

II. Neue Apparate zur Bestimmung von spezifischen Gewichten.

Von Prof. H. Rebenstorff.

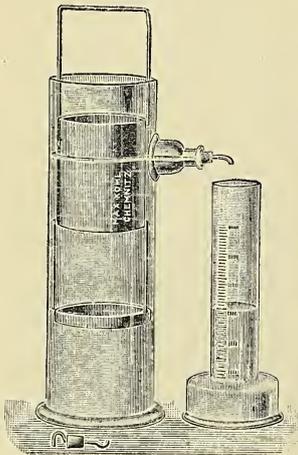
Mit 3 Abbildungen.

I. Der Verdrängungsapparat.

Zur Messung der Volumina fester Körper benutzt man seit sehr alter Zeit sog. konstante Gefäße, aus denen die ein bestimmtes Niveau überschreitende Wassermenge seitlich abfließt. Senkt man nach dem Aufhören des Abfließens einen Gegenstand in das Wasser ein, so wird ein ihm gleiches Volumen in ein leeres Glas verdrängt, dessen Wägung oder Messung das gesuchte Volumen angibt. Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes des Gegenstandes erfordert dann nur noch diejenige des absoluten Gewichtes, das am besten voraufgehend für den noch trockenen Gegenstand aufgesucht worden war.

Der zu beschreibende Apparat ist eine Verbesserung des konstanten Gefäßes im Sinne einer Erhöhung seiner Genauigkeit und des

Fig. 1.



Umfanges seiner Anwendbarkeit. Der „Verdrängungsapparat“ (Fig. 1) besteht aus einem sehr standfesten Zylinder, der oberhalb seiner Mitte einen seitlichen Tubus zur Aufnahme des Abflusströhrchens besitzt. Bei solcher Lage ist dieses vor zufälligen Berührungen mit dem einzusenkenden Gegenstande geschützt, die das Niveau des Abflusses leicht ein wenig verändern und dadurch das zu messende Volumen stark fehlerhaft machen. Der Seitentubus hat elliptischen, in der Vertikalen gestreckten Querschnitt. Im Korke oder Gummipfropfen sitzt in seiner Mündung das kleine Abflusströhrchen, von dessen Beschaffenheit die Genauigkeit der Messung abhängt. Während die innere Öffnung des Röhrchens, dessen Ende hier nach oben konkav halbkreisförmig gebogen ist, möglichst wagerecht liegen soll, liegt die äußere Öffnung um 1 bis 1½ cm tiefer. Nur bei einem solchen geringen Gefälle

wird das Abfließen sehr gleichmäÙsig. Bei schnellerem Einströmen des Wassers in die wagerechte Öffnung bilden sich bald früher, bald später kleine Wirbel, die Luft mit hineintreten lassen und eine ungleichmäÙsige

Beendigung des Abflusses bewirken. Aus dem gleichen Grunde darf das Abflusströhrchen auch nur einen geringen Durchmesser haben. Um den Wasserabfluß jedesmal plötzlich aufhören zu lassen, versah Weinhold das Röhrchen kurz vor der Aufsenmündung mit einer sehr kleinen Heberbiegung. Ist diese infolge Sinkens des Wasserstandes im Gefäße nicht mehr voll Wasser, so rinnen nur selten noch einige einzelne Tropfen hinter der Hauptmenge des Wassers her, was als eine bedeutende Annehmlichkeit bemerkbar wird.

Eine kleine Verschiedenheit des Abflusses ist indessen die Folge davon, daß — besonders nach längerem Gebrauche des Abflusströhrchens — beim Beginne des Fließens eine kleine Luftblase im Röhrchen, meistens in der Heberbiegung an der Wand hängen bleibt. Sie verlangsamt den Abfluß und bewirkt, daß bis zum Aufhören des Fließens einige Kubikzentimeter mehr heraustreten. Hierin liegt eine gewisse Unsicherheit der Messung mit dem konstanten Gefäße.

Die öftere Bildung der störenden Luftblase beim Vollaufen des Abflusströhrchens schränkt die neue Konstruktion ein. An die Stelle der Heberbiegung tritt einfach eine Paraffinierung der wagerechten Einströmungsöffnung. Erwärmt man den Rand dieser Öffnung durch kurzes Einbringen in eine Flamme, tupft auf ein Paraffinstück auf und läßt, den Rand wagerecht nach unten gehalten, erkalten, so ist das Röhrchen imstande, den Wasserabfluß plötzlich und recht gleichmäÙig aufhören zu lassen. Bei dem Fortfallen der Adhäsion infolge des Paraffinüberzuges beginnt ein erneutes Fliesen erst dann, wenn der Wasserstand im Gefäße um einige Millimeter höher geworden ist. Sehr kleine Volumina kann man daher nur bestimmen, wenn gleichzeitig eine bekannte gröÙere Wasserverdrängung vorgenommen wird, am einfachsten durch Eingießen von 100 oder 200 ccm Wasser. Erwähnt sei, daß eine solche, die Heberbiegung ohne Verlängerung des ganzen Röhrchens völlig ersetzende Aufhebung der Adhäsion auch durch Überstreichen des Randes mit Aluminium (vorher Betupfen mit Lauge) erzielt werden kann. Die Randbedeckung erneuert man in wenigen Sekunden, wenn nach langem Stehen des Apparates Staub oder Pilzfäden in unreinem Wasser auf dem Paraffin die Aufhebung der Adhäsion unvollkommen machten.

Der „Verdrängungsapparat“ kann erstens ohne weiteres Zubehör in der beschriebenen Weise verwendet werden. Zum Schutze des Glaszylinders gegen das Zerstoßenwerden beim Hineinfallenlassen großer Gesteinsstücke, kann man auf den Boden eine runde Scheibe Leder oder dergleichen bringen. Selbstverständlich ist, daß man dem Leder anhaftende Luftblasen abstreift, die sonst zur Unzeit aufsteigen und dem gleichen Wasservolumen Platz machen könnten.

Infolge der GröÙe der Wasseroberfläche kommen die beim Einbringen der Gegenstände, sowie beim Anstoßen des Tisches entstehenden Wellenbewegungen erst nach geraumer Zeit zur Ruhe. Bei dieser ersten Verwendungsart des Apparates wird man daher alle Bewegungen der Wasseroberfläche recht ruhig vornehmen und während des Abfließens Erschütterungen möglichst vermeiden; denn ohne weiteres ist klar, daß man keinen gleichmäÙigen Abfluß erzielen kann, wenn nicht die Wasseroberfläche so gut wie ganz ruhig geworden ist, sobald das Niveau bis zum plötzlichen Stocken des Abflusses gesunken ist.

Schneller beruhigen sich die Erregungen der Wasseroberfläche, wenn der zum Apparate gehörige Schwimmer aus Nickelblech eingesetzt war.

Dieser hat unten eine durchlochte schwere Schale zur Aufnahme von Gegenständen; oben befindet sich ein Bügel zum Emporziehen des ganzen Einsatzes und in der Mitte ist der große Schwimmzylinder, der am Boden drei in gleichen Abständen befindliche kleine Drahtbügel besitzt, die den Schwimmer in der Mitte des Wassers halten. Die Reibung zwischen diesen Bügeln und der Glaswand ist unter Wasser bei senkrechter Stellung des Schwimmers sehr gering. Würde sich beim Fehlen der Bügel die Schwimmerwand oben gegen das Glas anlegen, so erhielte die Bewegung des Schwimmers infolge der Kapillarwirkung des Wassers eine so große Hemmung, daß an gleichmäßigen Abfluß nicht zu denken wäre.

Es empfiehlt sich, wenn nicht ganz besonders große Volumina zu bestimmen sind, mit dem Schwimmer zu arbeiten, d. h. diesen jedesmal vor dem Hineinlegen des Gegenstandes anzuheben und, ohne daß Wasser neben den Zylinder abtropft, ihn wieder auf die Wasseroberfläche zu senken, sobald der Gegenstand auf den Zylinderboden gebracht ist. Bei angehobenem Schwimmer hat man zugleich Zeit, mit einem (vorher schon benetzten) Glasstabe dem Gegenstande anhaftende Luftblasen abzustreifen. Es ist dies besonders erwünscht, wenn das Volumen von Kies oder dergleichen zu bestimmen ist. Erst beim Wiederaufsetzen des Schwimmers beginnt der Wasserabfluß und es ist eine besondere Annehmlichkeit, dessen Eintritt mit der Bewegung des Schwimmers in der Hand zu haben. Durch einen etwas tieferen Druck beim Aufsetzen des Schwimmers läßt man das Wasser plötzlich in das Abflußröhrchen hineinschießen. Eine Luftblase bleibt dabei ganz selten darin zurück, und sollte eine solche sichtbar sein, so hebt man den Schwimmer wieder an und drückt ihn noch ein wenig energischer in das Wasser.

Zur Erprobung der Gleichmäßigkeit des Wasserabflusses gießt man eine bekannte Wassermenge aus dem Mefszylinder, z. B. genau 100 ccm bei geringem Anheben des Schwimmers zwischen Schwimmer und Glaswand hinein. Nach Unterhalten des Mefszylinders unter das Abflußröhrchen läßt man den Abfluß ruckartig beginnen, indem man den Schwimmer etwas tiefer hineindrückt und alsdann natürlich ruhig schwimmen läßt. Nach etwa einer halben Minute stockt der Abfluß. Im Mefszylinder ist der Wasserstand oft genau wieder bei 100 ccm, wie vor dem Hineingießen. Vor Beginn einer Messung, die recht zuverlässig werden soll, macht man diese Probe einige Male. War auch zuletzt der Abfluß der normale, so ist garantiert, daß nicht ein ausnahmsweiser Zufall (Erschütterung) einen Fehler in die Bestimmung bringt.

Nach Abtropfenlassen eines innen benetzten Becherglases stellt man dies zum Auffangen des verdrängten Wassers unter das Abflußröhrchen, bringt in der beschriebenen Weise den Gegenstand in den Zylinder, eröffnet mit dem Schwimmer den Abfluß und mißt schließlich die abgeflossene Wassermenge mittels geeigneter Mefszylinder.

Bei einer ganzen Folge von Bestimmungen, z. B. für Gesteinsproben, ist es besonders des bequemeren Emporholens wegen zweckmäßig, die großen Gegenstände an einem dünnen Faden zu befestigen, an dem man sie in das Wasser hinabläßt. Der schlaff an der Gefäßwand liegende Faden verursacht keinen bemerkbaren Fehler. Besonders beim Unterrichtsgebrauche des Apparates ist die Verwendung von Fäden zweckmäßig. Nachdem das erste Einbringen des Gegenstandes bis auf den Boden des Zylinders sein Volumen ergeben hat, kann auch die Be-

stimmung seines absoluten Gewichtes mittels des Verdrängungsapparates erfolgen. Man hebt mit der einen Hand den Schwimmer genügend hoch heraus — am bequemsten hängt man den Drahtenkel über eine hoch aufgestellte Stativklemme oder ein besonderes Galgengestelle, wenn man ohne Gehülfen arbeiten will — man zieht hierauf den Gegenstand empor und bringt ihn, nur mit den Fingerspitzen zugreifend, in die untere Schale des Schwimmers. Wasser darf hierbei freilich nicht von den benetzten Dingen daneben herabtropfen, sondern alles ist oberhalb des Zylinders auszuführen. Die Benetzung der Fingerspitzen kommt nicht in Betracht.

Setzt man hierauf den Schwimmer wieder in das Wasser, so gelangt eine Wassermenge zum Abfluss, die ebenso schwer wie der Gegenstand im Wasser ist. Lässt man sie gleich in den die erste Wasserportion enthaltenden Mefszylinder abfließen, so macht sie mit dieser zusammen eine Wassermenge aus, deren Gewicht gleich dem Gewichte des Gegenstandes in Luft ist. Das spezifische Gewicht ist, wie sofort ersichtlich, aus den beiden Ablesungen am Mefszylinder durch Division zu finden. Da freilich nicht Wasser von 4°, sondern von Zimmerwärme abfließt, so ist die Zahl der das zweite Mal verdrängten Kubikzentimeter etwas (1 bis 2⁰/₁₀₀) größer als das Gewicht des Gegenstandes (in Wasser) in Grammen. Für die meisten Zwecke des Apparates ist die geringe Differenz verschwindend. Man erhält in der That eine entsprechend größere Zahl von Kubikzentimetern als Maß für das Gewicht eines ganzen oder halben Kilogrammes, wenn man ein solches Gewichtsstück mitten in den Luftraum des Schwimmers hineinsetzt. Damit auch bei einer solchen Belastung der Schwimmer senkrecht bleibt, schiebt man das Gewichtsstück zu Anfang des Wasserabflusses je nach der Neigung des Schwimmers mehr in die Mitte.

Von anderen Unterrichtsversuchen mit dem Apparate sei der Nachweis erwähnt, dass auf dem vorhin angegebenen Wege das Luftgewicht eines Gegenstandes gefunden wird. Nachdem zunächst das von diesem verdrängte Wasser abgemessen und die Wassermenge nach Beschweren der unteren Schwimmerschale mit dem Gegenstande hinzugekommen ist, nimmt man den Schwimmer empor und überträgt den Gegenstand von der unteren Schale in den großen Luftraum des Schwimmers. Man achtet hierbei darauf, dass abtropfendes Wasser in den Zylinder zurückfällt. Die kleine, an den Fingerspitzen bleibende Wassermenge kommt wieder nicht in Betracht. Setzt man den Schwimmer jetzt wieder hinein, nachdem von der noch im Mefszylinder befindlichen Wassermenge ein Teil in den Zylinder zurückgegossen wurde, so fließt bei normalem Abrinnen genau ebensoviel Wasser in den daruntergehaltenen Mefszylinder hinein, als zuletzt darin war. Es ist klar, dass selbst eine beliebig größere Wassermenge an dieser Übereinstimmung nichts ändern würde, die, an dem Gegenstande haftend, von unten nach oben mit übertragen würde. Durch Eingießen von Wasser in den Schwimmer, das aus dem Röhrchen durch Herunterdrücken des Schwimmers vorher verdrängt war, kann man dies sofort demonstrieren. Die gleichmäßige Einstellung des Wasserniveaus zeigt sich stets darin, dass z. B. genau 100 ccm wieder abfließen, wenn man diese nach geringem Anheben des Schwimmers in den Zylinder hineingießt.

Die Gewichtsbestimmung mit dem Verdrängungsapparat gibt in den verdrängten gleich schweren Wassermengen ein sehr anschauliches Bild der ungleichen Gewichte von Körpern verschiedener Dichte. Als

Beispiel für eine solche Benutzung sei die Gewichtsbestimmung von Metallkörpern (Mg, Al, Zn, Sn, Cd) hinzugefügt, die eine besonders einfache Bestätigung des Satzes von der Gleichheit der Atomwärmen liefern. Hierzu verwende ich dicke rechteckige Gufsstücke der Metalle, die je 10 Gramm-atomgewicht schwer sind. Mittels einer übergestülpten Glocke, in deren Rohransatz Wasserdampf eintritt, werden diese Körper einzeln schnell auf 100° erhitzt und sodann mittels daran befestigten Hakens in das Kalorimeter versenkt, wohin sie in für den Unterricht genügend genauer Weise die gleiche Wärmemenge übertragen. Während des Heizens hat man Zeit, das Gewicht des nächsten Metallstückes zu demonstrieren. Der Magnesiumkörper verdrängte nach Hineinlegen in den Schwimmer 244 ccm. Man hebt ihn heraus und setzt das nächst schwerere Stück Aluminium hinein, es fließen weitere 27 ccm aus, die man in einem besonderen, mit dem zuerst verwendeten gleichweiten Zylinder auffängt. Das Zinkstück läßt sodann weitere 383 ccm ausfließen usf., soweit man über die Metallstücke verfügt. Man stellt hinterher diese neben den Zylindern mit den Wassermengen auf. Jedes wiegt so viel, wie die voraufgehenden Wassermengen zusammen.

Der Verdrängungsapparat ist ferner ein bequemes Mittel, gröfsere Mengen von Gasen recht genau abzumessen, die mittels abgewogener Stoffmengen chemisch entwickelt wurden. Hierbei benutzt man eine in den Zylinder hineinpassende, unten mit Bleifufs beschwerte Glocke, in die man durch das im Stopfen oben befindliche Glasrohr das Gas einleitet. In den von mir angegebenen Entwicklerkölbchen (Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterricht XVIII, 277 und XIX, 98) kann man bequem die abgewogenen Metallmengen zunächst neben dem Säureüberschufs getrennt halten und nach Herstellung der Anschlüsse und dem Druckausgleich das Metall in die Säure fallen lassen. Das verdrängte Wasser fängt man im vorher benutzten Glase auf und überträgt es in die Mefszyylinder. Der Sicherheit wegen giefst man zuletzt etwas Wasser zurück und läßt es wieder zum übrigen abfließen. Das Glas in der Glocke befindet sich unter dem Drucke der Wassersäule, die ein Zentimetermafs erkennen läßt. Um sofort die Zahl der Kubikzentimeter zu erhalten, um die das Gasvolumen bei Atmosphärendruck gröfser ist als jetzt, da es zugleich unter dem Drucke der Wassersäule (a cm) steht, braucht man nur a Promille des abgemessenen Volumens zu berechnen. Durch Hinzufügen der kleinen Volumgröfse ergibt sich das Volumen des Gases bei Atmosphärendruck. Auch für die Reduktion auf 0° , Trockenheit und normalen Barometerstand habe ich (a. a. O.) eine einfache Annäherungsrechnung angegeben, deren Fehler bei geringen Abweichungen von der so häufig vorhandenen Zimmerwärme von 19° unter einem Promille bleiben. Als Beispiel für einen solchen, die stöchiometrischen Rechnungen bestätigenden Versuch sei die Auflösung von 1 g Aluminiumblech erwähnt. Der Wasserstoff drängte bei 20° und 754 mm Luftdruck 1345 ccm Wasser aus dem Apparat. Das Wasser in der Glocke stand zuletzt 19 cm tiefer als im Standzylinder. Die Reduktion auf normale Verhältnisse ergibt 1238 ccm, während die berechnete Menge 1240 ccm beträgt. Bei anderen Versuchen gleicher Art überschritten die Abweichungen selten 10 ccm.

Bezüglich der Genauigkeit der Volumbestimmung mit dem Verdrängungsapparat ist zu bemerken, dafs sie verhältnismäfsig um so gröfser ist, je gröfser das Volumen selbst ist. Besonders wenn man mehrmals das in

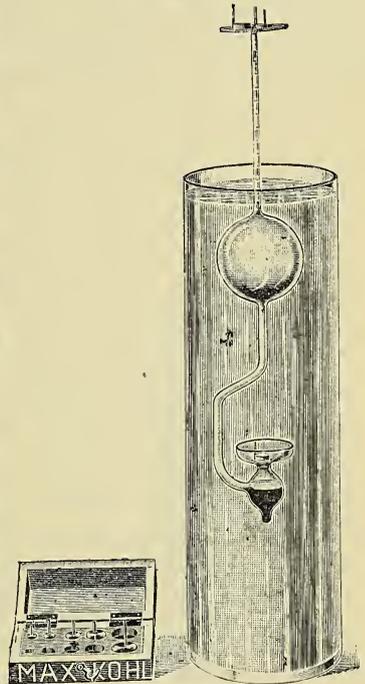
den Mefszylinder geflossene Wasser wieder zurückgießt, um eine kleine Anzahl von ganz wenig differierenden Angaben zu erhalten, deren Mittelwert berechnet wird, kann man auch bei Körpern von nur 100 bis 200 ccm den Fehler unter $\frac{1}{2}$ ccm herabsetzen. Eigentlich braucht man zum wiederholten Abmessen der verdrängten Wassermengen Mefszylinder, die auf Ausguß geeicht sind. Die kleine, der Zylinderwand adhärierende Wassermenge in gewöhnlichen Mefszylindern kann man indessen leicht durch Wägung des trocknen und des innen benetzten Zylinders ermitteln und nötigenfalls in Abzug bringen.

II. Eine Senkwage mit Zentigrammspindel.

Apparate wie die gewöhnlich nach Nicholson benannte Senkwage (Gewichtsaräometer) sind erheblich älter, als meistens angenommen wird. So findet sich in s'Gravesande, *Elementa Physices* (1720), S. 118 ein Gewichtsaräometer mit kalibrierter Spindel für die kleinsten Differenzen und mit zwei Schalen (in Wasser und in Luft) beschrieben, in Fig. 5 der Tafel 22 abgebildet. In der verbesserten Form (Tralles) läßt die Senkwage die Bestimmung etwas größerer Gewichte zu, während bei der gewöhnlichen Nicholson'schen Konstruktion diese nur sehr leicht sein dürfen. Beide Formen erfordern beim Gebrauche indessen eine geradezu mühselige Einstellung auf eine Marke des aus dem Wasser herausragenden Drahtes und damit viel mehr Zeit als das Abwägen unter Wasser mittels einer Analysenwage.

Für den im Gebrauch feinerer Glasinstrumente Geübteren ist die Verwendung der zu beschreibenden Senkwage (Fig. 2) eine besondere Annehmlichkeit, da die Aufhängung am Faden fortfällt, die ja außerdem bei einem aus Körnern bestehenden Stoffe unausführbar ist. Unterhalb der Schwimmkugel des Apparates befindet sich das Schälchen zur Aufnahme des im Wasser Abzuwägenden. Oben schraubte man auf die Schwimmkugel die einem besonderen Futteral entnommene „Zentigrammspindel“ fest, auf die man das Luftschälchen aus Nickelblech aufsetzt. Bei senkrechter Haltung der Senkwage kann man mit der Hand stets an der dünnen Glasspindel zugreifen. Sonst erfafst man die Schwimmkugel. Bringt man die Senkwage auf das Wasser in einem hohen Aräometerzylinder, so ragt ein erheblicher Teil der Schwimmkugel heraus. Man muß 31 g auf die Schale legen, damit Einsinken bis zum Skalenanfang (0) erfolgt, während nach Auflegen von 32 g die Spindel bis zum Ende der Zentigrammteilung (1) einsinkt. Nur um einzelne Zentigramme setzt sich die Skaleneinteilung über diese Hauptmarken fort. Die Zehner der Zentigramme sind für die schnellere Ablesung von allen Seiten durch die mittels

Fig. 2.



der bekannten Armeefarbenfolge hergestellte Farbenreihe: Grau, Weiss, Rot, Gelb, Blau deutlicher kenntlich gemacht. Eine Anzahl nahe herangetretener Schüler kann die Einstellung gleichzeitig nachprüfen. Auf die genauere Ablesung unterhalb des Wasserspiegels kann bei solcher Massenbeobachtung verzichtet werden, wenn jedesmal von oben abgelesen wird. Ist die Wasseroberfläche nicht ganz rein oder die Spindel nicht gleichmäÙig benetzt, so zeigt sich ohnehin eine gewisse Unsicherheit der Einstellung durch die Zähigkeit des Wasserhäutchens, die ja bei allen aräometrischen Beobachtungen unter diesen Umständen bemerkbar wird. Man erhält Unterschiede der Einstellung von etwa 2 Zentigrammen, wenn man bei wenig reiner Oberfläche einmal nach leisem Herabdrücken, dann nach geringem Emporheben die Ablesung wiederholt.

Die Apparate sind in ihrem Gewichte derart abgeglichen, dafs bei 18° unter einer Schalenbelastung mit 31 bez. 32 g die Einstellung beim Anfang bez. beim Ende der Zentigrammskala erfolgt. Hat das Wasser eine etwas abweichende Temperatur, so legt man ein Drahtstückchen bis zur richtigen Nulleinstellung auf oder man notiert die abweichende Einstellung für die anschließenden Wägungen. War dieselbe infolge zu groÙser Wärme des Wassers bei 31 g Schalenbelastung z. B. beim Teilstrich 4 der Zentigrammskala (man schreibt 31; 0,04), während eine Belastung durch einen Gegenstand neben 4 g die Einstellung beim Teilstrich 67 hervorruft (man schreibt 4; 0,67), so wiegt der Gegenstand 27,63 g. Legt man den Gegenstand auf die untere Schale, so erhält man eine dritte Einstellung, die mit der zweiten verglichen sofort den Gewichtsverlust in Wasser angibt.

Beim Abwägen von Gegenständen gröÙeren Volumens auf der oberen Schale kann es an Platz für die daneben aufzulegenden Gewichtsstücke fehlen; man benutzt dann zweckmäÙig die zweite Reihe der Gewichtsstücke des Kästchens (die vernickelten), die das aufgeschriebene Gewicht nicht in Luft, sondern unter Wasser haben. Man kann damit zugleich für vielerlei Unterrichtsversuche, bei denen Gewichtsänderungen demonstriert werden sollen, die Stabilität der Senkwage groÙs machen. Mit fünf Gewichten in jeder Reihe kommt man aus, zugleich durchschnittlich etwas schneller wägend, wenn die Gewichte nicht nach der üblichen Folge, sondern 1, 2, 4, 8, 16 g schwer benutzt werden. Natürlich ist diese Anordnung nach Potenzen von 2 nur für einen kleinen Gewichtssatz eine Verbesserung, da sonst die Addition im Kopfe Schwierigkeiten macht. Zum Wechseln der Gewichte auf der unteren Schale hebt man mit der einen Hand die Spindel an, greift mit der anderen Hand an der Schwimmkugel zu und legt das Gewichtsstück auf. Dann senkt man bis zur Spindel in das Wasser ein, hält diese selbst wieder in der Hand und lüftet einen Augenblick die Finger. An der schnellen oder sonst sehr langsamen Bewegung der Senkwage ermisst man meistens sofort, ob und in welcher Richtung die Schalenbelastung für die Einstellung auf einen Punkt der Zentigrammskala zu ändern ist.

Die Dichtebestimmung erfolgt in der beschriebenen Weise sicher und erspart viel Zeit; beim Unterrichte wird es möglich, Dichten von Mineralien oder wichtigen Stofftypen in wenigen Augenblicken zu ermitteln. Dafs man ebenso gut viele kleine Gesteinsstückchen, als ein einziges kompaktes untersuchen kann, war schon angedeutet worden. Hartnäckig anhaftende Luftblasen, besonders solche, die Spalten erfüllen, entfernt man, indem man nach Abwägen in Luft die Mineralstückchen in ein Reagensglas mit Wasser bringt, dieses an die Luftpumpe anschliesst (oder, wenn angängig,

kocht) und hinterher nach Daumenschluß unter Wasser alles in die untere Schale der Senkwage sinken läßt. In der Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterricht XIX, 10 (1906) sind eine Anzahl von Zahlenbeispielen für die Bestimmung der spezifischen Gewichte von Münzen (die Senkwage trägt ein silbernes Fünfmärkstück, auch bis 80 Mark in Gold) und Mineralien mitgeteilt. Die Genauigkeit der Bestimmung hängt von der absoluten Größe der Dichte des betreffenden Stoffes ab. Werden bei den beiden Wägungen in Luft und in Wasser jedesmal Fehler in Höhe von Δp gemacht, und zwar so, daß sie sich nicht teilweise aufheben, sondern in ihrer Wirkung verstärken, so ist für einen Gegenstand von $p g$ Gewicht und der Dichte s der

Fehler der Bestimmung $\Delta s = \frac{\Delta p \cdot s}{p} (1 - 2s)$.

Bei größeren Werten von s nimmt der Fehler also fast mit dem Quadrate von s zu. Vergleicht man alte Tabellen der spezifischen Gewichte mit neueren Bestimmungen, z. B. die von Al Khâzinî herrührende (Gerland und Traumüller: Geschichte der physikalischen Experimentierkunst, 1899, S. 73), so berechtigen die verhältnismäßig genauen Zahlen für die Metalle Gold (19,05 gegenüber 19,26), Quecksilber (13,56 gegen 13,59), Blei (11,32 gegen 11,35) in verstärktem Grade ein günstiges Urteil über manche schon von den Arabern vorgenommenen Wägungen.

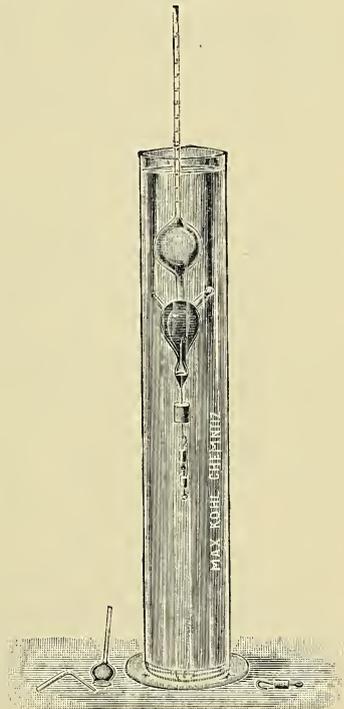
Eine Anzahl weiterer Anwendungen der Senkwage habe ich in der Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterricht XX, 153 (1907) beschrieben.

III. Das Differential-Aräo-Pyknometer.

Für Gehaltsbestimmungen von Lösungen, mehr oder weniger konzentrierten Säuren usw. ist das Aufsuchen des spezifischen Gewichtes und die Ermittlung der Prozentsatzzahl mittels einer Tabelle ein bequemes Verfahren. Der Gebrauch eines Aräometers erfordert indessen eine erhebliche Menge der Flüssigkeit, und man muß über einen ganzen Satz feinerer Aräometer verfügen, wenn die Bestimmung auf eine Einheit der 3. Dezimalen oder noch etwas genauer werden soll. Das Abwägen mittels des Pyknometers ist etwas umständlich; beim Abwägen des Gewichtsverlustes eines eingesenkten Glaskörpers ist der abkühlenden Verdunstung wegen, die auch durch Konvektionsströmungen stört, besonders bei ätherartigen Flüssigkeiten, die gleichzeitige Temperaturbestimmung unsicher.

Durch Vereinigung eines Pyknometers mit einem Aräometer erhält man ein für schnellen, bequemen Gebrauch geeignetes Instrument. Das Pyknometergefäß (Fig. 3) nimmt aus einer Pipette oder einem Trichterchen ungefähr 30 ccm der zu untersuchenden Flüssigkeit auf. In vielen Fällen

Fig. 3.



kann man einen etwaigen Wasserrest vom Ausspülen nach der letzten Benutzung durch zweimaliges Spülen mit kleinen Anteilen der zu untersuchenden Flüssigkeit vorher entfernen. Die Temperatur der letzteren ist am besten ganz wenig niedriger als diejenige des Wassers im Aräometerzylinder. Beim Einbringen leicht verdunstender Flüssigkeiten tritt durch Überlaufen gewöhnlich von selbst dieser Zustand ein. Nach Abschließen des Gefäßes mit dem langen Schließstößelchen bringt man das Aräometer zum Schwimmen, wobei es aber nur dann bis zu einem Punkte der Skale einsinkt, wenn die Flüssigkeit eine selten hohe Dichte hat. Dieselbe muß zwischen den Grenzwerten 1,9 und 2,0 gelegen sein. Die bisher beschriebene Einrichtung besaß auch das Aräo-Pyknometer von A. Eichhorn.

Es sind nun dem Instrumente vier Anhängengewichte beigegeben, die, mit Aufschriften 0,8, 0,4, 0,2 und 0,1 versehen, das Gewicht um genau so viel erhöhen, als der Flüssigkeit an Schwere fehlt, um bis zu einem Punkte der Skale einzusinken. Sie haben unter Wasser (von 15°) einfach das Gewicht 0,8 *p*, 0,4 *p* usf., wobei *p* das Gewicht des Wassers ist, das in das Pyknometergefäß hineingeht. Ist also die Einstellung z. B. beim Anhängen der Gewichte 0,8 + 0,4 gleich 1,948, so ist $1,948 - 1,2 = 0,748$ die gesuchte Flüssigkeitsdichte für die Temperatur des Wassers im Aräometerzylinder (15°). Ein eigenartiger und für bequemes Arbeiten erwünschter Vorzug des Apparates liegt darin, daß die Einflüsse kleinerer Temperaturabweichungen auf die Flüssigkeit im Pyknometergefäß und im Aräometerzylinder sich stets entgegenwirken und zum Teil aufheben. Befindet sich eine verdünnte wässrige Lösung im ersteren, die also die geringe Wärmeausdehnung des Wassers bei Zimmerwärme besitzt, so gibt der Apparat erst bei 18° bez. bei 11° das spezifische Gewicht um 0,001 zu hoch bez. zu niedrig an. Die Temperatur von 15° braucht also nur auf etwa 1 Grad genau innegehalten zu werden. Noch günstiger wird es für Flüssigkeiten, die eine nicht so ausnahmsweise geringe Wärmeausdehnung besitzen. Für konzentrierte wässrige Lösungen (Dichte ungefähr 1,3, thermischer Ausdehnungskoeffizient etwa 0,0003) sind die Angaben erst für 19° um 0,0005 zu groß, unter 10° um ebensoviel zu klein. Diese Präzision des Apparates ist für schnelles Arbeiten recht bemerkenswert. Für zahllose organische Flüssigkeiten, die wie Alkohol etwas leichter als Wasser sind und eine Wärmeausdehnung von etwa 0,001 pro Grad besitzen, sind die Angaben bei 18° um 0,001 zu niedrig, bei 12,5° um ebensoviel zu hoch. Etwas genauer ist bei besonders leichten und sich stark ausdehnenden Flüssigkeiten wie Äther auf Annäherung der Wassertemperatur an 15° zu sehen. Die Angaben werden für letztere Flüssigkeit schon bei 16,5° um 0,001 zu klein, bei 13,5° um ebensoviel zu groß. War aber, wie oben erwähnt, die Temperatur der ätherischen Flüssigkeit beim Einbringen etwas unter Zimmerwärme gesunken, so nimmt sie in kurzer Zeit nach dem Einsetzen des Instrumentes die Temperatur des Wassers (15°) an. Es entweichen dann einzelne feine Tröpfchen neben dem Stößelchen des Pyknometergefäßes, stets aber nur so lange, als sie infolge der Wärmeausdehnung noch herausgepreßt werden. Durch besondere Versuche wurde festgestellt, daß hierbei keine Bestimmungsfehler auftreten.

Die gefundene Zahl ist nicht das „spezifische Gewicht“ im strengen Sinne des Wortes (Gewicht der Volumeneinheit), sondern, ebenso wie das Ergebnis der Dichtebestimmung nach Abwägen eines Körpers in Luft, sowie in Wasser von Zimmerwärme, diejenige Zahl, die streng genommen als

„relatives Gewicht“ zu bezeichnen ist, was ja aber gewöhnlich nicht geschieht. Nach der Bezeichnung von Göckel (siehe dessen Vortrag beim internationalen Kongress für angewandte Chemie in Berlin 1903) ist die Angabe des Aräo-Pyknometers durch $\frac{15^{\circ}\text{C.}}{15^{\circ}\text{C.}}$ (76) gekennzeichnet.

Die wahren spezifischen Gewichte erhält man $\left(\frac{15^{\circ}\text{C.}}{4^{\circ}\text{C.}}\right)$, wenn man die abgelesenen mit der Dichte des Wassers bei 15° , 0,99913 multipliziert. Für die Reduktion der durch Wägung festgestellten Gewichte (d) auf den luftleeren Raum gab Göckel eine Tabelle an, die sich durch die Formel ersetzen läßt: $d' = 0,9988 d + 0,0012$. Man sieht, daß diese Reduktion auf den luftleeren Raum unter den Genauigkeitsverhältnissen des beschriebenen Apparates nur dann in Betracht kommt, wenn die Dichte der Flüssigkeit eine selten große ist. Eine einzelne Bestimmung hat einen Fehler, der unter 0,001 liegt.

Für kleine Laboratorien (Schulen) ist der Gebrauch des bequemen und genauen Instrumentes recht zweckmäßig. Der Lehrer verschafft sich damit vielerlei Aufklärungen bei seiner vorbereitenden Arbeit. Im Unterrichte kann man schnell damit die Vorzüge und Schattenseiten der verschiedenen Verfahren der Dichtebestimmung von Flüssigkeiten demonstrieren.*)

*) Das Aräo-Pyknometer liefert das Phys.-chem. Institut von Dr. Göckel in Berlin NW., Luisenstraße.

Die Bezugsfirma für die 3 beschriebenen Apparate, Max Kohl in Chemnitz, entlieh die Clichés der Figuren. II und III stehen unter Musterschutz.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte und Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Isis in Dresden](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [1907](#)

Autor(en)/Author(s): Rebenstorff Hermann Alb.

Artikel/Article: [II. Neue Apparate zur Bestimmung von spezifischen Gewichten 1008-1017](#)