

noch vorhandene Entfernung von der ursprünglichen Gleichgewichtslage, dividirt durch die anfängliche Entfernung von derselben“, ist bei gleicher Belastungsdauer und constanter Temperatur unabhängig

a) von der Grösse der vorangegangenen Biegung (Neubestätigung des Resultates von Hrn. F. Kohlrausch).

b) von den Dimensionen des benutzten Materials.

2) Es ist nachgewiesen, dass die elastische Nachwirkung des Glases mit erhöhter Temperatur abnimmt.

3) Es ist gezeigt, dass folgende Beziehung zwischen elastischer und thermischer Nachwirkung des Glases besteht: „Glas von grosser, resp. geringer thermischer Nachwirkung zeigt auch grosse, resp. geringe elastische Nachwirkung und umgekehrt.“

4) Es ist gezeigt, dass die elastische (ebenso wie die thermische) Nachwirkung des Glases in Beziehung zu der chemischen Zusammensetzung steht; dass Kali-Natronglas viel erheblichere und langsamer verlaufende elastische Nachwirkung hat, als reines Kali-, resp. reines Natronglas; und dass die elastische Nachwirkung bei reinem Kaliglas geringer ist als bei reinem Natronglas.

5) Durch die vorliegenden Versuche ist es wahrscheinlich gemacht, dass die elastische Nachwirkung nach verschiedenartiger Deformation (Biegung, Druck, Torsion) unter denselben Bedingungen nahezu gleich ist.

Phys. Inst. der Univ. Jena, im Juni 1886.

IV. *Eine neue Methode zur Bestimmung des specifischen Gewichtes leicht löslicher Substanzen;* **von L. Zehnder.**

(Hierzu Taf. II Fig. 12–15.)

Nach den bisherigen Verfahren ist es immer noch sehr schwierig, das specifische Gewicht einer leicht löslichen Substanz genau zu bestimmen. Ich habe mich deshalb bemüht, eine andere einfache Methode hierfür zu finden, und glaube

nun, ebensowohl für praktische Messungen, welche ohne grossen Zeitaufwand eine Genauigkeit von ungefähr einem Tausendstel erreichen sollen, als auch für rein wissenschaftliche Bestimmungen, welche grössere Sicherheit der Resultate verlangen, die im Folgenden beschriebene Methode empfehlen zu dürfen.

Bekanntlich ist für viele Körper die Schwierigkeit gross, eine Flüssigkeit zu finden, welche dieselben absolut nicht löst oder sonst in keiner Weise verändert. Das völlige Entfernen aller an den Körpern haftenden Luftbläschen ist ebenfalls keine geringe Aufgabe, und leicht können diesem Umstände Fehler entspringen, wenn man nicht nach Kopp die Luft selbst als Flüssigkeit wählt, in welchem Falle aber andere Fehlerquellen zum Vorschein kommen.

Der Gedanke liegt nahe, den entgegengesetzten Weg einzuschlagen, nämlich die löslichen Körper wirklich sich auflösen zu lassen und in dem zu benutzenden Pyknometer das vom Körper eingenommene Volumen direct durch Wasser zu ersetzen. Bringt man den zu bestimmenden gewogenen Körper in ein Pyknometer, taucht das letztere in Wasser ein, öffnet es in umgekehrter Stellung unter Wasser, sodass der Körper aus dem Pyknometer herausfällt, die Luft aber zurückbleibt, lässt also das vom Körper verdrängte Volumen durch Wasser ersetzen und wägt wiederum, so hat man das Volumen des Körpers, resp. das Gewicht des gleichen Volumens Wasser, und das Verhältniss der beiden bestimmten Gewichte ergibt sofort das specifische Gewicht des Körpers.

Das Luftvolumen, welches neben dem Körper das Pyknometer erfüllt, spielt also bei dieser Methode eine wichtige Rolle, und selbstverständlich muss demselben alle nöthige Aufmerksamkeit geschenkt werden, wenn die Resultate genau werden sollen. Kleine Temperatur- und Barometerschwankungen haben auf die Luft schon einen sehr fühlbaren Einfluss; nur ausnahmsweise oder bei besonderen Vorsichtsmassregeln dürfen dieselben vernachlässigt werden.

Die Berechnung der Correctionen für die Veränderung des Luftvolumens ist bekannt und wohl jedem geläufig:

Man bestimmt das Volumen des Pyknometers; zieht man davon das Volumen des für den Körper eingedrungenen Wassers ab, so erhält man das Luftvolumen zur Zeit des Verschlusses des Pyknometers unter Wasser. Dieses Luftvolumen muss auf die Temperatur und den Barometerdruck zur Zeit des Eintauchens des Pyknometers reducirt werden, mit der bekannten Formel:

$$v_0 = \frac{v}{1 + \alpha t} \cdot \frac{h}{760},$$

welche man mit genügender Genauigkeit direct so verwenden und also die vorhandenen Reductionstabellen benutzen kann, wenn man setzt:

v_0 = gesuchtes Volumen beim Eintauchen des Pyknometers,

v = gefundenes Volumen beim Herausnehmen des Pyknometers,

$t = t_2 - t_1$ = Temperaturdifferenz der Luft des Pyknometers beim Eintauchen (t_1) und beim Herausnehmen (t_2),

$h = 760 + h_2 - h_1$, wobei $h_2 - h_1$ die Barometerdifferenz beim Eintauchen (h_1) und beim Herausnehmen (h_2), in Millimetern gemessen, bedeuten soll,

α = Ausdehnungscoëfficient der Luft.

Um die Differenz $v - v_0$ hat sich die mit dem Pyknometer eingetauchte Luft bis zum Herausnehmen ausgedehnt; das durch Wägung gefundene Wassergewicht oder Körpervolumen ist somit um diese Differenz $v - v_0$ zu vermehren, um das corrigirte Körpervolumen zu erhalten. Dividirt man das Körpergewicht durch dieses corrigirte Körpervolumen, so ist damit das specifische Gewicht gefunden, mit Berücksichtigung der nothwendigsten Correctionen.

Für die Versuche stellt man sich am zweckmässigsten ein cylindrisches Pyknometer her mit flachem, sorgfältig aufgeschliffenem Deckel, welcher in der Mitte trichterförmig gebildet und in eine Capillare von ungefähr $\frac{1}{2}$ mm lichter Weite ausgezogen wird (Fig. 12). Zum Auffangen der Luft biegt man den Rohransatz eines nicht zu kleinen Trichters (ca. 12—15 cm weit) zweimal um und zieht das Ende ebenfalls in eine Spitze aus von ca. 1 mm lichter Weite (Fig. 13).

Die gezeichnete Form des Trichters hat sich beim Umfüllen der Luft als besonders zweckmässig erwiesen, während ich dem Pyknometer jene Gestalt geben musste, um seinen Hohlraum mit den zu bestimmenden Körpern gut ausfüllen zu können.

Nach der Wägung des Pyknometers und nach Bestimmung seines Volumens füllt man den zu untersuchenden Körper in das Gläschen ein und wägt ihn darin. Hierauf stellt man dasselbe in ein Wasserbad von constanter Temperatur, sodass nur etwa 3—4 mm seiner Capillare über die Wasseroberfläche hervorragen. In diesem Bade muss die im Pyknometer befindliche Luft die Temperatur des Wassers genau annehmen, indem sie sich gleichzeitig durch die offen gelassene (trockene) Capillare mit dem äusseren Luftdruck in genaues Gleichgewicht setzt. Ist dies geschehen, so liest man die Temperatur des Wasserbades (t_1) und den Barometerdruck (h_1) ab, verschliesst die Capillare des Gläschens, indem man z. B. mit dem nassen Finger wiederholt auf die Spitze drückt, sie also benetzt und von ihr Wasser einsaugen lässt, bis etwa ein 5—10 mm hoher Wasserverschluss der Capillare erreicht ist. Das Umfüllen der Luft wird am zweckmässigsten in einem grossen Glasgefässe, z. B. in einer pneumatischen Wanne mit durchsichtigen Wänden, vorgenommen, in welche der beschriebene Trichter, völlig mit Wasser gefüllt, an einem Stativ befestigt, eintaucht. Die pneumatische Wanne kann zugleich als Wasserbad für das Pyknometer dienen. Dieses letztere wird nun rasch untergetaucht, sodass durch den Wasserverschluss weder Luft ein- noch austreten kann, und sein Deckel wird unter der Trichteröffnung vorsichtig geöffnet. Die Luft wird in den Trichter aufsteigen und bleibt an den höchsten Stellen derselben, während der zu untersuchende Körper im Wasser sich auflöst, und also alle Luft, auch die ihm sehr eng anhaftende, unbedingt frei werden muss. Für Körper, welche im Wasser untersinken, ist es vortheilhaft, ein kleineres Schälchen unter die Trichteröffnung zu stellen (Fig. 14), sodass die Luftbläschen, welche nachträglich beim Auflösen des Körpers frei werden, sicher in den Trichter aufsteigen müssen, auch wenn

im Wasser geringe Strömungen stattfinden. Ist alle Luft im oberen Theile des Trichters gesammelt, so wird dieselbe durch die ausgezogene Spitze des Trichters in das unter Wasser umgestülpte Pyknometer (Fig. 14) umgefüllt. Ebenfalls unter Wasser wird noch der Deckel des Gläschens aufgedrückt; das Einfetten der gut geschliffenen Verschlussfläche verhindert das Abfallen desselben. In dieser umgekehrten Stellung ist das Pyknometer von einer möglichst leichten und die Wärme schlecht leitenden Klammer so über Wasser zu halten, dass das Wasserniveau im Fläschchen und ausserhalb desselben annähernd gleich ist, und dass eine möglichst grosse Oberfläche des mit Luft gefüllten Theiles des Pyknometers frei bleibt (Fig. 15). Man lässt das Gläschchen so lange in dieser Klammer, bis der Luftdruck im Inneren desselben und ausserhalb, und ebenso die Temperatur der eingeschlossenen mit derjenigen der äusseren Luft völlig gleich geworden ist. Der Ausgleich muss wiederum durch die Capillare des Deckels stattfinden, wie vor dem Eintauchen. Nun wird an einem neben dem Pyknometer befindlichen Thermometer die Temperatur der umgebenden Luft (t_2), der Barometerstand (h_2) und endlich die Temperatur des Wasserbades abgelesen, man verschliesst die Capillare des Gläschens rasch, z. B. mit einem Finger, während man unmittelbar nachher das Fläschchen erfasst, herausnimmt, umdreht und sehr gut abtrocknet. Nach dem Trocknen wird die Spitze der Capillare freigelassen und das Fläschchen mit dem darin befindlichen Wasser gewogen, womit alle zu der oben aufgestellten Berechnung nöthigen Daten gegeben sind.

Bei Ausführung der Versuche sind gewisse Vorsichtsmaassregeln im Auge zu behalten, wie ich sie im Folgenden noch erörtern will, soweit ich darüber Erfahrungen gesammelt habe:

Die aufgeschliffene Fläche des Deckels des Pyknometers ist mit ein wenig consistentem Fett, welches natürlich schon mit dem leeren Fläschchen gewogen werden muss, einzureiben.

Von besonderem Vorthail ist es, möglichst wenig Luft im Pyknometer zu lassen. Man fülle also das letztere mit

möglichst grossen Stücken des zu untersuchenden Körpers an und stopfe alle entstehenden Hohlräume mit kleiner gestossenen Stücken desselben Materiales aus.

Erst nach dem Anfüllen schliesst man den gefetteten Deckel des Gläschens, weil sonst das auf das Fläschchen übertragene Fett beim Füllen und nachherigen Reinigen verloren gehen würde.

Die Capillare des Pyknometerdeckels muss unfehlbar trocken sein; ein nicht beachteter Wasserpfropfen in derselben würde den Druckausgleich zwischen innen und aussen erschweren.

Das Wasser der pneumatischen Wanne erneuere man kurz vor jedem Versuche, und zwar wendet man mit Vorthail Leitungswasser an, welches in den Röhren des Gebäudes noch einen grösseren Ueberdruck hat und Luft eingeschlossen hält, die nach dem Ausströmen des Wassers nach und nach frei wird. Unter solchen Umständen schluckt das Wasser ganz sicher keine Luft des Pyknometers auf; im Gegentheil wird etwas Luft dem Luftvolumen des Pyknometers zugefügt, aber eine so unbedeutende Menge, wenn das Wasser nicht einer gar zu hohen Pressung unterworfen war, dass während der kurzen Zeit des Umfüllens nur eine kaum merkbare Luftvermehrung die Folge sein kann.

Für den Wärmeausgleich des Wasserbades und der Luft im Inneren des Gläschens muss eine genügende Zeit in Anspruch genommen werden. Ich verwendete dafür je eine Viertelstunde, weil ich meinen Versuchen nicht viel Zeit opfern konnte. Eine halbe Stunde wäre aber weit zweckmässiger und sicherer.

Vor Verschluss des Pyknometers durch den oben erwähnten Wasserpfropf darf dasselbe (im Wasserbade) in keinem Falle mit den Fingern angefasst werden, weil dadurch eine beträchtliche Temperatursteigerung und also ein Luft-austreiben stattfinden könnte. Auch nach dem Verschluss ist ziemlich tiefes Untertauchen des Fläschchens sofort nach dem Anfassen nöthig; anderenfalls hat man den Finger auf die Spitze der Capillare zu drücken, damit ein Ausspritzen des Wasserpfropfes und Ausströmen von Luft nicht statt-

finden kann. Wählt man die pneumatische Wanne selbst als Wasserbad, so ist dieses Untertauchen sicherer und bequemer.

Bringt man das Fläschchen unter den Trichter, so sind zuvor alle demselben anhängenden Luftbläschen sehr sorgfältig zu entfernen, denn um das Volumen der zu viel unter den Trichter geführten Luft fällt das gefundene Körpervolumen zu klein aus. Oeffnet man das Fläschchen unter dem Trichter mit den Fingern, so sind auch die Hände unmittelbar vor dem Eintauchen in die pneumatische Wanne gehörig zu benetzen, abzuspülen und in der Wanne, in möglichster Entfernung vom Trichter noch alle etwa an denselben zurückgebliebenen Bläschen abzulösen. Kleinere Bläschen werden leicht durch Strömungen des Wassers unter die Trichteröffnung getragen. Man kann dieser Gefahr völlig entgehen, wenn man den Trichter vertical verschiebbar befestigt und seine Mündung bis zum letzten Moment vor Oeffnen des Gläschens auf dem Boden der pneumatischen Wanne aufliegen lässt.

Der Deckel des Pyknometers darf nur langsam geöffnet werden, sodass die Luft nur in kleinen Blasen austritt. Oeffnet man rasch, so entsteht gleichsam ein Ueberwallen der Luft und eine so starke Strömung, dass leicht Luftbläschen neben den Trichter geführt werden und dort verloren gehen. Auch die festen Körper dürfen nur langsam aus dem Pyknometer entleert werden, aus demselben Grunde. Die an den inneren Wänden des Pyknometers haftenden Luftbläschen löst man mit einem Stäbchen los. Gelingt dies nicht vollständig, so darf wenigstens das Pyknometer vor dem Wiedereinfüllen der Luft nicht in die aufrechte Stellung zurückgedreht werden, damit sicher keines der Bläschen entweichen kann.

Während des AuflöSENS der Körper rührt man dieselben vorsichtig mit einem Stäbchen um, damit die frei werdenden Luftbläschen wirklich aufsteigen können. Das völlige Auflösen der Körper muss bei gewöhnlichen Beobachtungen nicht abgewartet werden, wenn nicht inwendig in den Körpern eingeschlossene Luft einen verhältnissmässig ansehnlichen Bruchtheil des Volumens betragen kann.

Die kleinen Luftbläschen steigen nicht alle direct am Trichter in die Höhe, sondern sie legen sich an die Trichterwandungen an, lassen sich aber mit einem weichen Stäbchen oder auch ganz gut mit dem Finger entfernen, in die Höhe schieben und dort mit den grösseren Luftblasen vereinigen. Die Verbindung aller Bläschen zu einem compacten Ganzen ist zweckmässig, weil anderenfalls beim Umfüllen der Luft in das Pyknometer die kleineren Bläschen die Trichterspitze nicht passiren und nachher nur schwer in das Gläschen umzufüllen sind.

Die Capillarität des Pyknometers darf nicht ohne weiteres vernachlässigt werden. Man sucht eine Glasröhre von gleicher Beschaffenheit und gleicher lichter Weite, wie das Pyknometer sie hat, und beobachtet die Erhöhung des Wasserspiegels im Inneren der Glasröhre. Um ebensoviel soll beim Festmachen des Pyknometers zum Temperatenausgleich sein innerer Wasserspiegel höher stehen als der äussere; doch verändert 1 mm Fehler dieser Niveaudifferenz das Luftvolumen nur ungefähr um ein Zehntausendstel.

Wird das Pyknometer nach dem Umfüllen der Luft in umgekehrter Stellung festgeklemmt, so muss dessen Oberfläche, so weit sie der Luft ausgesetzt ist und deren Temperatur annehmen soll, sorgfältig getrocknet werden, damit keine Verdunstungskälte auftritt. Das messende Thermometer (dasselbe, mit welchem man die Temperatur des Eintauchens bestimmte, oder ein genau verglichenes Instrument) muss sehr nahe dem Pyknometer befestigt werden. Die Temperatur der umgebenden Luft ist möglichst constant zu erhalten, folglich sind die Wärmestrahlungen des Beobachters ebenfalls unwirksam zu machen.

Auch in dieser Stellung darf das Pyknometer mit Fingern oder mit einem guten Wärmeleiter von anderer Temperatur nicht angefasst werden, bevor dessen Spitze mit dem Finger abgeschlossen worden ist, weil anderenfalls sofort die eingeschlossene Luft ihr Volumen verändert. Das Schliessen selbst muss rasch erfolgen, weil beim Eintauchen der Hand das äussere Wasserniveau erhöht wird, und also bei längerem Andauern Wasser ins Innere hineindrücken würde.

Das Abtrocknen des Fläschchens nach dem Herausnehmen ist sehr wichtig. An den einspringenden Kanten bleibt leicht Wasser zurück, welches jedenfalls mit Fliesspapier oder dergleichen vorsichtig zu entfernen ist. Wo die aufgeschliffenen Flächen zusammenstossen, bleibt ebenfalls gewöhnlich Wasser hängen, welches man zu entfernen hat.

Nach dem völligen Abtrocknen lässt man den verschliessenden Finger schnell von der Capillare los. In vielen Fällen ist das Fläschchen durch das Abtrocknen auf eine höhere Temperatur gebracht worden, und es fliesst etwas Wasser aus der Spitze auf die ebene Fläche des Deckels. Man hat dieses Wasser natürlich mitzuwägen.

Die gewöhnlichen Reductionen bei Wägungen will ich nicht aufzählen, dagegen erwähnen, dass das für die Volumenbestimmung des Körpers gefundene Wassergewicht von der Temperatur des letzten Wasserbades auf 4° reducirt werden muss.

Handelt es sich um sehr genaue physikalische Messungen, so können weitere Nebenumstände mitberücksichtigt werden. Ich erwähne nur die folgenden:

Die Temperaturen des Eintauchens und des Herausnehmens sind sehr wichtig, und sind genau herzustellen und abzulesen nöthig; man wird also dabei einen gut construirten Thermostaten in Anwendung bringen.

Das Verschliessen des Pyknometers mit den Fingern wird man durch eine passende Klemmvorrichtung mit Gummiflächen an den betreffenden Druckstellen ersetzen. Eine solche lässt sich leicht so construiren, dass auch das Oeffnen des Pyknometers ganz allmählich bewerkstelligt werden kann.

Als weitere Fehlerquellen sind noch zu berücksichtigen: die Absorption von Luft oder Vermehrung derselben beim Umfüllen im Trichter, ihre Aufnahme von Wasserdampf das Befechten des vorhervöllig trockenen Pyknometers und andere kleine Aenderungen. Am einfachsten werden diese Fehler alle eliminirt, wenn man jeden Versuch doppelt anordnet, in jeder Beziehung symmetrisch, und auf der einen Seite das Volumen des zu untersuchenden Körpers, auf der anderen aber das schon vorher nach einer völlig exacten Methode mit grösster

Genauigkeit festgestellte Volumen eines festen unlöslichen Körpers bestimmt. Die Differenz der beiden gefundenen Volumina des unlöslichen Körpers gibt die Luftvermehrung, resp. Verminderung durch die erwähnten Fehlerquellen, welche Veränderungen noch in Beziehung zum Volumen des löslichen Körpers zu bringen sind, wie leicht ersichtlich.

Vor dem Umfüllen der Luft muss die völlige Auflösung abgewartet werden.

Nach dem Umfüllen der Luft in das Pyknometer ist theilweise gewöhnliches Wasser im letzteren zurückgeblieben. Man verschliesst das Fläschchen, wie früher beschrieben, und öffnet es wieder in einem Gefässe mit destillirtem Wasser. Durch Schwenken desselben ist es leicht möglich, das Wasser fast vollständig durch destillirtes zu ersetzen, ohne Luft entweichen zu lassen. Ich habe diese Manipulation bei meinen Versuchen stets durchgeführt.

Erwähnen will ich noch den Fall, dass werthvolle Körper zu untersuchen sind, die man nicht in einer grossen Wassermenge verlieren will. Man stelle in diesem Falle ein dem Pyknometer ähnliches, ebenfalls cylindrisches Gefäss (dessen Capacität so gross ist, dass es eine concentrirte Lösung des Pyknometerinhaltes reichlich zu fassen vermag, und das man mit destillirtem Wasser gefüllt und unter solchem geschlossen, sowie von allen Luftbläschen befreit hat) mitten unter den Auffangtrichter, öffne den Deckel des Gefässes und entleere den Pyknometerinhalt in dasselbe, wobei der grösste Theil der Luft in den Trichter aufsteigen wird. Das Gefäss schliesst man wieder und lässt die Substanz in demselben sich völlig auflösen. Alle Luftbläschen steigen dann zum Deckel des Gefässes und bei nochmaligem kurzen Oeffnen desselben in den Trichter empor. Allfällig zurückbleibende Bläschen lassen sich mit einem dünnen Drahte, ohne grosse Strömungen zu erregen, freimachen und zum Aufsteigen bringen.

Um mich von der Brauchbarkeit dieser Methode zu überzeugen, habe ich mehrere Versuchsreihen ausgeführt, welche ich alle hier veröffentlichen will, ohne die weniger günstigen Ergebnisse auszuschliessen. Nur die ersten sechs

Versuche, bei welchen ich die wesentlichsten Erfahrungen machen musste, und welche zur definitiven Construction der Apparate und zur Gestaltung der Methode dienten, übergehe ich, weil sie keinen weiteren Werth haben können. In erster Linie bestimmte ich das specifische Gewicht eines beliebigen festen unlöslichen Körpers nach der bekannten Methode der Wasserverdrängung im Pyknometer und erhielt dabei folgende Werthe:

Versuch Nr. 7	spec. Gewicht des unlöslichen Körpers	$s = 1,5939$
" " 8	" " " "	$s = 1,5945$
" " 9	" " " "	$s = 1,5936$
Mittelwerth:		$s = 1,5940.$

Die Pyknometercapacität — Mittelwerth aus diesen drei Versuchen 12,3662 — ist für alle folgenden Versuche mitbenutzt worden.

Nach der neuen Methode machte ich mit demselben festen unlöslichen Körper folgende Beobachtungen, die Wägungen bereits reducirt und corrigirt:

Versuch Nr.	Gew. des festen Körpers	Gew. des eingedr. Wassers	Capacität d. Pyknometers	Luftvolumen	Temp.-Differenz $t_2 - t_1$	Baromet.-Differenz $b_2 - b_1$	corr. Luftvolumen	corr. Körpervolumen	spec. Gewicht
10.	14,2243	8,8626	12,3662	3,5036	+ 3,5°	- 0,065	3,4588	8,9074	1,5969
11.	14,2228	8,8717	12,3662	3,4945	+ 4,15	+ 0,005	3,4421	8,9241	1,5938
12.	14,2236	8,8715	12,3662	3,4947	+ 4,02	- 0,085	3,4434	8,9228	1,5941

Mittelwerth: $s = 1,5949.$

Als zweites Beispiel vergleiche ich die nach zwei Methoden erhaltenen Werthe des specifischen Gewichtes von gewöhnlichem, im Handel vorkommendem, krystallinischem Kochsalz. Zuerst operirte ich nach der oben erwähnten bekannten Methode in drei Versuchen, indem ich Petroleum als verdrängende Flüssigkeit anwandte, in welchem sich Kochsalz nicht löst. Ich erhielt folgende Resultate:

Versuch Nr. 13	specifisches Gewicht des Salzes	$s = 2,1874$
" " 14	" " " "	$s = 2,1888$
" " 15	" " " "	$(s = 2,2069)$

Mittelwerth: $s = 2,1881.$ ¹⁾

1) Versuch 15 war fehlerhaft, wie ich später aus zwei nachträglichen Versuchen gefunden habe, indem mir unbeachteter Weise mit dem schon

Die Beobachtungen und Berechnungen für dasselbe krystallinische Salz waren nach der neuen Methode die folgenden:

Versuch Nr.	Gew. des festen Körpers	Gew. des eingedr. Wassers	Capacität d. Pyknometers	Luftvolumen	Temp.-Differenz $t_2 - t_1$	Baromet.-Differenz $b_2 - b_1$	corr. Luftvolumen	corr. Körpervolumen	spec. Gewicht
16.	12,1348	5,4824	12,3662	6,9338	+4,05°	-0,25	6,8900	5,5362	2,1919
17.	12,3039	5,5492	12,3662	6,8170	+2,56	-0,005	6,7537	5,6125	2,1922
18.	12,5362	5,6677	12,3662	6,6985	+3,16	-0,075	6,6212	5,7450	2,1821

Mittelwerth: $s = 2,1887$.

Um mich zu überzeugen, ob auch bei einem löslichen Körper die einzelnen Resultate untereinander gut übereinstimmen, und um gleichzeitig zu erkennen, welcher Betrag der Abweichungen ungefähr dem Umstande zuzuschreiben sei, dass das verwendete Kochsalz zweifellos verunreinigt war, führte ich noch sieben weitere Versuche nach der neuen Methode aus mit Candiszucker, der mir als gutes homogenes Material empfohlen worden war. Die Ergebnisse waren:

Versuch Nr.	Gewicht des Zuckers	Gew. des eingedr. Wassers	Capacität d. Pyknometers	Luftvolumen	Temp.-differenz $t_2 - t_1$	Baromet.-differenz $b_2 - b_1$	corr. Luftvolumen	corr. Körpervolumen	spec. Gewicht
19.	11,4252	7,1272	12,3662	5,2390	+2,19°	-0,36	5,1950	7,1712	1,5932
20.	11,4416	7,1333	12,3662	5,2329	+2,55	-0,16	5,1836	7,1826	1,5930
21.	11,4845	7,1439	12,3662	5,2223	+2,10	+0,25	5,1840	7,1822	1,5921
22.	11,4362	7,1323	12,3662	5,2339	+2,50	+0,22	5,1868	7,1794	1,5929
23.	11,4308	7,1355	12,3662	5,2307	+2,55	+0,44	5,1855	7,1807	1,5919
24.	12,0695	7,5330	12,3662	4,8332	+2,34	+0,035	4,7924	7,5738	1,5936
25.	11,8678	7,4003	12,3662	4,9659	+2,82	+0,08	4,9155	7,4507	1,5928

Mittelwerth: $s = 1,5928$.

Maximalabweichung vom Mittelwerthe: ca. 0,56 pro Mille.

Damit schloss ich die Versuche nach der neuen Methode ab und füge nur noch einiges über die Beobachtungen selbst

vorher zweimal verwendeten Petroleum Salz, welches hineingerathen war, in das Pyknometer floss. Diese zwei nachträglichen Versuche waren übrigens mit einem anderen Material ausgeführt, der erste unabsichtlich mit demselben Versehen, der zweite sicher gut. Die Differenz der Resultate betrug ca. 2 Proc. des Werthes, sodass damit die Fehlerhaftigkeit von Versuch 15 genügend erklärt ist. Ich glaubte dementsprechend nur die Versuche 13 und 14 zur Bestimmung des arithmetischen Mittels zu lassen zu dürfen.

und ihren grösseren oder geringeren Werth hinzu. Bei den Vergleichen der Ergebnisse beider Methoden für den festen, unlöslichen Körper hat jedenfalls die ältere bewährte Methode den genaueren Mittelwerth ergeben. Das auch zu letzterer verwendete Pyknometer war mein oben beschriebenes (Fig. 12), für welches das Füllen mit Wasser, das Abtrocknen etc. etwas schwierig ist, daher die auch nach der alten Methode nicht ganz genau übereinstimmenden Zahlen. Die Versuche nach der neuen Methode werden zusehends zuverlässiger, je mehr Erfahrungen ich mir bei denselben aneignete. — Die Wägungen von Salz mit Petroleum habe ich möglichst gewissenhaft ausgeführt und mir z. B. zum Entfernen aller Luftbläschen von den Salzkörnchen jedesmal viel Zeit genommen, dennoch konnte es nur gelingen, die sichtbaren, nie aber alle Luftbläschen zu entfernen, sodass diese alte Methode ein etwas zu geringes specifisches Gewicht geben wird. Die Uebereinstimmung der Mittelwerthe nach beiden Methoden ist bei Salz eine sehr gute, doch spielt der Zufall einigermassen günstig mit. Die ersten beiden Werthe 2,1919 und 2,1922 müssen der Wirklichkeit weit näher kommen, als der dritte, weil ich absichtlich, um die Differenzen kennen zu lernen, beim dritten Versuche sofort nach dem Ausgiessen von Salz und Luft unter dem Trichter das Salz hervorzog, die nachträglich aufsteigenden Luftbläschen nicht sammelte und also ein entschieden zu geringes specifisches Gewicht bekam. Es ist mir sehr wahrscheinlich, dass die neue Methode, welche das Auflösen der Körper benutzt, wegen der anhaftenden Luft genauere Resultate zu geben im Stande ist, als die alte Methode der Flüssigkeitsverdrängung. — In Betreff des Candiszuckers habe ich zu bemerken, dass in den Tabellen von Landolt und Börnstein die zwei Angaben 1,593 und 1,595 enthalten sind, während ich 1,5928 fand. Ich glaube wirklich, einen etwas zu kleinen Werth erhalten zu haben, weil es mir überhaupt bei allen diesen Versuchen durchaus nicht darum zu thun war, unbekannte specifische Gewichte zu bestimmen, sondern nur allein darum, die Brauchbarkeit der neuen Methode zu untersuchen. So nahm ich den ersten besten käuflichen Candiszucker, ohne denselben extra zu

trocknen, sodass also sein specifisches Gewicht unbedingt etwas zu klein ausfallen musste.

Die gute Uebereinstimmung der letzten sieben Resultate zeigt jedenfalls in genügender Weise, dass man bei Beobachtung der für ganz genaue Messungen angedeuteten Vorsichtsmaassregeln die Genauigkeit meiner Bestimmungen noch bei weitem übertreffen kann.

Werden nur Resultate von mässiger Genauigkeit verlangt, so kann man das Verfahren auf die denkbar einfachste Form bringen. Man beobachte bei möglichst constantem Barometerdruck — dessen Variation vom ersten bis zum zweiten Verschliessen des Fläschchens nicht mehr als höchstens $\frac{1}{2}$ mm betrage — in einem geschützten Zimmer von sehr constanter Temperatur, lasse das Pyknometer in der Zimmerluft die constante Temperatur vor dem Eintauchen annehmen und beobachte die Vorsicht, dass das letzte Wasserbad, aus welchem das Gläschen herausgenommen wird, ebenfalls völlig die Temperatur des Zimmers besitze. Es können dann die Correctionen fallen gelassen werden, und man wird ohne dieselben nur Fehler von höchstens einigen pro Mille begehen. In diesem Falle ist einfach:

$$\frac{\text{Gewicht des Körpers}}{\text{Gewicht des eingedrungenen Wassers}} = \text{specifisches Gewicht.}$$

Die Methode mag vielleicht umständlich erscheinen, wenn man aus meiner Darstellung und aus allen zu beachtenden Vorsichtsmaassregeln einen Schluss ziehen will. Ich habe jedoch für meine ersten Versuche jedesmal drei, später für jeden Versuch nur zwei Stunden nöthig gehabt, sodass daraus ersichtlich ist, wie leicht man sich dabei einarbeitet. Nur darum habe ich die Methode so genau beschrieben und die Vorsichtsmaassregeln so ausführlich angegeben, damit solche, welche der wissenschaftlichen Chemie einige Zeit widmen wollen, sich leichter entschliessen möchten, ungenügend bestimmte specifische Gewichte, deren es noch eine grosse Zahl gibt, genauer zu ermitteln.

Berlin, phys. Inst., den 11. Juli 1886.