

## Zweite Abtheilung.

**Physik.****Ueber die Bestimmung des specifischen Gewichts tropfbarer Flüssigkeiten;**

von

*H. Wackenroder.*

**D**as specifische Gewicht der Flüssigkeiten wird in der Praxis gewöhnlich mittelst der Senkwagen bestimmt, weil dieses Verfahren das einfachste und leichteste ist, ohne gerade das genaueste zu sein. Die Aräometer haben indessen auch ihre Unbequemlichkeiten, Sie erfordern immer eine ziemlich grofse Quantität von Flüssigkeit, um das Instrument frei darin schwimmen lassen zu können, und geben sowohl für die flüchtigen Flüssigkeiten, als auch für diejenigen, welche bei einer bedeutenden Dichtigkeit eine starke Anziehung zum Glase besitzen, leicht ungenaue Resultate. Auch ist bei stark ätzenden Flüssigkeiten ihre Anwendung unangenehm, und endlich ist die Kostspieligkeit der zuverlässigen Aräometer nicht weniger, als die Gefahr des Verlustes dieser leicht zerbrechlichen Instrumente eine Rücksicht, welche der häufigen Anwendung der Aräometer entgegensteht. Selbst das Alkoholometer wird, wie ich öfters bemerkt habe, aus dem letzteren Grunde nicht so häufig in der pharmaceutischen Praxis benutzt, als man meinen sollte. Man thäte sicherlich wohl, den noch wenig geübten Händen ein leicht herauszustellendes Hilfsalkoholometer, z. B. für die Rectification des Weingeistes, zu überlassen, um nachgehends, wenn es nöthig sein sollte, das genaue Instrument selbst anzu-

wenden. Jede paßliche Senkwage aus dem Laden der Glashändler eignet sich dazu. Es braucht nur der Punct angemerkt zu werden, bis zu welchem die Senkwage in den drei oder vier officinellen Arten des Weingeistes von vorschriftmäßigem specif. Gewicht eintaucht.

Die genaue Bestimmung des spec. Gew. der Flüssigkeiten mittelst der hydrostatischen Wage, d. h. durch Abwägen eines soliden Körpers, vornehmlich eines massiven oder auch nur theilweise massiven Glaskörpers von bekanntem absolutem Gewicht in den Flüssigkeiten, ist viel zu beschwerlich, um zur häufigen Prüfung der Flüssigkeiten auf ihr spec. Gew. empfohlen werden zu können. Wo es sich aber um die Ausmittlung des überhaupt noch unbekannten spec. Gew. einer Flüssigkeit handelt, gewährt diese Methode sehr genaue Resultate, wenn zugleich die aerostatischen Einflüsse der Luft und der Einfluß der Wärme auf den Glaskörper mit berücksichtigt werden. (Vergl. *Muncke, in Gehler's physikal. Wörterb. IV. 1532*). Uebrigens ist es durchaus unwahrscheinlich, daß dieses Verfahren vor dem folgenden einen entschiedenen Vorzug habe, wie man hin und wieder meint. Ganz unanwendbar wird aber diese Methode bei Flüssigkeiten, welche an der Luft wegen Verflüchtigung, Wasseranziehung oder aus einer andern Ursache einer schnellen chemischen Veränderung unterliegen. Sodann dürfte eine starke Adhäsion der Flüssigkeiten an das Glas, wodurch die Friction vermehrt und die Wage weniger empfindlich gemacht wird, in so fern störend einwirken, als dieselbe nicht mit in die Correctionen aufgenommen werden kann, welche dieses Verfahren eben sowohl erfordert, als das folgende. Daß übrigens eine verhältnißmäßig große Menge von Flüssigkeit dazu nöthig ist, und daß stark rau-

chende Säuren u. dgl. die hydrostatische Wage angreifen und verderben können, leuchtet von selbst ein.

Die bei weitem bequemere und für jegliche Art tropfbarer Flüssigkeiten passende, auch, wie mir scheint, zugleich genauere und zuverlässigere Methode ist die Anwendung des aräometrischen Probeglasses. Dieselbe verlangt obendrein so gut wie gar keinen Aufwand; denn eine genaue Wage, welche bei einer Gewichtsbelastung von 100 Grm. noch eine Differenz von 0,001 Grm. bemerken läßt \*), ist außerdem ein unentbehrliches Instrument. In der That, man wird bei näherer Ueberlegung finden, daß dieser Weg zur Bestimmung des spec. Gew. der Flüssigkeiten auch in der praktischen Pharmacie allgemeiner befolgt zu werden verdient, als dies, wie ich glaube, bisher der Fall war. Darum mag die Erörterung des im Allgemeinen bekannten Verfahrens nicht ungeeignet erscheinen.

*Bestimmung des specifischen Gewichts der Flüssigkeiten  
mittelt des aräometrischen Probeglasses.*

Die schon seit Homberg's Zeiten bekannte Methode hat mannigfaltige Veränderungen erfahren, deren sie größtentheils aber nicht bedurfte. Dieser gehört z. B. das Tausendgran-Glas, das Pyknometer u. s. w. Man sieht nicht füglich ein, wie die Schwierigkeit einer ganz genauen Construction solcher Aräometer aufgewogen werden sollte durch die wiederkehrende Mühe eines einfachen Divisionsexempels. Fast jedes beliebige Glasfläschchen von 2 bis 12 Drachmen Inhalt

---

\*) Solche Wagen liefert der Herr Mechanikus Braunau zu Jena zu dem billigen Preise von 5 Rthlr., so wie den dazu gehörigen Gewichtssatz von 100 Grammen in einem Kästchen zu  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Rthlr.

genügt. Sich mit so viel Aräometern dieser Art zu versehen, als die Bequemlichkeit beim Gebrauche wünschens läßt, ist die Sache eines Augenblicks.

Man kann zweierlei Arten von Gläsern auswählen, nämlich für die wenig oder gar nicht flüchtigen Flüssigkeiten die sogenannten Nönnchengläser oder die bekannten Digerirflaschen von weißem oder auch grünem Glase, und für die flüchtigen und ätzenden Flüssigkeiten Gläser mit Glasstöpseln, welche die ersteren auch immer vertreten können, aber gewöhnlich zu schwer sind, wenn sie mehr, als 1 Unze Wasser fassen sollen. Indessen ist in der Regel eine halb so große oder noch kleinere Capacität des Glases hinreichend.

Etwa 1 Zoll von der Oeffnung der Digerirflasche macht man einen horizontalen Feilstrich oder schlingt einen Faden, etwa von weißer Seide, um den Hals der Flasche, und befestigt ihn an zwei entgegengesetzten Seiten mit aufgetropftem Siegelack. Der Hals der Flasche muß nicht zu eng sein. Beim Eingießen von Flüssigkeit mittelst eines kleinen Trichters stellt man die Flasche auf einen Tisch und hebt sie nur zuletzt, mit zwei Fingern an dem Rande gefaßt, in die Höhe, um einer perpendicularen Richtung derselben gewiß zu sein. Mittelst eines feinen, vor der Lampe geblasenen Trichters, der entweder leer ist, oder noch einen Tropfen der Flüssigkeit enthält, so wie auch mit einem zusammengedrehten Streifen Fließpapiers kann man schnell und leicht die Flüssigkeit in das normale Niveau stellen. Man richtet sich dabei am besten nach dem tiefsten Punkte der concaven Oberfläche, den man mit dem Feilstriche oder dem Faden in gleiche Höhe bringt, so daß derselbe bei der geringsten Veränderung der Flüssigkeit oder bei jeder kleinen Abweichung von der loth-

rechten Stellung des Glases unter der Marke sichtbar wird. Sollte der Hals des Glases über der Flüssigkeit benetzt worden sein, so muß er mit Fließpapier wieder ausgetrocknet werden. Ebenso versteht es sich von selbst, daß eine zufällige Erwärmung des Glases durch die Hand, den Athem u. s. w. ganz zu vermeiden sei.

Hinsichtlich der Stöpselgläser ist ebenfalls nur wenig zu bemerken. Die gewöhnlichen Stöpselgläser sind vollkommen gut, wenn sie nur nicht zu dick und zu schwer, außen recht glatt, am besten, wenn sie geschliffen sind, z. B. die böhmischen Stöpselgläser. Der Rand derselben muß ziemlich breit, auch wohl etwas aufgebogen sein, damit, wenn der Stöpsel aufgesetzt ist, noch einige Tropfen Flüssigkeit darauf Platz haben, ohne abfließen und die Außenseite des Glases benetzen zu können. Gerade dieser Uebelstand, welcher bei stark anhaftenden Flüssigkeiten, z. B. Schwefelsäure, sehr unangenehm ist, tritt ein, wenn man nach dem Vorschlage einiger Physiker das Probeglas mit einer matt geschliffenen, in der Mitte durchbohrten Glasplatte verschließt, des Umstandes nicht zu gedenken, daß zwischen der Platte und dem Glase eine ungleiche Menge von Flüssigkeit haften bleibt. Der Stöpsel des Glases darf weder zu tief eingeschrumpft sein, noch über den Hals des Glases zu weit hervorragen. Je vollständiger die Oeffnung des Glases davon ausgefüllt wird, desto leichter und vollständiger wird die auf dem Rande des Glases sich ansammelnde Flüssigkeit entfernt werden können. Gerade im Gegensatze des gewöhnlichen Requisits eines guten Glasstöpsels, daß er möglichst lang sei und den Hals der Flasche seiner Länge nach genau ausfülle, wird hier ein kurzer, nicht vollkommen schließender Stöpsel erfordert. Man kann daher den Stöpsel

der Länge nach ein wenig platt feilen, so daß, wenn derselbe auf die ganz angefüllte Flasche aufgesetzt wird, der Ueberschuß der Flüssigkeit leicht ausweichen kann. Soll ein solches Glas zum Aräometer eingerichtet werden, so füllt man dasselbe bis in die Mitte des Halses mit Wasser an und setzt den Stöpsel auf. Das überflüssige Wasser wird natürlich herausgedrückt werden und zum Theil über den Rand des Glases abfließen. Den Theil desselben jedoch, welcher um den Stöpsel auf dem Rande des Glases zurückbleibt und bei einem 1-löthigen Glase 4 bis 6 Tropfen zu tragen pflegt, läßt man, indem man den Stöpsel herauszieht, in das Glas zurückfallen. Nun merkt man den Stand des Wassers mit der Feile an, damit man beim künftigen Gebrauche des Glases weder zu viel noch zu wenig Flüssigkeit eingieße, und dadurch ebensowohl das Ueberlaufen der Flüssigkeit, als auch das Zurückbleiben einer Luftblase in der Flasche vermeiden könne. Drückt man den Stöpsel an die eine Seite des Flaschenhalses an und läßt man ihn nun langsam niedersinken in das bis zur Marke angefüllte Glas, so kann an der entgegengesetzten Seite, besonders wenn die abgefeilte Fläche des Stöpsels hierher gewendet ist, die Luft bis auf die letzte Spur austreten, ohne daß die Flüssigkeit überfließt. Mit einer Pipette oder Saugröhre nimmt man von dem Rande des Glases die Flüssigkeit weg, und trocknet nun, indem man den Stöpsel mit einem Finger der andern Hand aufdrückt, die benetzten Stellen des Randes und Stöpsels mit Fliesspapier vollständig ab. Es ist klar, daß auf diese Weise jede Störung im Gewichte des Glases in Folge des Angreifens mit der Hand vollständig vermieden werde. Man nimmt nur den Rand des Glases zwi-

schen zwei Finger, um das gefüllte Glas von dem Tisch auf die Wage zu heben.

Das Gewicht des leeren Glases abgezogen von dem Gewichte des mit Wasser gefüllten Glases, giebt das absolute Gewicht eines Volumens Wasser, und eben so abgezogen von dem Gewichte des mit einer andern Flüssigkeit gefüllten Glases, das Gewicht eines ganz gleich großen Volumens dieser Flüssigkeit. Nun verhalten sich bei gleichem Volumen der Körper die specifischen Gewichte derselben wie die absoluten Gewichte; oder es ist  $P : p = S : s$  wenn  $P, p$ , die absoluten und  $S, s$ , die spec. Gewichte zweier fester oder flüssiger Körper bedeuten; und weil hier das spec. Gewicht der einen Flüssigkeit, des Wassers = 1 gesetzt wird, so ist nur eine einfache Division nöthig, um das spec. Gewicht der Flüssigkeit zu finden, nämlich

$$Aq : Fl = 1 : s; s = \frac{Fl}{Aq}.$$

in welcher Proportion  $Aq$ . das Gewicht des Wassers,  $Fl$ . das der Flüssigkeit,  $s$  das spec. Gewicht der letztern bezeichnet. Das Rechnen mit Logarithmen zeigt hier, wie überall, eine große Erleichterung. — Vog z. B. das Glas leer 46,655 Grm., mit Wasser angefüllt 64,867 Grm., mit Salpetersäure angefüllt 73,969 Grm., so würde das spec. Gewicht der Säure zu  $\frac{27,314}{18,212}$  1,49978 gefunden werden.

Diese Berechnung des spec. Gewichts kann unmittelbar kein Resultat geben, welches noch in der dritten oder vierten Decimalstelle genau wäre, für die pharmaceutische und technisch-chemische Praxis wird jedoch in der Regel keine genauere Angabe verlangt. Man muß indessen darauf achten, daß die herrschende Temperatur eine mittlere sei. Einige Pharmacopöen schreiben

die Beachtung der gewöhnlichen Stubenwärme von  $+ 14^{\circ}$  oder  $15^{\circ}$  R. ( $= 17^{\circ},5$  oder  $18^{\circ},75$  C.) vor; andere lassen die Temperatur unbestimmt. Da es aber nicht möglich ist, die vorgeschriebene Temperatur immer genau zu beachten, so kann man die von dem Wechsel der Temperatur abhängige Differenz gut ausgleichen, und überhaupt eine große Genauigkeit erreichen, wenn man die aräometrischen Probegläser *bei verschiedenen Temperaturgraden, sowohl für sich, als auch mit Wasser gefüllt, wägt, und dann jedesmal diejenige Gewichtsmenge des Wassers zum Divisor nimmt, welche bei einer der herrschenden Lufttemperatur gleichen oder nahe kommenden Temperatur von dem Probegläse aufgenommen wird.* Das spec. Gewicht kann bis auf die dritte Decimalstelle, wenigstens in den meisten Fällen, genau erhalten werden, wenn man entweder ein zweites Glas als Taragewicht anwendet oder wenn man *für jeden Versuch die Gewichtsbestimmung des leeren, des mit Wasser und des mit der andern Flüssigkeit angefüllten Probegläses besonders wiederholt.*

Mit wie vieler Sorgfalt man aber auch verfahren möge, das absolute Gewicht verschiedener Körper, hier insbesondere der Flüssigkeiten, genau auszumitteln, um danach das spec. Gewicht derselben zu berechnen, immer wird man nur ein innerhalb enger Grenzen richtiges Resultat erhalten; denn das sogenannte absolute Gewicht der Körper variirt bis zu einem gewissen Grade nach den Einflüssen der Luft und der Wärme. Der Ausspruch Baumgärtner's (*Naturlehre mit Rücksicht auf mathematische Begründung. Supplementband p. 68.*), daß über die dritte Decimalstelle hinaus auf eine Genauigkeit des spec. Gewichts der Körper nicht mehr zu rechnen sei, und daß selbst diese erst dann



Zutrauen verdienen, wenn man die nöthigen Correctionen anbringe, zeigt sich bei näherer Erwägung als wohl begründet. Inzwischen ist es nicht unglaublich, daß bei tropfbar flüssigen Körpern die Genauigkeit bis auf die vierte Decimalstelle ausgedehnt werden könne. Jene Störungen, die von aërostatischen Einflüssen und von der Ausdehnung der Körper durch die Wärme abhängen, zu ermitteln, dazu sind Vorschriften hinlänglich gegeben worden (*vergl. Baumgärtner, a. a. O. pag. 69. u. A. m.*) Gleichwohl kann eine Erläuterung dieser Correctionen, welche ich mir vorbehalten muß, und eine Prüfung derselben auf ihren Werth vielleicht um so eher Nutzen gewähren, als man in den Lehrbüchern der Physik und Chemie diesen Gegenstand sehr oft allzukurz abgehandelt findet, und denselben, ungeachtet seiner Wichtigkeit, oft vernachlässigt sieht. Dieses beweiset schon der Umstand, daß die in den Hand- und Lehrbüchern wiedergegebenen Tabellen über das spec. Gewicht der mit Wasser vermischten Säuren und Alkalien gewöhnlich der Angabe der Temperatur, auf welche sich die Zahlen beziehen, entbehren, und folglich dem Zwecke, dem sie dienen sollten, ungenügend entsprechen. Darum erscheinen auch die dritte und vierte Decimalstelle dieser Zahlen meistens nur als ein Luxus im Drucke.

Hinsichtlich des Probeglasses ist noch zu bemerken, daß dasselbe keineswegs von dünnem Glase zu sein braucht, wie man öfters angegeben findet, sondern daß nur die Nebenrücksicht einer unnöthigen und übermäßigen Belastung der Wage dabei entscheidet. Eine angemessene Stärke des Glases ist vielmehr nöthig, schon deshalb, damit das Glas vor dem jedesmaligen Gebrauche mit einem trocknen Tuche gut abgerieben

werden könne, zur Entfernung aller anhängenden Stoffe, die sich allmählig aus der Luft auf das Glas niederschlagen oder aus dem Schweißse der Hände beim Angreifen des Glases darauf zurückbleiben.

Man nimmt häufig an, dafs aus der atmosphärischen Luft auch ohne Temperaturveränderung Wasser sich absetze auf das Glas, daran haften bleibe und nur durch Erwärmung des Glases entfernt werden könne. Diese Annahme ist aber, wie mir scheint, unrichtig. Man sieht zwar die Störung des Gleichgewichts ziemlich lange andauern, wenn man ein genau tarirtes Glas erwärmt, und auf einer empfindlichen Wage unter einem verschlossenen Glaskasten langsam erkalten läfst, wonach es den Anschein gewinnt, als wenn erst allmählig die durch das Erwärmen verjagte Feuchtigkeit aus der atmosphärischen Luft auf das Glas zurückkehrte. Es fällt diese langsame Wiederherstellung des Gewichts besonders auf, wenn man zwei gleich grofse Uhrgläser auf einer Wage ins Gleichgewicht bringt und nur das eine oder andere derselben erwärmt und wieder auf die Wage legt. Selbst nach starkem Abreiben des einen der Uhrgläser mit einem Tuche wird eine noch bemerkbare Gewichtsverminderung desselben auf einige Minuten bewirkt. Allein dasselbe geschieht auch durch jede andere Art der Erhöhung der Temperatur des Glases um einige Grade, gleich wie eine Gewichtsvermehrung des Glases durch eine Erniedrigung der Temperatur um einige Grade erfolgt. War das Uhrglas stark erhitzt worden, etwa bis zu 100° C., so findet nicht allein eine momentane bedeutende Gewichtsverminderung desselben Statt, sondern es wird auch, worauf es hier vorzüglich ankommt,  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Stunde Zeit erfordert, ehe sich die Gewichts-differenz vollkommen wieder ausgleicht. Dieser Umstand beweiset aber nur,

dafs das erwärmte Glas erst allmählig ganz abkühlt, oder vielmehr um so langsamer in den vorigen Raum zurückkehrt, je stärker es durch die Wärme ausgedehnt worden; denn, vertauscht man das eine Uhrglas mit einer Platinschale, so bieten sich dieselben Erscheinungen dar. Wird das Platin nur auf einige Minuten den Sonnenstrahlen ausgesetzt, so verliert es ein Wenig an Gewicht, hat aber nach wenig Augenblicken sein voriges Gewicht wieder erlangt; wird es aber stark erwärmt und sogleich auf die Wagschale gelegt, so gleicht sich der Gewichtsverlust, der bei 7,0 Grm. Gewicht ein Paar Milligramme beträgt, erst nach einigen Minuten wieder aus. Die Erklärung ist leicht zu finden in der bessern Wärmeleitung des Metalles. Auch ist nicht wohl einzusehen, wie der gasförmige Zustand des Wassers in der Luft durch die Adhäsion des Glases zum Wasser überwunden werden sollte. Vielmehr sieht man, besonders bei Kerzenlicht, äufserst schnell den leichten Thau von dem Glase verschwinden, der sich beim Anfassen des Glases mit den Fingern jedesmal darauf absetzt. Endlich erklärt sich auch die geringe Gewichtsverminderung vollkommen aus der auf die Ausdehnung des Glases durch Wärme gestützten Rechnung. Man kann sich leicht überzeugen wie sehr die Veränderlichkeit des relativen Gewichts der Uhrgläser, Platinschalen u. a. bei Wägungen überhaupt benutzter Gefäße unsere Aufmerksamkeit verdient, und wie wenig ohne diese Aufmerksamkeit die empfindlichsten und genauesten Wagen zur Erreichung der äufsersten Genauigkeit nützen können. Dazu mögen die folgenden Betrachtungen dienen, welche vorzugsweise die Veränderlichkeit des Glases in seinem Gewichte betreffen.

Das direct mit der Wage gefundene Gewicht der

Körper wird gewöhnlich das *absolute* genannt, obwohl es eigentlich nur das *relative* derselben ist, da die Wägung nicht im luftleeren Raume, sondern in der Luft, also in einem Medium vorgenommen wird, welches einen Theil des Gewichts der Körper, gleich wie der Gewichtsstücke, trägt und aufhebt. Diese Verminderung des Gewichts wird aber genau so viel betragen, als das Gewicht eines Volumens Luft, welches dem Volumen der abgewogenen Körper gleich ist. Man wird also das eigentliche und wahre, auf den leeren Raum reducirte, mithin *unveränderliche und absolute* Gewicht der Körper finden, wenn man ihrem durch Wägung unmittelbar gefundenen, *veränderlichen, relativen* Gewichte das Gewicht jenes Volumens Luft noch *hinzurechnet*. Um dieses zu können, muß man das Volumen des abgewogenen Körpers und das Gewicht eines gleich großen Volumens der in ihrer Dichtigkeit und folglich in ihrem absoluten Gewichte veränderlichen Luft ausmitteln.

Das Volumen der Körper wird durch die Formel  $\frac{p}{s} = v$  gefunden, wenn  $p$  das relative Gewicht in Grammen,  $s$  das spec. Gewicht und  $v$  das Volumen nach Cubiccentimetern bedeutet, denn 1 C. C. Wasser von 4°, 1 C. wiegt 1 Grm., folglich  $v$  C. C. Wasser auch  $v$  Grm., und  $v$  C. C. einer Flüssigkeit von dem spec. Gewichte  $s$  demnach  $s v$  Grm. Heißt das Gewicht der Flüssigkeit  $p$ , so ist  $p = s v$ , oder  $v = \frac{p}{s}$ . Das Gewicht  $p$  ist, wie bemerkt worden, aber stets nur ein relatives, zunächst von der Ausdehnung der Körper durch die Wärme abhängiges. Bei dem Glase variirt diese Ausdehnung aber nach der chemischen Constitution desselben, wie die Versuche von Lavoisier, Roy, Smeaton, Herbert, Dulong, Horner u. A. zeigen, und wie sich auch leicht vermuthen läßt. Indessen sind die

Abweichungen bei dem bleifreien Glase so unbedeutend, daß sie hier ohne Einfluß bleiben. Man kann daher nach Dulong's Bestimmung die Längenausdehnung des gewöhnlichen Glases zwischen  $0^{\circ}$  bis  $100^{\circ}$  C. setzen = 0,0008610 oder  $\frac{1}{1161}$ , wonach die Ausdehnung für einen Grad des hunderttheiligen Thermometers = 0,000008610 und die cubische Ausdehnung =  $3.0,000008610 = 0,000025830$  sein wird. Baumgärtner (*a. a. O. pag. 97*) nimmt anstatt dessen 0,00002673 an. — Eine ähnliche Unsicherheit findet sich hinsichtlich des spec. Gewichts des Glases, wenn man dasselbe nicht durch einen besondern Versuch zu bestimmen geneigt ist. Inzwischen wird es meistens genügen, für das gewöhnliche bleifreie weiße Glas das spec. Gewicht des Fensterglases = 2,642 anzusetzen (*S. Dumas, Handbuch der angewandten Chemie, von Alex und Engelhardt. B. 2. pag. 608*). — Das  $p$  in der Formel hat zur Einheit 1 Grm., welcher sich bezieht auf Wasser, und zwar auf Wasser von seiner größten Dichtigkeit, d. h. von  $4^{\circ}$ , 1 C. Es ist aber klar, daß  $v = \frac{p}{s}$  zu groß ausfallen werde, wenn die Wägung über  $+4^{\circ}$  C. angestellt wird, weil alsdann in den Bruch ein kleines  $s$  käme, wodurch  $\frac{p}{s} = v$  größer würde. Wäre das Volumen der Körper gemessen bei  $+4^{\circ}$  C. und bei Temperaturen darüber, so würde freilich, wenn  $v^1$  das Volumen bei  $4^{\circ}$ , und  $v$  das Volumen bei höherer Temperatur,  $m$  die cubische Ausdehnung und  $n$  die Anzahl der Temperaturgrade über  $4^{\circ}$  C. bedeutet, sein  $v^1 : v = 1 : 1 + mn$ , mithin  $v^1 = \frac{v}{1 + mn}$ . Weil aber hier das Volumen bestimmt wird durch eine Division des durch die Erwärmung im umgekehrten Verhältnisse zur Ausdehnung der Körper kleiner gewordenen spec. Gewichts,  $s$ , in das relative Gewicht,

p, so wird hier  $v' = v (1 + m n)$  sein müssen. Die genauere Formel wird also sein  $v' = \frac{P}{s} + \frac{P}{s} \cdot m n$ . Wird nun die cubische Ausdehnung des Glases zu 0,00002673 angesetzt, so würde z. B., wenn ein Glas bei 15 ° C. ein Gewicht von 46,655 Grm. hätte, das Volumen desselben nach der uncorrigirten Formel  $\frac{P}{s} = v$ , sein = 17,65897, hingegen nach der corrigirten Formel:

$$\frac{46,655}{2,642} + \frac{46,655}{2,642} \cdot 0,00002673 \cdot 11 = 17,6642.$$

Die Zahl, wodurch das Volumen in der letzteren Formel ausgedrückt wird, bezeichnet natürlich eben so viele Grammen Wasser von + 4°,1 C., und folglich eben so viele Cubiccentimeter, die sich bei Zunahme der Temperatur bloß durch die Ausdehnung des Glases vermindern, obwohl dem Maasse nach das Volumen sich vergrößert.

Die atmosphärische Luft, in welcher die Wägung vorgenommen worden, besitzt aber weder die Normaltemperatur, noch steht sie gewöhnlich unter dem Normaldruck, noch ist sie ganz trocken, so daß aus dem gefundenen Volumen des Glases das Gewicht eines gleich großen Volumens der Luft nicht unmittelbar berechnet werden kann. — Der Gehalt von Wassergas könnte durch das Psychrometer gefunden werden; allein, da der Einfluß des Wassergases unbedeutend ist, die Wägungen auch überdies nur an einem verhältnißmäßig trocknen Orte vorzunehmen sind, so kann man wohl unbedenklich denselben unberücksichtigt lassen. Die von der Wärme und dem Luftdruck abhängigen bedeutenden Schwankungen des Luftvolumens dagegen lassen sich leicht berechnen nach der bekannten Correctionsformel für die permanenten Gase, nämlich:

$$v^1 = v \cdot \frac{1}{1 + 0,00375 \cdot t} \cdot \frac{B}{0,76} = \frac{vB}{0,76 \cdot (1 + 0,00375 \cdot t)}$$

worin  $v^1$  das auf  $0^\circ \text{ C.}$  und  $0,760$  reducirte Glasvolumen;  $v$  das beobachtete Volumen;  $0,00375$  die Ausdehnung Eines Volumens Gas für 1 Centesimalgrad,  $t$  die Anzahl der Thermometergrade;  $B$  den beobachteten Barometerstand \*) in Metern und  $0,76$  den Normaldruck von  $0,760$  bedeutet. Das beobachtete Volumen  $v$  ist hier das durch Wägung des Glases und durch Rechnung mit Beachtung seiner Ausdehnung durch die Wärme gefundene Volumen desselben. Eine kleine indessen höchst unbedeutende Ungenauigkeit bleibt allerdings darin, daß in der Formel  $\frac{p}{s} = v$  das  $p$  nicht allein von der das Glas und die Luft ausdehnenden Wärme, sondern auch von dem Luftdruck influirt wird.

Wäre in dem gewählten Beispiele die Wägung des Glases bei  $15^\circ \text{ C.}$  und  $0,74$  vorgenommen worden, so würde das Volumen der Luft, welches von dem Glase aus der Stelle gedrängt worden, bei einer Temperatur von  $0^\circ \text{ C.}$  und  $0,76$  Barometerstand betragen:

$$\frac{17,6642 \cdot 0,74}{0,76 \cdot (1 + 0,00375 \cdot 15)} = 16,2834 \text{ C. C.}$$

welche, 1000 C. C. Luft von  $0^\circ \text{ C.}$  und  $0,76$  Druck

\*) Es versteht sich von selbst, daß zur Erreichung größter Genauigkeit auch der Barometerstand corrigirt werden muß. Ist die Ausdehnung des Quecksilbers nach Dulong  $\frac{1}{55,50}$  des Volumens Quecksilbers von  $0^\circ \text{ C.}$  innerhalb der Temperaturgrenze von  $0^\circ$  bis  $100^\circ \text{ C.}$ , also für einen Grad der hunderttheiligen Scale  $\frac{1}{5550} = 0,00018$ ; so ergibt sich folgende Correctionsformel:

$$B^1 = B - (B \cdot t \cdot 0,00018),$$

worin  $B$  der beobachtete,  $B^1$  der auf  $0^\circ \text{ C.}$  reducirte Barometerstand, und  $t$  die Anzahl der Temperaturgrade bezeichnet.

1,29907 Grm. wiegen, ein Gewicht von 0,021153 Grm. haben.

Gerade um so viel wird also das Gewicht des Glases durch acrostatischen Einfluss *vermindert* sein, und also im luftleeren Raume betragen  $46,655 + 0,0212 = 46,6762$  Grm., was also für 1 Temperaturgrad, den unveränderten Luftdruck voraussetzt, einen Unterschied von 0,0014 Grm. im Gewichte ausmacht. Ein Uhrglas von 8,0 Grm. Gewicht, gewogen bei derselben Temperatur und demselben Luftdruck, würde demnach 8,00364 Grm. im luftleeren Raume wiegen, und bei einer Veränderung um 1° der Lufttemperatur eine Gewichts-differenz von 0,00024 Grm., also bei 5° C. eine Differenz von 0,00120 Grm. zeigen. Man erkennt sogleich, welchen Einfluss diese Schwankungen des relativen Gewichts des Uhrglases bei Analysen, bei denen man sich eines solchen Glases zum Abwägen von Substanzen bedient, haben müssen, wenn man nicht vor jeder Wägung das Gewicht des Uhrglases untersucht und nach Erwärmung des Glases, welche oftmals selbst zufällig Statt findet, nicht so lange wartet, bis das Volumen des Glases wieder in das für den Augenblick normale zurückgekehrt ist.

Als Formel zur Reduction des direct gefundenen Gewichtes des gewöhnlichen weissen bleifreien Glases auf das Gewicht desselben im leeren Raume ergibt sich:

$$G' = G + \frac{G}{s} (1 + 0,00002673 \cdot n) \cdot \frac{1}{1 + 0,00375 \cdot t} \cdot \frac{B}{0,76} \cdot \frac{1,29907}{1000}$$

$$\text{oder } G' = G + \frac{G}{s} \left( \frac{1 + 0,00002673 \cdot n}{1 + 0,00375 \cdot t} \right) \cdot 0,0017093 \cdot B$$

worin  $G'$  das auf den leeren Raum reducirte Gewicht,  $G$  das direct gefundene Gewicht des Glases, und die



übrigen Buchstaben und Zahlen dasselbe wie vorhin bezeichnen. Es ist klar, daß wenn an die Stelle der Zahl, welche die cubische Ausdehnung des Glases für  $1^{\circ}$  angiebt, eine andere gesetzt wird, die derselbe Ausdehnung für die Ausdehnung eines andern nicht elastisch flüssigen Körpers von bekanntem spec. Gewicht ist, die Formel ganz allgemein wird.

Offenbar ist  $G^1$  eine unveränderliche Gröfse, während  $G$  eine veränderliche, von dem schwankenden  $t$  und  $B$  abhängige Gröfse ist. Wenn also das bei irgend einer Temperatur und irgend einem Luftdrucke gefundene relative Gewicht des Glases oder ähnlicher Körper abgezogen wird von dem ein für allemal berechneten absoluten Gewichte derselben im leeren Raume, so wird der Rest die Verminderung des Gewichts derselben in der Luft, als Folge der Erwärmung der Körper und der Luft, so wie auch als Folge des veränderlichen Druckes, dem die Luft ausgesetzt ist, anzeigen.

In wie weit von dieser Betrachtung Nutzen gezogen werden kann für die Ausmittlung des möglichst genauen spec. Gewichts der Flüssigkeiten, werde ich bei einer andern Gelegenheit auseinander zu setzen suchen.

