

fahrungsweise gegeben hat, umfasst alle Vorsichtsmassregeln, welche ein genaues Resultat verbürgen. (*Traité de chimie par Dumas. Paris, Bechet jeune. T. V, p. 45.*)

Bestimmung des specifischen Gewichts der Dämpfe flüchtiger Materien, als Mittel zur Bestimmung der Anzahl der Atome ihrer Elemente.

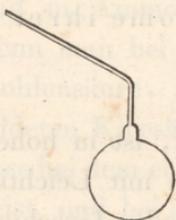
Der Apparat, den man dazu benutzt, ist in hohem Grade einfach, und die ganze Operation mit Leichtigkeit und ohne grossen Aufwand an Zeit oder Geschicklichkeit auszuführen. Die Aufgabe, welche man also zu lösen sucht, besteht in der Ausmittlung des Gewichts eines Dampfes von bekanntem Volumen.

Zu diesem Zweck wird ein passendes Gefäss, gefüllt mit trockner Luft von bekannter Temperatur und Luftdruck, gewogen; man bringt alsdann die Flüssigkeit oder den flüchtigen Körper hinein, von dessen Dampf das specifische Gewicht bestimmt werden soll; man erhitzt ihn darin etwa  $30 - 40^{\circ}$  über die Temperatur seines Siedpunktes so lange, bis er gänzlich in Dampf verwandelt ist, bestimmt die Temperatur desselben, verschliesst das Gefäss hermetisch und nimmt ans neue sein Gewicht. Man kennt nun das Gewicht des Gefässes, mit Luft und Dampf gefüllt; nach der Reduction auf gleiche Temperaturen und Druck kann man das Gewicht beider berechnen, nachdem man vorher den Rauminhalt des Gefässes, mithin das Volumen der Luft und des Dampfes, ausgemittelt hat. Das specifische Gewicht des Dampfes erhält man, wenn man das Gewicht eines gewissen Volumens durch das Gewicht eines gleichen Vo-

lumens Luft, beide von gleicher Temperatur und Druck, dividirt.

Man verfährt auf folgende Weise: Man nimmt einen kleinen, trocknen und reinen Glaskolben von 3 bis 500 Cubikcentimeter Inhalt, Fig. 80, verbindet seinen Hals

Fig. 80.



mit der Luftpumpe und dem Apparat Fig. 6, pumpt die Luft aus und lässt durch Oeffnen des Hahns abwechselnd Luft wieder einströmen; man erreicht hierdurch den Zweck, die feuchte Luft in dem Innern des Kolbens durch Luft zu ersetzen, welche beim Durchstreichen durch die mit Chlorcalcium gefüllte Glasröhre getrocknet worden ist.

Man zieht nun den Kolben in eine 6—8 Zoll lange, enge Röhre aus, giebt ihr eine Biegung, wie in der Figur angedeutet ist, schneidet die Spitze mittelst einer scharfen Feile ab und schmilzt in einer Spirituslampe den scharfen Rand derselben glatt. Das Glas des Kolbens darf sich bei dem Weichwerden nicht blättern oder schwärzen; es ist sonst schwierig oder unmöglich, die Spitze hernach schnell und leicht zuzuschmelzen. Man hat also eine Kugel oder einen Ballon mit einer ausgezogenen Spitze. Man wiegt nun den offenen ausgezogenen Ballon und lässt ihn eine Zeitlang auf der Wage liegen, bis man sieht, dass sich durch Anziehung von Feuchtigkeit von der Oberfläche des Glases sein Gewicht nicht mehr ändert.

Man hat nun in dieses Gefäß die Flüssigkeit oder den geschmolzenen festen Körper zu bringen. Zu diesem Zweck erwärmt man den Bauch des Ballons gelinde, treibt damit eine Portion Luft heraus und lässt ihn wieder kalt werden, während die offene Spitze in die flüssige Substanz hineintaucht; die Stelle der ausgetriebenen

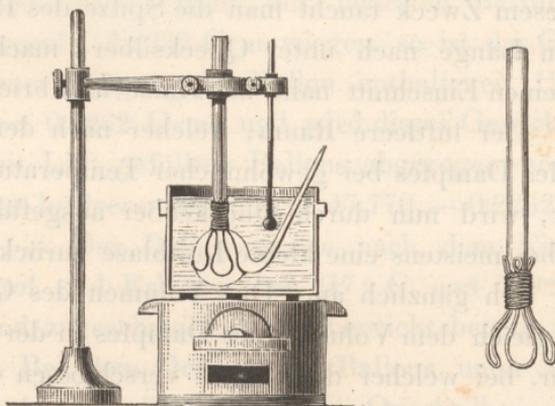
Luft wird von der Flüssigkeit eingenommen. Durch Abkühlen der Kugel mittelst aufgetropften Aethers lässt sich dies jederzeit und schnell bewerkstelligen. Die Quantität der Flüssigkeit, die man eintreten lässt, richtet sich nach dem Volumen des Ballons; 5 Grm. kann man als das Minimum und 10 Grm. als das Maximum betrachten. Wenn der Körper in dem Halse und der engen Röhre wieder fest wird, so muss dieser natürlich vorher erhitzt werden.

Der Ballon wird nun in ein Wasserbad, Chlorcalciumbad, Chlorzinkbad etc. gebracht und dieses auf eine Temperatur erhitzt, welche jedenfalls 30 bis 40° höher seyn muss, als der Siedpunkt des flüchtigen Körpers. Das Bad kann natürlich auch schon vorher bis auf die gewünschte Temperatur erhitzt seyn; man hat nie ein Springen des Ballons zu befürchten. Ein sehr genaues Thermometer zeigt seine Temperatur an.

Der Kolben kann in dem Bade auf die mannigfaltigste Weise festgehalten werden. Fig. 81 zeigt eine solche Vorrichtung. Fig. 82 ist der Halter des Ballons.

Fig. 81.

Fig. 82.



Sobald die Temperatur des Bades einige Grade über

den Siedpunkt des Körpers gestiegen ist, entwickelt sich aus der offenen Spitze ein Strom seines Dampfes; er nimmt nach und nach ab, und nach 15—20 Minuten wird eine Flamme, in die Nähe der offenen Spitze gebracht, nicht im mindesten mehr bewegt. Sieht man, dass sich an der offenen Spitze, so weit sie sich ausserhalb des Bades befindet, kleine Tropfen der Flüssigkeit verdichten, so müssen diese jetzt entfernt werden. Man nähert derselben eine glühende Kohle, worauf die Spitze sogleich davon entleert wird; mittelst eines Löthrohrs und einer in die Nähe gebrachten Spirituslampe wird nun die Spitze rasch erweicht; sie schmilzt leicht und vollkommen zu.

Das eiserne Gefäss des Bades wird nun vom Feuer entfernt, man nimmt den zugeschmolzenen Kolben aus dem Bade heraus, wäscht und trocknet ihn vollkommen ab und nimmt mit der erwähnten Vorsicht sein Gewicht.

Der Dampf der Substanz hat alle atmosphärische Luft bis auf eine kleine Quantität, die man bestimmen muss, ausgetrieben; das Volumen des Dampfes muss ebenfalls ausgemittelt werden.

Zu diesem Zweck taucht man die Spitze des Ballons der ganzen Länge nach unter Quecksilber, macht mit der Feile einen Einschnitt nahe am Halse und bricht die Spitze ab. Der luftleere Raum, welcher nach der Verdichtung des Dampfes bei gewöhnlicher Temperatur entstanden ist, wird nun durch Quecksilber ausgefüllt; es bleibt hierbei meistens eine kleine Luftblase zurück; sehr oft füllt er sich gänzlich an. Das Volumen des Quecksilbers ist gleich dem Volumen des Dampfes in der hohen Temperatur, bei welcher der Kolben verschlossen wurde. Zur Bestimmung desselben leert man nun das Quecksilber in eine graduirte Röhre aus und bemerkt sich die

Anzahl der Cubikcentimeter, die das Quecksilber einnimmt. Man füllt nun das Gefäß gänzlich mit Wasser an und misst das Volumen des Wassers; es beträgt meistens 1—2 Cubikcentimeter mehr, als das Volumen des Quecksilbers. Indem man beide von einander abzieht, hat man das Volumen der zurückgebliebenen Luftblase.

Aus den erhaltenen Resultaten lässt sich nun das spezifische Gewicht des Dampfes berechnen. Das folgende Beispiel wird diese Rechnungen versinnlichen.

*Beispiel.* Bestimmung des spezifischen Gewichts des Furfuoldampfes. Siedepunkt desselben  $162^{\circ}$ . Der Ballon wog, mit trockner Luft gefüllt, 47,770 Grm., bei  $20^{\circ}$  C. und 759<sup>mm</sup> Barometerstand. Nach Beendigung des Versuchs ergab sich die Capacität des Ballons, durch Ausmessen mit Wasser, = 188 C. C., und so viel betrug also auch das Volum der bei jener Wägung im Ballon enthaltenen Luft. 188 C. C. Luft bei  $20^{\circ}$  und 759<sup>mm</sup> Barometerstand geben aber bei  $0^{\circ}$  und 760<sup>mm</sup> Barometerstand (den Ausdehnungs-Coëfficienten der Luft für  $1^{\circ} = 0,00367$  in Rechnung genommen) 174,91 C. C. Da nun 1000 C. C. Luft bei  $0^{\circ}$  und 760<sup>mm</sup> Barometerstand, nach der neuesten Bestimmung von Regnault, 1,2932 Grm. wiegen, so ist das Gewicht der bei jener Wägung im Ballon enthaltenen 174,91 C. C. Luft = 0,2262 Grm., und wird dieses Gewicht von dem des mit Luft gefüllten Ballons abgezogen, so erhält man das des luftleeren Ballons =  $47,770 - 0,2262 = 47,5438$  Grm. — Der Ballon wurde nach dem Einfüllen von Furfurol und Erhitzen bei  $217^{\circ}$  C. und 759<sup>mm</sup> Barometerstand zugeschmolzen; sein Gewicht betrug nun 48,000 Grm. Bei dem Oeffnen des Ballons unter Quecksilber traten in denselben 188 C. C. Quecksilber ein; es war somit bei dem Zuschmelzen des Ballons alle atmosphä-

rische Luft ausgetrieben und nur Furfuoldampf darin enthalten gewesen. Zieht man das Gewicht des luftleeren Ballons von dem des mit Dampf gefüllten ab, so bleiben für das Gewicht des Furfuoldampfs  $48,000 - 47,5438 = 0,4562$  Grm. Setzt man das Volum des Ballons auch bei der Zuschmelztemperatur  $= 188$  C. C., so würden die bei dieser Temperatur darin enthalten gewesenen  $188$  C. C. Furfuoldampf (wenn sie ohne Condensation erkaltet werden könnten) bei  $0^{\circ}$  und  $760^{\text{mm}}$  Barometerstand  $104,52$  C. C. geben. Dieses Volum Furfuoldampf wiegt nun  $0,4562$  Grm., und  $1000$  C. C. würden also unter diesen Umständen  $4,3649$  Grm. wiegen. Vergleicht man dieses Gewicht mit dem eines gleichen Volums atmosphärischer Luft unter denselben Umständen, so erhält man  $\frac{4,3649}{1,2932} = 3,375$  als das spezifische Gewicht des Furfuoldampfs.

Diese Art, das spezifische Gewicht eines Dampfs zu berechnen, ist die gewöhnliche. Es hat den Anschein, als ob man dabei voraussetzen müsse, der Dampf der untersuchten Substanz (im obigen Beispiel des Furfuols) lasse sich auf  $0^{\circ}$  ohne Condensation erkalten, und die Ausdehnung des Dampfs durch die Wärme sei dieselbe wie die der atmosphärischen Luft. Die Nothwendigkeit dieser Voraussetzungen ist indess nur scheinbar, wie man leicht einsieht, wenn man berücksichtigt, dass das spezifische Gewicht eines Gases oder Dampfs nichts anders ist, als das Verhältniss seines Gewichts zu dem eines gleichen Volums atmosphärischer Luft unter denselben Umständen. Es ist ganz einerlei, ob man zum Zweck dieser Vergleichung (wie es im obigen Beispiel geschehen) zusammengehöriges Gewicht und Volum des Dampfs für Umstände sucht, für welche zusammengehö-

riges Gewicht und Volum der atmosphärischen Luft bekannt sind, oder ob man umgekehrt zusammengehöriges Gewicht und Volum der atmosphärischen Luft für die Umstände sucht, für welche zusammengehöriges Gewicht und Volum des Dampfs zunächst gegeben sind. Der obige Versuch ergab zunächst, dass 188 C. C. Furfurol-dampf bei  $217^{\circ}$  und  $759^{\text{mm}}$  Barometerstand 0,4562 Grm. wiegen. Es lässt sich leicht berechnen, dass 188 Cubikcentimeter atmosphärische Luft bei  $217^{\circ}$  und  $759^{\text{mm}}$  Barometerstand 0,1352 Grm. wiegen, und das specifische Gewicht des Furfurol-dampfs folgt hieraus  $= \frac{0,4562}{0,1352} = 3,375$ , wie es auch oben gefunden wurde.

Wenn bei dem Zuschmelzen nicht alle atmosphärische Luft aus dem Ballon ausgetrieben war, wird die Rechnung etwas complicirter. Gesetzt, bei dem Oeffnen des zugeschmolzenen Ballons unter Quecksilber seien in denselben nur 187,5 C. C. Quecksilber eingetreten, so waren, da die Capacität des Ballons durch das Ausmessen derselben mittelst Wasser = 188 C. C. sich ergab,  $188 - 187,5 = 0,5$  C. C. Luft zurückgeblieben. Das Gewicht von diesen wäre zu berechnen und von dem ganzen Gewicht des Dampfs abzuziehen; das Volum dieser zurückgebliebenen Menge Luft bei der Zuschmelztemperatur wäre zu berechnen und von dem ganzen Volum Dampf, wie es der Capacität des Ballons nach sein sollte, abzuziehen. Erst mit diesen corrigirten Zahlen für Gewicht und Volum des Dampfs liesse sich die Rechnung weiter in der Art führen, wie oben erläutert wurde. Ist das Volum der zurückgebliebenen Luft irgend erheblich, so muss es mit in Rechnung genommen werden, namentlich bei der Bestimmung des specifischen Gewichts von Dämpfen, welche ein von dem

der atmosphärischen Luft sehr verschiedenes specifisches Gewicht haben.

Das so eben besprochene Verfahren zur Bestimmung des specifischen Gewichts von Dämpfen ist keiner absoluten Genauigkeit fähig; die Volume, welche man misst und wägt, sind zu klein, und wendet man grosse Ballons an, so verliert der Apparat an seiner Einfachheit und an Bequemlichkeit in seiner Handhabung, er verlangt alsdann grosse, sehr vollkommen gearbeitete Wagen. Alles dieses ist für den Zweck, den man erreichen will, nicht nöthig; es reicht hin, wenn das durch den Versuch gefundene specifische Gewicht mit dem theoretisch berechneten in der ersten Decimalstelle übereinstimmt. Es ist aus diesen Gründen auch ganz überflüssig, die Ausdehnung des Glases in Rechnung zu nehmen oder die Angaben des Quecksilberthermometers auf die des Luftthermometers zurückzuführen; der Einfluss dieser Correctionen fällt weit innerhalb der Grenzen der bei diesem Verfahren unvermeidlichen Versuchsfehler. Man kann sogar die Aenderungen des Barometerstandes, die namentlich während der Dauer eines Versuchs unerheblich sind, das Gewicht der etwa zurückgebliebenen atmosphärischen Luft und die Ausdehnung derselben zwischen der Temperatur, wobei sie gemessen wurde, und der Temperatur, wobei der Ballon zugeschmolzen wurde (welche beiden letzten Vernachlässigungen sich einigermaßen compensiren), ganz vernachlässigen, und kommt dann zu folgender sehr bequemen Formel für die Berechnung des specifischen Gewichts eines Dampfes aus einem nach obigen Verfahren angestellten Versuch (vgl. J. Müller in den Annalen der Chemie und Pharmacie, XXVIII, 162):

$$f = \frac{P + V n_t}{(V - v) n_t'}$$

wo  $f$  das gesuchte specifische Gewicht des Dampfs bedeutet;  $P$  das Uebergewicht des dampfgefüllten über den mit Luft gefüllten Ballon;  $V$  die Capacität des Ballons in Cubikcentimetern;  $v$  das Volum der zurückgebliebenen Luft;  $n_t$  das Gewicht von 1 C. C. atmosphärischer Luft bei der Temperatur, bei welcher der mit Luft gefüllte Ballon gewogen wurde;  $n_t'$  das Gewicht von 1 C. C. atmosphärischer Luft bei der Temperatur, bei welcher der Ballon zugeschmolzen wurde. Zur grösseren Bequemlichkeit für die Ausführung dieser Berechnung ist in folgender Tabelle das Gewicht von 1 C. C. atmosphärischer Luft (das bei  $0^\circ = 0,001293$  gesetzt und den Ausdehnungscoefficienten für  $1^\circ = 0,00367$  angenommen) für die Temperatur 0 bis  $300^\circ$  mit hinreichender Genauigkeit angegeben:

<i>n</i>		<i>n</i>		<i>n</i>	
0 <sup>0</sup>	0,001293	51 <sup>0</sup>	0,001091	102 <sup>0</sup>	0,000941
1	0,001288	52	0,001088	103	0,000938
2	0,001284	53	0,001084	104	0,000936
3	0,001279	54	0,001081	105	0,000933
4	0,001275	55	0,001077	106	0,000931
5	0,001270	56	0,001074	107	0,000928
6	0,001266	57	0,001070	108	0,000926
7	0,001261	58	0,001067	109	0,000923
8	0,001257	59	0,001063	110	0,000921
9	0,001252	60	0,001060	111	0,000919
10	0,001248	61	0,001057	112	0,000916
11	0,001243	62	0,001053	113	0,000914
12	0,001239	63	0,001050	114	0,000911
13	0,001234	64	0,001047	115	0,000909
14	0,001230	65	0,001044	116	0,000907
15	0,001225	66	0,001041	117	0,000905
16	0,001221	67	0,001038	118	0,000903
17	0,001217	68	0,001035	119	0,000900
18	0,001213	69	0,001032	120	0,000898
19	0,001209	70	0,001029	121	0,000896
20	0,001205	71	0,001026	122	0,000894
21	0,001201	72	0,001023	123	0,000891
22	0,001197	73	0,001020	124	0,000889
23	0,001193	74	0,001017	125	0,000887
24	0,001189	75	0,001014	126	0,000884
25	0,001185	76	0,001011	127	0,000882
26	0,001181	77	0,001008	128	0,000880
27	0,001177	78	0,001005	129	0,000878
28	0,001173	79	0,001002	130	0,000876
29	0,001169	80	0,001000	131	0,000874
30	0,001165	81	0,000997	132	0,000871
31	0,001161	82	0,000994	133	0,000869
32	0,001157	83	0,000992	134	0,000867
33	0,001154	84	0,000989	135	0,000865
34	0,001150	85	0,000986	136	0,000863
35	0,001146	86	0,000983	137	0,000860
36	0,001142	87	0,000980	138	0,000858
37	0,001138	88	0,000977	139	0,000856
38	0,001134	89	0,000974	140	0,000854
39	0,001131	90	0,000972	141	0,000852
40	0,001128	91	0,000969	142	0,000850
41	0,001124	92	0,000967	143	0,000848
42	0,001121	93	0,000964	144	0,000846
43	0,001118	94	0,000962	145	0,000844
44	0,001114	95	0,000959	146	0,000842
45	0,001111	96	0,000956	147	0,000840
46	0,001108	97	0,000953	148	0,000838
47	0,001105	98	0,000951	149	0,000836
48	0,001102	99	0,000948	150	0,000834
49	0,001098	100	0,000946	151	0,000832
50	0,001095	101	0,000943	152	0,000830

<i>n</i>		<i>n</i>		<i>n</i>	
153 <sup>0</sup>	0,000828	204 <sup>0</sup>	0,000739	255 <sup>0</sup>	0,000668
154	0,000826	205	0,000737	256	0,000666
155	0,000824	206	0,000736	257	0,000665
156	0,000822	207	0,000734	258	0,000664
157	0,000821	208	0,000733	259	0,000663
158	0,000819	209	0,000731	260	0,000662
159	0,000817	210	0,000730	261	0,000660
160	0,000815	211	0,000728	262	0,000659
161	0,000813	212	0,000727	263	0,000658
162	0,000811	213	0,000725	264	0,000657
163	0,000809	214	0,000724	265	0,000655
164	0,000807	215	0,000722	266	0,000654
165	0,000806	216	0,000721	267	0,000653
166	0,000804	217	0,000719	268	0,000652
167	0,000802	218	0,000718	269	0,000651
168	0,000800	219	0,000716	270	0,000650
169	0,000798	220	0,000715	271	0,000648
170	0,000796	221	0,000713	272	0,000647
171	0,000794	222	0,000712	273	0,000646
172	0,000793	223	0,000710	274	0,000645
173	0,000791	224	0,000709	275	0,000643
174	0,000789	225	0,000708	276	0,000642
175	0,000788	226	0,000706	277	0,000641
176	0,000786	227	0,000705	278	0,000640
177	0,000784	228	0,000703	279	0,000639
178	0,000782	229	0,000702	280	0,000638
179	0,000781	230	0,000701	281	0,000636
180	0,000779	231	0,000699	282	0,000635
181	0,000777	232	0,000698	283	0,000634
182	0,000776	233	0,000697	284	0,000633
183	0,000774	234	0,000695	285	0,000631
184	0,000772	235	0,000694	286	0,000630
185	0,000770	236	0,000692	287	0,000629
186	0,000769	237	0,000691	288	0,000628
187	0,000767	238	0,000690	289	0,000627
188	0,000765	239	0,000689	290	0,000626
189	0,000763	240	0,000688	291	0,000625
190	0,000762	241	0,000686	292	0,000624
191	0,000760	242	0,000685	293	0,000623
192	0,000758	243	0,000683	294	0,000622
193	0,000757	244	0,000682	295	0,000621
194	0,000755	245	0,000681	296	0,000620
195	0,000754	246	0,000679	297	0,000619
196	0,000752	247	0,000678	298	0,000618
197	0,000751	248	0,000677	299	0,000617
198	0,000749	249	0,000675	300	0,000616
199	0,000748	250	0,000674		
200	0,000746	251	0,000673		
201	0,000744	252	0,000672		
202	0,000743	253	0,000670		
203	0,000740	254	0,000669		

Das oben für Furfuroidampf gegebene Beispiel ist:  
 $P = 0,230$  ( $= 48,000 - 47,770$ ),  $V = 188$ ,  $v = 0$ ,

$n_t = 0,001205$ ,  $n_\mu = 0,000719$ ; also

$$\int = \frac{0,230 + 188 \times 0,001205}{188 \times 0,000719} = \frac{0,4565}{0,1352} = 3,376,$$

kaum von dem oben umständlicher gefundenen Rechnungsergebnis abweichend.

Sei, um noch ein Beispiel für die Anwendung der Formel zu geben, bei einer Bestimmung des specifischen Gewichts des Essigätherdampfes die Capacität des Ballons  $= V = 305$  C. C., das Gewicht desselben, bei  $10^0$  mit Luft gefüllt,  $= 36,000$  Grm., das Gewicht des mit Dampf gefüllten, bei  $100^0$  zugeschmolzenen Ballons  $= 36,488$ , das Volum der zurückgebliebenen Luft  $= v = 10$  C. C. Hier ist  $P = 36,488 - 36,000 = 0,488$ ,  $n_t$  nach der obigen Tabelle  $= 0,001248$ ,  $n_\mu = 0,000946$ , und somit das specifische Gewicht des Essigätherdampfes:

$$\int = \frac{0,488 + 305 \times 0,001248}{(305 - 10) \times 0,000946} = \frac{0,8686}{0,2791} = 3,112.$$

Anwendung der Kenntniss des specifischen Gewichts des Dampfes zur Controle der Analyse eines Körpers. Die Kenntniss der Dampfdichte bietet oft eine schätzbare Controle für die Formel, welche man nach den Analysen für eine Substanz aufgestellt hat, namentlich bei Substanzen, wo das Atomgewicht sich nicht aus Verbindungen mit anderen Körpern bestimmen lässt.

Bekanntlich existirt die Gesetzmässigkeit, dass sich gasförmige Bestandtheile nur in einfachen Volumverhältnissen mit einander vereinigen, und dass das Volum der entstehenden gasförmigen Verbindung in einem einfachen Verhältniss zu der Summe der Volume der gasförmigen Bestandtheile steht. Bei den gasförmigen Elementen

sind die Gewichte gleicher Volume entweder geradezu äquivalente Gewichtsmengen, oder doch solche Gewichte, welche zu den Aequivalentgewichten in einfachen Verhältnissen stehen.

Ist somit eine Analyse und die daraus abgeleitete Formel einer Substanz richtig, so muss die gefundene Dampfdichte mit derjenigen, welche sich aus der Formel mit Zugrundelegung der eben erwähnten Sätze berechnen lässt, im Einklang stehen, und in diesem Fall dient die Bestimmung der Dampfdichte der Formel, und also auch der Analyse, aus welcher diese abgeleitet wurde, zur Bestätigung.

Setzt man bei Sauerstoff Aequivalentgewicht und Volumeinheit gleich, so hat man Gründe, dies auch für Kohlenstoffdampf anzunehmen (d. h. vorauszusetzen, dass sich die specifischen Gewichte von Sauerstoffgas und Kohlenstoffdampf wie die Aequivalentgewichte von Sauerstoff und Kohlenstoff verhalten. Für den Wasserstoff und einige andere Elemente ist bekannt, dass Ein Aequivalentgewicht von ihnen den doppelten Raum im Gaszustande erfüllt, wie ein Aequivalentgewicht Sauerstoffgas, d. h. dass für ersteren 1 Aequivalentgewicht 2 Volume repräsentirt. Weiter setzen wir das Gewicht der Volumeinheit = dem specifischen Gewicht; dieses ist für die in organischen Verbindungen am häufigsten vorkommenden Elemente direct bestimmt oder theoretisch gefolgert.

Kohlenstoff . . . . .	0,830
Wasserstoff . . . . .	0,0691
Sauerstoff . . . . .	1,106

Die Analysen des Furfurols führten zu der Formel  $C_5H_2O_2$ . Um die Uebereinstimmung dieser Formel mit

der gefundenen Dampfdichte (3,375) zu ersehen, rechnet man folgendermassen:

5 Aeq. Kohlenstoffdampf entsprechen	
5 Vol., welche wiegen . . . . .	$5 \times 0,830 = 4,150$
2 Aeq. Wasserstoffgas entsprechen	
4 Vol., welche wiegen . . . . .	$4 \times 0,0691 = 0,2764$
2 Aeq. Sauerstoffgas entsprechen	
2 Vol., welche wiegen . . . . .	$2 \times 1,106 = 2,212$
	$\text{Summe dieser Gewichte} = 6,6384$

Würden die 5 Vol. Kohlenstoffdampf, 4 Vol. Wasserstoffgas, 2 Vol. Sauerstoffgas sich zu Einem Volum Furfuoldampf vereinigen, entspräche mit anderen Worten der Formel  $C_5H_2O_2$  für das Furfurol eine Condensation des Dampfs auf 1 Volum, so wird das Gewicht dieses Einen Volums durch 6,638 ausgedrückt sein, oder das spezifische Gewicht des Furfuoldampfs wäre = 6,638. Keineswegs aber verdichten sich stets die Bestandtheile einer gasförmigen Verbindung auf 1 Volum; Condensationen auf 2 und namentlich auf 4 Volume kommen gewöhnlich vor. Für die Formel  $C_5H_2O_2$  für das Furfurol gilt offenbar eine Condensation des Dampfes auf 2 Volume, denn unter dieser Voraussetzung, wonach das Gewicht von 1 Volum, d. h. das spezifische Gewicht, theoretisch =  $\frac{6,638}{2} = 3,319$  ist, findet man eine Zahl, die mit der durch den Versuch erhaltenen (3,375) so nahe übereinstimmt, als sich dies nur erwarten lässt.

Diese Uebereinstimmung beweist also, dass das durch die Formel  $C_5H_2O_2$  ausgedrückte atomistische Verhältniss der Elemente dem Furfurol wirklich zukommt, somit die Analyse richtig ist, weil aus dieser Formel und den bei gasförmigen Verbindungen anerkannt

herrschenden Regelmässigkeiten ein spezifisches Gewicht des Dampfes folgt, welches mit dem empirisch gefundenen übereinstimmt.

Es wird indess hier nur die Richtigkeit des atomistischen Verhältnisses der Elemente, wie es die Formel ausdrückt, bewiesen, nicht die Richtigkeit des durch die Formel  $C_5 H_2 O_2$  ausgedrückten Atomgewichts. Denn auch nach der verdoppelten Formel,  $C_{10} H_4 O_4$  (die dasselbe atomistische Verhältniss der Elemente ausdrückt), berechnet sich das spezifische Gewicht des Dampfes zu 3,319, nur dass man bei Zugrundelegung der letzteren Formel eine Condensation, nicht auf 2, sondern auf 4 Volume voraussetzen muss, welche letztere Condensation indess für organische Verbindungen die bei weitem am häufigsten vorkommende ist.

Die eben angegebene Art, das theoretisch-spezifische Gewicht des Dampfes aus der gegebenen Formel abzuleiten, ist die gewöhnlich von den Chemikern befolgte. Sie macht indess gewisse Voraussetzungen, z. B. die der Kenntniss des spezifischen Gewichts des Kohlenstoffdampfes u. a., welche unbewiesen sind, und man muss bei ihr stets berücksichtigen, dass bei einigen Elementen 1 Aequivalent 1 Volum Gas oder Dampf, bei anderen 1 Aequivalent 2 Volum Gas oder Dampf u. s. w. repräsentirt. Von diesen Voraussetzungen und Berücksichtigungen ist die folgende von H. Kopp befolgte Form der Rechnung frei, welche ausserdem kürzer und bequemer auszuführen ist.

Die Gewichtsmengen verschiedener gas- oder dampfförmiger Substanzen, welche durch die Atome oder Aequivalente ausgedrückt sind, erfüllen entweder gleich grosse Räume oder solche, welche zu einander in einfachen Verhältnissen stehen. Diese relativen Raumerfüll-

lungen oder Volume selbst erhält man durch Division des specifischen Gewichts in das Atom- oder Aequivalentgewicht. Man betrachtet als Ausgangspunkt der Betrachtung das Sauerstoffgas, und als Mass der Raumerfüllung den durch das Atomgewicht (8) desselben erfüllten Raum, welcher also  $= \frac{8}{1,106} = 7,23$  ist. Von anderen Substanzen erfüllt Ein Atom- oder Aequivalentgewicht den Raum  $2,41 = \frac{1}{3} \times 7,23$  (Condensation auf  $\frac{1}{3}$  Volum; Schwefel z. B.), oder den Raum  $14,46 = 2 \times 7,23$  (Condensation auf 2 Volume; Wasserstoff, Chlor, Wasser, Schwefelwasserstoff z. B.), oder den Raum  $28,92 = 4 \times 7,23$  (Condensation auf 4 Volume; Ammoniak, Chloräthyl, die meisten organischen Verbindungen).

Wenn für eine Substanz eine richtige Formel aufgestellt und das specifische Gewicht des Dampfes richtig bestimmt ist, so wird die Division des specifischen Gewichts des Dampfes in das aus der Formel folgende Atomgewicht (dieses stets nach den Atomgewichten berechnet, die sich auf  $H = 1$ ,  $O = 8$  u. s. w. beziehen) eine der Zahlen 2,41; 7,23; 14,46; 28,92 als Quotienten ergeben, je nachdem der aufgestellten Formel eine Condensation auf  $\frac{1}{3}$ , 1, 2 oder 4 Volume entspricht.

Wenn die Formel und die Bestimmung des specifischen Gewichts des Dampfes richtig ist, wird eine dieser Zahlen als Quotient sich ergeben, und dass dies der Fall ist, dient der Aufstellung der Formel wie der Bestimmung des specifischen Gewichts zur Bestätigung. Da aber die letztere Bestimmung nur selten mit der Genauigkeit sich ausführen lässt, womit die genannten Zahlen ermittelt worden sind, wird der Quotient zwar einer dieser Zahlen nahe kommen, aber nicht ganz ge-

nau damit übereinstimmen. Die Uebereinstimmung braucht nur so genau zu sein, dass kein Zweifel bleibt, welche der Zahlen eigentlich gefunden worden sein sollte, d. h. welche Condensation der aufgestellten Formel theoretisch entspricht. Das theoretische specifische Gewicht berechnet sich dann leicht, indem man mit der so angedeuteten richtigen Zahl in das Atomgewicht, wie es aus der Formel folgt, dividirt.

Wie oben bemerkt, leiteten für das Furfurol die Analysen zu der Formel  $C_5H_2O_2$ , und der Versuch ergab das specifische Gewicht des Dampfes 3,375. Das aus der Formel folgende Atomgewicht ist 48, und der Quotient aus diesem durch das gefundene specifische Gewicht des Dampfes  $\frac{48}{3,375} = 14,2$ . Es kann kein Zweifel sein, dass hiernach für diese Formel eine Condensation auf 2 Volume angedeutet ist, welcher genauer ein Quotient 14,46 entspricht, und mit letzterm rückwärtsrechnend erhält man für die theoretische Dampfdichte  $\frac{48}{14,46} = 3,319$ , genau die Zahl, welche oben nach der gewöhnlichen Rechnungsweise umständlicher gefunden wurde. — Der verdoppelten Formel  $C_{10}H_4O_4$  entspricht natürlich eine Condensation auf das Doppelte, auf 4 Volume.

Für den Essigäther ist durch die Analysen und die Berücksichtigung seiner Bildungsweise die Formel  $C_8H_8O_4$  festgestellt. Sie giebt das Atomgewicht 88. Das nach dem oben angegebenen Versuch gefundene specifische Gewicht des Dampfes ist 3,112, der Quotient  $\frac{88}{3,112} = 28,2$ . Dies deutet unverkennbar auf die Condensation auf 4 Volume, welcher die genauere Zahl 28,92 entspricht,

und mit Hülfe der letzteren findet man das theoretische specifische Gewicht des Dampfes  $= \frac{88}{28,92} = 3,043$ .

Noch ist zu berücksichtigen, dass bei einigen Körpern, wie Weingeist, den Aetherarten u. a., das specifische Gewicht des Dampfes (d. i. das Verhältniss des Gewichts eines bestimmten Volums Dampf zu dem Gewicht eines gleichen Volums atmosphärischer Luft von derselben Temperatur und unter demselben Druck) schon nahe über dem Siedepunkt ebenso gross ist, wie bei höheren Temperaturen; während bei anderen, wie mehreren organischen Säuren u. a., das specifische Gewicht des Dampfes nahe über dem Siedepunkt viel grösser ist, als bei höherer Temperatur, und erst bei etwa 100° über dem Siedepunkt anfängt constant zu werden. Cahours fand z. B. das specifische Gewicht des Dampfes der Essigsäure, die bei 118° etwa siedet:

bei 125° 130° 140° 150° 160° 171° 190° 200° 219° 230° 250° 280° 300° 338°  
 = 3,20 3,12 2,90 2,75 2,48 2,42 2,30 2,22 2,17 2,09 2,08 2,08 2,08 2,08

Bei solchen Substanzen lässt sich nur das specifische Gewicht bei solchen Temperaturen, wo es constant geworden ist, zur Bestimmung der Condensation und zur Ableitung des theoretischen specifischen Gewichts des Dampfes gebrauchen. Es ist deshalb nothwendig, bei solchen Substanzen, wo man nicht der Analogie nach erwarten kann, dass das specifische Gewicht schon bei Temperaturen nahe über dem Siedepunkt constant ist, das specifische Gewicht des Dampfes entweder für eine Temperatur zu bestimmen, die sehr hoch über ihrem Siedepunkte liegt, oder die Bestimmung für mehrere Temperaturen auszuführen und sich zu überzeugen, ob das specifische Gewicht des Dampfes sich bei ihnen constant ergibt.