ca	Calcium . . . . .	40,07	40,06	40
Cl	Chlor . . . . .	35,46	35,45	35,5
Cu	Kupfer . . . . .	63,57	63,57	63,6
Fe	Eisen . . . . .	55,84	55,84	55,8
H	Wasserstoff . . . . .	1,008	1,001	1,00
J	Jod . . . . .	126,92	126,90	127
K	Kalium . . . . .	39,10	39,08	39,1
Mn	Mangan . . . . .	54,93	54,93	55
N	Stickstoff . . . . .	14,01	14,00	14,0
NH <sub>4</sub>	Ammonium . . . . .	18,042	18,02	18,0
Na	Natrium . . . . .	23,005	22,99	23,0
O	Sauerstoff . . . . .	16,000	15,995	16,0
P	Phosphor . . . . .	31,04	31,03	31,0
Pb	Blei . . . . .	207,20	207,21	207
S	Schwefel . . . . .	32,06	32,045	32,0
Zn	Zink . . . . .	65,37	65,37	65,4

Wenn man sich auf den allgemeinen Gebrauch derartig abgerundeter Atomgewichte einigen könnte, so würden gleichzeitig die Unterschiede zwischen den Zahlen der deutschen und der Ententetafel verschwinden, da sie sämtlich nur von geringer Größe sind, und man käme zu einer nicht allein praktisch ausreichenden, sondern sogar aus den verschiedensten Gründen zu fordernden Vereinfachung und Vereinheitlichung.

Ich verkenne nicht, daß die Aufstellung einer allgemein anerkannten Tafel abgekürzter Atomgewichte erhebliche Schwierigkeiten verursachen kann. Keine Geringeren als die Atomgewichtskommissionen selbst dürfen sich an diese Aufgabe heranwagen, und es ist mir eine große Freude gewesen, von Herrn Meyer die Zusicherung zu erhalten, daß die Deutsche Atomgewichtskommission sich mit dieser Frage beschäftigen wird. Die hoffentlich von ihr zu erwartende Tafel wird dann mit Recht die Überschrift „Praktische Atomgewichte“ tragen dürfen, während die bisher so bezeichneten Zahlen zu „wissenschaftlichen Atomgewichten“ aufzurücken verdient haben.

Den Genauigkeitshubern unter den Analytikern aber, die fünf- bis sechszifferige Ergebnisse ihrer Untersuchungen anzuführen lieben, wird damit gleichzeitig die ihnen gebührende Zurechtweisung erteilt werden.

[A. 52.]

<sup>2)</sup> Ztschr. analyt. Chem. 72, 209.

<sup>3)</sup> Chem.-Ztg. 1924; Ztschr. Unters. Lebensmittel 47, 169 [1924].