



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# Handbuch der Physik zur Selbstbelehrung für jedermann

**Spiller, Philipp**

**Berlin, 1865**

Gleichgewicht fester Körper in tropfbaren Körpern.

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-75469](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-75469)



aus langen Streifen von Seidenzeug, welches zusammengenäht und sehr sorgfältig mit einer Auflösung von Kautschuk überstrichen ist, so daß die Gase nicht entweichen können. Ist er gefüllt, so hat er eine birnförmige Gestalt, deren Spitze nach unten gerichtet ist. Das Klappenventil befindet sich in dem obersten Theile, und kann durch eine Leine, welche aus dem spitzen Theile hervorkommt, geöffnet werden. Zum Schutze ist der Ball von einem dichten Netze aus dünnen Leinen umstrickt. Vor der Füllung hängt man ihn schwebend zwischen zwei Masten an einem Stricke auf. Das Füllen geschieht durch einen in dem spitzen Ende mündenden Schlauch. Hat man Kohlenwasserstoffgas oder Leuchtgas aus einer Gasanstalt, so ist das Geschäft sehr einfach; muß man sich aber selbst Wasserstoffgas entwickeln, so ist es sehr umständlich. Man braucht eine ziemliche Anzahl von Fässern, in denen es aus Eisen, Wasser und Schwefelsäure entwickelt und durch kurze Röhren behufs seiner oberflächlichen Reinigung in das Wasser in einem größeren Fasse geführt und von da erst durch einen Schlauch in den Ball geleitet wird. Damit der sich nun aufblähende Ball nicht bald in die Höhe steige, muß er durch eine Anzahl von Menschen an Leinen, die sie der Sicherheit wegen um Pfähle in der Erde geschlungen haben, gehalten werden. Schwebt er bereits frei, so hängen man die Gondel an, welche den Ballast, die Menschen u. a. aufnimmt.

#### Gleichgewicht fester Körper in tropfbaren.

Man kann sich innerhalb einer ruhenden Wassermenge in einem Gefäße einen Wasserkörper von irgend einer Form, z. B. der eines Eies vorstellen, und muß von diesem ruhenden Wasserkörper sagen, daß sein ganzes Gewicht, welches nach unten wirkt, aufgehoben worden ist durch den Druck des umgebenden Wassers nach oben. Statt des Wasserkörpers kann man sich irgend einen andern Körper vorstellen, wie wenn man aus 225 Gewichtstheilen weißen Waxes und 1 Gewichtstheile fein gepulvertem Zinnober ein sorgfältiges Gemenge macht, oder wenn man in Wasser soviel Kochsalz auflöst, daß ein Ei in ihm grade unter sinkt. Diese Körper haben also im Wasser ihr Gewicht vollständig verloren und werden, wenn ihre Dichtigkeit überall dieselbe ist, in jeder Lage in Ruhe oder im Gleichgewichte verharren; denn ihr Schwerpunkt ist auch der Schwerpunkt des Wasserkörpers, den sie bei ihrer jedesmaligen Lage aus dem Wege gedrängt haben: sie sind im indifferenten Gleichgewichte.

Hätte man in einer Wachskugel in der Nähe ihrer Oberfläche ein Bleikügelchen angebracht, so würde ihr Schwerpunkt nicht der Mittelpunkt sein, sondern nach dem Bleie hin liegen. Jetzt würde die Kugel nur dann im Gleichgewichte sein, wenn ihr Schwerpunkt lothrecht unter dem Schwerpunkte des Wasserkörpers läge: sie ist dann im stabilen

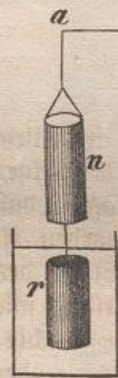


Gleichgewichte und muß, wenn man sie aus ihm in eine andere Lage bringt und losläßt, ebensolche Schwingungen machen, wie wenn sie in der Luft aufgehängt wäre, nur daß der Punkt, um welchen die Schwingungen geschehen, der Wasserschwerpunkt ist und somit die Kugel schwingend ihren Ort nicht verläßt, sondern sich abwechselnd nach entgegengesetzten Seiten dreht.

Wenn der im Wasser untertauchende Körper ein größeres Gewicht hat, als der verdrängte Wasserkörper, so kann das Wasser ihn nicht schwebend in sich tragen, sondern er sinkt mit der Kraft seines Mehrgewichtes; ist der untergetauchte Körper leichter, als der Wasserkörper von demselben Volumen, so muß er, wenn man ihn sich selbst überläßt, mit dem Mindergewichte steigen. Wiegt z. B. der untergetauchte Körper 7 Pfunde, der ebenso große Wasserkörper 9 Pfd., so steigt er mit einer Kraft von 2 Pfunden.

Auch während des Sinkens und Steigens bleibt der Schwerpunkt des Körpers unter dem Wasserschwerpunkte.

Es läßt sich durch einen einfachen Versuch leicht bestätigen, daß ein untertauchender Körper grade soviel von seinem absoluten Gewichte verloren hat, als der Wasserkörper von demselben Rauminhalte wiegt.



(Fig. 117.)

Man hängt (Fig. 117) an die eine Seite *a* einer Gleichwage einen hohlen Metallzylinder *n*, an ihn unterhalb mittelst eines feinen Metalldrahtes einen massiven, welcher jenen grade auszufüllen im Stande ist, und bringt beide durch ein Gegengewicht *e* auf der anderen Seite ins Gleichgewicht. Wird nun bloß der massive Zylinder *r* unter Wasser getaucht, so hebt sich die Seite *a* und man müßte von *e* Gewichtstheile wegnehmen, um aufs neue das Gleichgewicht herzustellen. Thut man aber letzteres nicht, sondern gießt man den Hohlzylinder grade voll mit Wasser, so ist das Gleichgewicht wieder hergestellt. Das eingegossene Wasser ersetzt also den Gewichtsverlust, welchen der massive Zylinder von demselben Volumen beim Untertauchen im Wasser erlitt, und das obige Gesetz ist bestätigt.

Will man den Gewichtsverlust des untergetauchten Körpers in Gewichtseinheiten bestimmen, so darf man nur angeben, welches Gewicht von *e* weggenommen werden muß, um, nachdem *r* völlig untergetaucht ist, das Gleichgewicht wieder herzustellen.

Der Versuch läßt sich noch in einer anderen Weise anstellen. Man setzt auf die eine Wageschale ein Glas mit Wasser, auf die andere einen Hohlzylinder mit soviel Zulagegewicht, daß das Gleichgewicht hergestellt ist; dann hält man an einem Faden einen in den Hohlzylinder genau



passenden massiven frei schwebend ins Wasser, bis er untertaucht und sieht die Waagschale sinken; aber das Gleichgewicht ist wieder hergestellt, nachdem man den Hohlzylinder mit Wasser gefüllt hat.

Daraus folgt übrigens auch, daß ein in eine Flüssigkeit völlig eingetauchter und in ihr schwebend erhaltener Körper das Gewicht der Flüssigkeit um seinen darin erlittenen Gewichtsverlust vermehrt. Auf diese Weise kann man z. B. den Gewichtsverlust, welchen ein Geschützrohr erfährt, bestimmen. Man bringt nämlich ein Gefäß mit Wasser auf einer Gleichwage ins Gleichgewicht, hält das Rohr an einem Taue schwebend ins Wasser, so ist die Gewichtszulage das Gewicht des eben so großen Wasserkörpers und zugleich der Gewichtsverlust, den das Rohr im Wasser erfährt.

Hielte man den Körper nicht frei, sondern ließe ihn im Wasser los, so würde er das bereits vorhandene Gewicht des Gefäßes mit Wasser um sein ganzes absolutes Gewicht vermehren. Hätte man den Körper auf dem Boden des Gefäßes im Wasser liegend mit abgewogen und dann ihn darin schwebend gehalten, so würde die jetzt eintretende Gewichtserleichterung der Unterschied seines absoluten Gewichtes und des Gewichtes des ebenso großen Wasserkörpers sein.

Zu genauen Bestimmungen des absoluten Gewichtes und des Gewichtsverlustes eines Körpers im Wasser hat man die hydrostatische Wage, welche sich von der früheren Gleichwage dadurch unterscheidet, daß die eine Schale kurz angehängt ist und unten ein Häkchen hat, um mittelst eines Drahtes oder Haares die Körper anzuhängen.

Diese Betrachtungen dienen auch dazu, das absolute Gewicht von einem Kubikzoll (Kubikfuß u. s. w.) Wasser zu bestimmen. Man nimmt nämlich einen im Wasser untersinkenden Körper von genau einem Kubikfuß Rauminhalt, wägt ihn zuerst in der Luft ab und dann im Wasser; der Unterschied dieser Gewichte oder der Gewichtsverlust des Körpers im Wasser ist das absolute Gewicht des eben so großen Wasserkörpers. Ein rheinländischer Kubikfuß wiegt etwas über 66 Pfd. — Auf dieselbe Weise ließe sich auch das absolute Gewicht einer bestimmten Raumeinheit einer anderen Flüssigkeit finden.

Kennt man den Rauminhalt eines Gefäßes, so läßt sich das Gewicht des darin enthaltenen Wassers leicht bestimmen. In einer Tonne von 10 Kubikfuß befinden sich 10.66 Pfunde oder 660 Pfunde.

Weiß man umgekehrt das Gewicht des in einem Gefäße befindlichen Wassers, so kann man seinen Rauminhalt durch Division leicht angeben. Wiegt das Wasser z. B. 264 Pfunde, so beträgt sein Rauminhalt 4 Kubikfüße. — Dieses Verfahren dient namentlich zur Raumbestimmung unregelmäßiger Höhlräume.

Unter der Voraussetzung, daß ein Metallgemisch aus zwei Metallen ein Volumen hat, welches die Summe der Raumtheile beider dazu genommenen Metalle ist, sind die obigen Betrachtungen sogar geeignet, bei



einem vorhandenen Metallgemisch, ohne es chemisch zu zerlegen, die Mengen der einzelnen Antheile zu berechnen. Schon im Alterthume soll Archimedes auf die Aufforderung des Königs Hiero von Syrakus, ihm anzugeben, ob die angefertigte Krone aus reinem Golde bestehe, die Aufgabe gelöst und den Betrug entdeckt haben. — Auch in Rücksicht auf die Gesundheit ist es wichtig zu wissen, ob ein Gefäß aus reinem Zinn oder aus einer Bleilegierung besteht.

Um die Aufgabe zu lösen, muß man wissen, wie viel ein beliebiger Gewichtsantheil eines jeden der beiden Metalle in seinem reinen Zustande im Wasser an Gewicht verliert und welches der Gewichtsverlust eines beliebigen Gewichtes der Mischung ist.

Für diejenigen Leser, welche die Rechnung auszuführen vermögen, will ich noch wenigstens die nöthigen allgemeinen Angaben machen. Wenn  $a$  Pfund des ersten Metalles im Wasser  $m$  Pfunde,  $b$  Pfunde des zweiten Metalles  $n$  Pfunde und  $c$  Pfunde eines Gemisches aus beiden  $o$  Pfunde verlieren; so ist:

1) die Summe der Gewichte beider Antheile ( $x$  und  $y$ ) in der Luft gleich  $c$ , oder  $x + y = c$  und

2) die Summe der Gewichtsverluste beider Antheile gleich  $o$ , oder  $\frac{m \cdot x}{a} + \frac{n \cdot y}{b} = o$ , wobei  $\frac{m \cdot x}{a}$  der Verlust der  $x$  Theile

des ersten und  $\frac{n \cdot y}{b}$  der Verlust der  $y$  Theile des zweiten Metalles ist. Aus diesen beiden Ausdrücken lassen sich  $x$  und  $y$  berechnen.

Bei allen diesen Versuchen muß man dafür sorgen, daß an dem untergetauchten Körper Luftbläschen nicht hängen bleiben, weil sie dazu beitragen würden, das Gewicht der Körper im Wasser mehr zu vermindern, als es ohne sie geschehen würde. Ferner ist darauf zu sehen, daß der zum Anbinden der Körper verwendete Draht stets nur bis zu der Tiefe eintauche, bei welcher das Gleichgewicht der Wage vorhanden war. Deshalb legt man bei der hydrostatischen Wage nach dem Eintauchen des Körpers die Gewichte nach und nach auf die kürzer angehängte Wagschale.

Ist ein Körper leichter als das Wasser, so zwingt man ihn durch einen mit ihm verbundenen schwereren unterzutauchen. Man kann ihn zu diesem Zwecke zwischen einer Metallklemme, die allenfalls noch beschwert werden kann, befestigen. Es ist natürlich, daß man den Gewichtsverlust dieses letzteren Körpers besonders bestimmen und ihn von dem Gewichtsverluste der beiden verbundenen abziehen muß, um den des ersten allein zu bekommen.

Nimmt ein Körper Wasser in sein Inneres auf, so ist die Bestimmung des Gewichtsverlustes seiner undurchdringlichen Masse etwas



umständlicher. Man wägt nämlich zuerst den ganz trockenen Körper in der Luft ab, läßt ihn dann im Wasser sich voll saugen, nimmt ihn heraus und wägt ihn wieder ab, wodurch man als Gewichtsunterschied das Gewicht des angesaugten Wassers bekommt. Dann wird der Gewichtsverlust des angesaugten Körpers im Wasser bestimmt und von ihm das Gewicht des angesaugten Wassers abgezogen.

Pulverisirte Körper, welche sich im Wasser nicht auflösen, thut man in ein Schälchen, dessen Gewichtsverlust von dem des Ganzen abgezogen werden muß.

Wie das Verfahren ist, wenn ein Körper im Wasser sich auflöst, wird später bald angegeben werden.

Weil alle Körper im Wasser leichter sind, als in der Luft, lassen sie sich in jenem auch leichter fortschaffen, als in diesem. Man ist also z. B. noch recht gut im Stande einen Stein unter dem Wasser fortzuwägen, aber sowie man mit ihm in die Luft kommt, ist er uns zu schwer. — Wenn Fischer die Netze, in denen Fische gefangen sind, im Wasser fortziehen, so fällt es ihnen wohl noch ziemlich leicht; kommen sie mit den Fischen im Netze über das Wasser, so können sie dieselben oft gar nicht erheben. — Ebenso ist es, wenn ein Mensch oder ein abgerichteter Hund einen Ertrunkenen retten will. Letzterem würde das Retten Erwachsener gar nicht möglich sein; wenn das Wasser nicht meist ihr ganzes Gewicht trüge. — Selbst ein sanfter Wind treibt schwere Schiffe mit Leichtigkeit fort und wenige Menschen sind schon im Stande, ein großes Schiff selbst stromaufwärts zu ziehen.

#### Das passive Schwimmen.

Wenn das absolute Gewicht eines Körpers kleiner ist, als das des Wassers von gleichem Volumen, so steigt er in ihm mit um so größerer Kraft, je größer dieser Unterschied ist und kommt endlich an seiner Oberfläche dann ins stabile Gleichgewicht, wenn

- 1) das von ihm noch verdrängte Wasser ebensoviele wiegt, als er selbst;
- 2) wenn sein Schwerpunkt lothrecht und unter dem Schwerpunkte des verdrängten Wasserkörpers liegt.

Wir pflegen dann zu sagen: der Körper schwimmt passiv. Er wird dabei um so weniger tief eintauchen, je leichter er bei einem bestimmten Volumen, je größer er bei einem bestimmten Gewichte und je dichter die Flüssigkeit für einen bestimmten Körper ist.

Denken wir uns eine leichte Holzugel von überall gleichmäßiger Dichte, so ist ihr Mittelpunkt ihr Schwerpunkt, und derselbe wird, wenn sie aufs Wasser gelegt wird, über dem Wasserschwerpunkte liegen; aber weil der Schwerpunkt der Ugel auch bei veränderter Lage derselben stets lothrecht über dem Schwerpunkte des Wassers bleibt, wird das

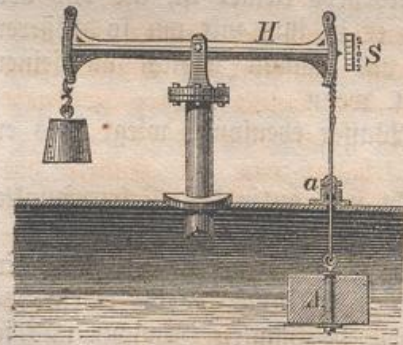


labile Gleichgewicht fortwährend erhalten. — Anders ist es, wenn der Schwerpunkt der Kugel außerhalb ihres Mittelpunktes liegt; sie ist nämlich nur dann in Ruhe, wenn der Schwerpunkt die tiefste Stelle unter ihm einnimmt. Da bei Geschossen die Sicherheit des Treffens von der Lage des Schwerpunktes abhängt, so sucht man ihn dadurch, daß man die Kugel auf Quecksilber legt. Vollkugeln sind nur brauchbar, wenn der Mittelpunkt auch Schwerpunkt ist; für Hohlkugeln ist eine seitliche Lage desselben nothwendig.

Ähnlich ist es, wenn ein Brett auf die hohe Kante frei ins Wasser gestellt wird. Die allergeringste Bewegung des Wassers oder des Brettes reicht hin, daß es auf die flache Seite umschlägt, wodurch sein Schwerpunkt tiefer zu liegen kommt.

Jeder Körper sucht wie in der Luft so auch in jeder tropfbaren Flüssigkeit in eine möglichst stabile Lage mit möglichst tief liegendem Schwerpunkte zu gelangen. Ein lothrecht ins Wasser gestellter, überall gleichmäßig dichter Stab fällt also bald um und legt sich mit seiner Axe horizontal. Wäre aber die eine Hälfte schwerer, als die andere, so würde er sich lothrecht stellen, wenn dabei sein Schwerpunkt unter dem Schwerpunkte des verdrängten Wassers läge. Die Fischer benutzen mit einer Fahne versehene Stäbe, von denen das eine Ende beschwert ist, um die Stellen, an welchen sie Netze oder Reize ausgelegt haben, zu bezeichnen.

Man macht von dem passiven Schwimmen eines Körpers bei den Dampfmaschinen einen doppelten wichtigen Gebrauch; man bestimmt nämlich dadurch theils die Höhe des in einem Dampfkessel vorhandenen Wasserstandes, theils versorgt man den Kessel rechtzeitig ohne unser Zutun mit dem nöthigen Wasservorrathe.

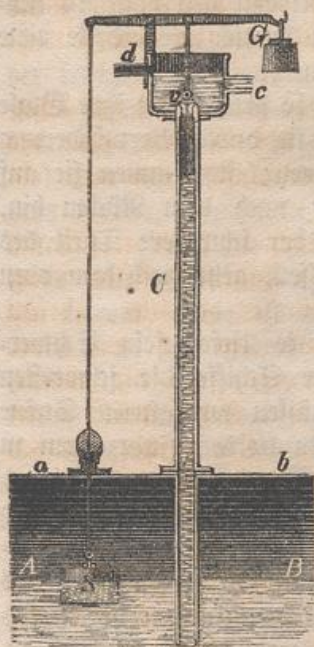


(Fig. 118.)

Für den ersten Zweck dient die im Fig. 118 angegebene Einrichtung, der Schwimmer. Auf der Außenfläche des Kessels ist oben ein Ständer angebracht, welcher eine Gleichwage trägt, an deren Enden lothrechte Kreisbogen sich befinden, deren Mittelpunkt der Drehungspunkt ist. An dem einen Arme H, welcher in eine Spitze ausläuft, hängt an einem Kettchen ein Kupferdraht, welcher dampfdicht, doch leicht beweglich, durch eine Stopfbüchse a geht und einen auf dem Wasser schwimmenden Stein A trägt. Damit der Stein nur bis zu einer gewissen Tiefe unterfinke, wird er durch ein Gegengewicht am andern Arme im Gleichgewicht gehalten. Um die genau horizontale Lage von H zu beobachten, ist ihm gegenüber ein getheiltes Kreisbogen S mit einem Nullpunkte. Sinkt



das Wasser, so sinkt auch der Stein, und weil er an dem Kreisbogen hängt, so bleibt die wirkende Kraft doch in derselben Entfernung vom Drehungspunkte, und er wird in gleicher Tiefe schwimmend im Gleichgewichte erhalten. Aus dem Stande der Spitze gegen den Kreisbogen S beurtheilt man den Wasserstand im Kessel.



(Fig. 119.)

Hat der Dampf in Kesseln keine große Spannung, wie bei den Niederdruckmaschinen, so läßt sich mit dem Schwimmer eine Speisevöhre verbinden, wodurch der Wasserstand im Kessel ohne weiteres Zuthun stets in gleicher Höhe erhalten, also eine selbstthätige Speisevorrichtung erzielt wird (Fig. 119). Durch die obere Decke ab eines Dampfkessels geht bis in die Nähe des Bodens ein ziemlich weites (bis 1 Fuß) und 10 bis 12 Fuß langes Rohr C, welches durch ein nach oben sich öffnendes Ventil v mit einem etwas weiteren Wasserbehälter in Verbindung steht. Dieser Behälter wird durch ein Zuflußrohr c hinreichend mit Wasser gespeist und hat noch ein Abflußrohr d. Die Decke des Behälters trägt bei d einen Ständer mit einem ungleicharmigen Hebel; an dem kürzeren Arme befindet sich eine Metallstange, welche durch eine an der Decke des Kessels befindliche Stopfbüchse geht und den auf dem Niveau AB schwimmenden Stein

S trägt; an dem kürzern Arme ist außer dem Gegengewichte noch die Stange für das Ventil v angebracht.

Sinkt das Wasser im Kessel und somit auch der Stein, so geht das Ventil v in die Höhe und es erfolgt vonselbst der Wasserzufluß so lange, bis durch den gehobenen Stein das Ventil wieder herabgeht und den Zufluß bei der erlangten richtigen Wasserhöhe abschneidet.

Die Höhe der Wasserfäule in C hängt von der Stärke des Dampfdruckes auf das Niveau AB ab. Hat der Dampf die Spannung oder den Druck von 1 Atmosphäre, so steht das Wasser im Rohre und im Kessel in gleicher Höhe; hat er eine Spannung von  $1\frac{1}{4}$  Atmosphäre, so steht es im Rohre 8 Fuß ( $\frac{1}{4}$  von 32 Fuß, wenn dieses grade die von der Atmosphäre getragene Wasserfäule ist) höher.

Man kann auf dem Wasser der Röhre noch einen Schwimmer an einer Kette anbringen, welcher durch sein Steigen oder Sinken bei zu großem oder zu geringem Dampfdrucke den Luftzug in den Ofen beziehungsweise vermindert oder vermehrt.

Das schwimmende Licht ist eine Lampe, deren Schwerpunkt wie bei der Kolllampe des Kardanus, ungeachtet der durch das Wasser



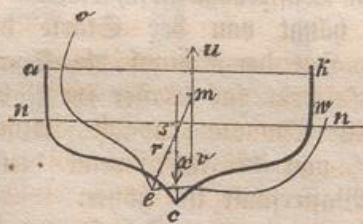
hervorgebrachten Schwankungen, stets unterhalb des Wasserschwerpunktes erhalten wird. Weil die Fische in der Nacht dem Lichte sehr nachgehen, könnten dergleichen Lampen beim Fischfange mehr, als es gewöhnlich geschieht, angewendet werden.

Daß die oft sehr schwerfälligen Wasservögel, wie z. B. die Schwäne, mit ihrem Körper ziemlich bedeutend über das Niveau des Wassers hervorragen, liegt darin, daß in ihrer selbst schon leichten Federdecke viele eingeschlossene und fest anhaftende Luft enthalten ist.

Wollen die Fische tiefer ins Wasser herab, so drücken sie ihre Blase zusammen; wollen sie höher hinauf, so lassen sie durch Verminderung des Druckes die Luft in der Blase sich ausdehnen; schwimmen sie auf dem Bauche, so befindet die Blase sich mehr nach dem Rücken hin, wenn sie aber schlafen, so ist der Rücken als der schwerere Theil des Körpers unten, und die Blase, sich selbst überlassen, geht nach dem oben befindlichen Bauche.

Da ein Körper um so stabiler schwimmt, je tiefer sein Schwerpunkt liegt, so bringt man beim Beladen der Schiffe die schwersten Gegenstände nach unten und leere Schiffe müssen wenigstens Steine oder besser Sand als Ballast einnehmen. — In kleinen Fahrzeugen zu nur einigen Personen, mit denen man auf das Meer fahren will, wendet man eiserne Schienen an, weil sie bei großem Gewichte nur wenig Raum einnehmen und in dem untersten Schiffsraume sich leicht anbringen lassen. — Bei drohenden Gefahren muß man sich selbst soviel als möglich nach unten begeben, um dadurch die Schwankungen des Fahrzeuges und die Möglichkeit Wasser zu schöpfen geringer zu machen. — Fischer, welche oft in so kleinen Fahrzeugen ihr Geschäft betreiben, daß sie für wenig mehr, als ihre Person Raum haben, legen sich meist fast ganz hin.

In Betreff der Stabilität eines schwimmenden Körpers oder des Widerstandes, welchen er einer Aenderung seiner Lage entgegensetzt, ist noch Einiges zu bemerken.



(Fig. 120.)

Es sei nn (Fig. 120) das Niveau des Wassers, ack bedeute den auf ihm lothrecht stehenden und so gelegten Querschnitt eines darauf schwimmenden Körpers, daß die beider durch ihn entstandenen Theile gleiche Massen haben. Unter dieser Annahme wird sowohl der Schwerpunkt s dieses Körpers, als auch der Schwerpunkt x des verdrängten Wasserkörpers im Ruhezustande in dieser Ebene liegen und die Schwerpunktslinie xs steht auf dem Niveau nn lothrecht; wird aber der Körper in eine andere Lage gebracht, so daß oew sein Querschnitt ist, der übrigens mit dem vorigen in derselben Ebene liegen soll, so behält



zwar der Schwerpunkt  $s$  des Körpers seine Lage, aber der Schwerpunkt des neuen Wasserkörpers verändert dieselbe. Ist er von  $x$  nach  $v$  gekommen, während der frühere in  $r$  wäre, so strebt der Wasserkörper den auf ihn schwimmenden in der Richtung der von  $v$  an Lothrechten  $vu$  zu heben, das Gewicht des letzteren aber treibt ihn von  $s$  aus in der Richtung des  $so$  abwärts.

Nun kann der Durchschnittspunkt  $m$ , oder das Metazentrum der früheren Schwerpunktslinie  $rs$  mit der Lothrechten  $vu$  durch den neuen Wassersehwerpunkt eine dreifache Lage haben: 1) oberhalb des Schwerpunktes  $s$  vom Körper, 2) unter ihm, 3) in ihm liegen.

Im ersten Falle bringen die beiden Kräfte eine Drehung des Körpers hervor, welche in Schwingungen übergeht, bis endlich  $s$  lothrecht unter  $m$  liegt und stabiles Gleichgewicht eingetreten ist; im zweiten Falle tritt zwar auch eine Drehung ein bis  $s$  lothrecht unter  $m$  zu liegen kommt, diese ist aber mit einem völligen Umschlagen des Körpers verbunden; im dritten Falle endlich ist indifferentes Gleichgewicht vorhanden. — Je weiter das Metazentrum von  $s$  entfernt ist, desto eher treten die angegebenen Zustände ein.

Befinde ich mich auf einem Schiffe oberhalb des Schwerpunktes desselben, so kann die eigene Schwerlinie mit der des Schiffes in eine grade Linie fallen oder mit ihr einen Winkel bilden. Im ersten Falle werde ich am stärksten nach dem Mittelpunkte der Erde angezogen, weil die beiden auf mich anziehend wirkenden Kräfte, von denen die eine ihren Sitz in dem Mittelpunkte der Erde, die andere im Schwerpunkte des Schiffes hat, in derselben graden Richtung mit einander wirken. Fällt aber beim Schwanken des Schiffes die Schwerlinie desselben außerhalb meiner eigenen, oder liegen die Schwerpunkte der drei Körper, nämlich der Erde, des Schiffes und der von mir nicht in einer graden Richtung; so tritt die ebenso überraschende als nothwendige Erscheinung ein, daß ich mich mit meinem Körper mehr an das Schiff gefesselt oder von ihm angezogen fühle, wenn sich der Schwerpunkt des Schiffes meiner Schwerlinie nähert, als wenn er sich von entfernt.

Ich habe diese physikalisch nothwendige Thatsache an meinem durch lange Seefrankheit geschwächten Körper sehr oft und unzweifelhaft empfunden und bin verwundert, daß man dieselbe, so viel ich weiß, bis jetzt noch nirgends erwähnt findet. Höchst auffallend war die Empfindung, wenn ich bei sehr starken Schwankungen des Schiffes auf einer ziemlich steilen Treppe aufs Verdeck stieg: es waren mir in solchen Momenten die Füße wie mit Blei beschwert und wurden auffallend nach unten förmlich gezogen, während bei der entgegengesetzten Schwankung, nämlich wenn sich der Schwerpunkt des Schiffes von meiner Schwerlinie entfernte, sofort eine Erleichterung eintrat, weil dann die beiden auf mich anziehend einwirkenden Kräfte unter einem Winkel auf mich wirkten, so daß die Resultirende kleiner werden mußte. Es versteht sich



von selbst, daß dieses Fühlen der veränderten Schwere nur auf sehr großen und stark belasteten Schiffen und auch nur während sehr bedeutender Schwankungen, namentlich nach der Längenausdehnung des Schiffes, eintritt und von sehr kräftigen Menschen weniger leicht wahrgenommen wird, als von schwachen und abgeschwächten.

Aus den obigen Betrachtungen ergeben sich manche Regeln für das Bauen der Schiffe. Die Kielschiffe haben Vorzüge gegen andere, weil ihr Gleichgewicht ein festeres ist.

Jeder passiv schwimmende Körper vermag bis zum Untersinken unter das Niveau grade nur die Last zu tragen, welche seiner Steigkraft gleich ist, und sein absolutes Tragvermögen heißt; soll er aber nur bis zu einer gewissen Tiefe einsinken, wie Schiffe, so heißt die dazu nöthige Belastung das relative Tragvermögen.

Das Verfahren, das relative Tragvermögen eines Schiffes zu bestimmen, nennt man das Nicken des Schiffes. Es kommt hier zunächst auf die Bestimmung der Größe des Schiffsraumes an, welcher sich zwischen den Ebenen des tiefsten und des höchsten Wasserstandes am Borde befindet. Zur Messung der Entfernung der verschiedenen Wasserstände ist äußerlich am Schiffe ein Maßstab angebracht. Da die innere Weite auch desselben Schiffes nicht durchweg dieselbe ist, so werden Raumtheile, welche auch gleich hoch sind, nicht gleich groß sein. Man hat verschiedene praktische Mittel, um schnell zum Ziele zu kommen und bei einem bestimmten Schiffe oder verschiedenen Schiffen derselben Bauart ganz einfache Tabellen.

Weiß man nun, um wie viel das Schiff bei Vermehrung der Belastung noch sinken darf, so kennt man die Menge der Kubikfüße des Schiffes mit seinem inneren dazu gehörigen Raume. Wie viel nun das Wasser von demselben Rauminhalte wiegt, soviel Last kann dem Gewichte nach noch in das Schiff kommen.

Betrüge der geachte Schiffsraum 12000 Kubikfuß, und wäre 1 Kubikfuß Flußwasser 66 Pfunde schwer, so könnte die Belastung 12000 . 66 Pfunde oder 792000 Pfunde sein, und da 1 Schiffslast 2000 Pfunde beträgt, so wäre es ein Schiff von 396 Tonnen.

Da das Meerwasser wegen seines Salzgehaltes schwerer ist, als das Flußwasser, so sinkt ein Schiff bei bestimmter Belastung in jenem weniger tief ein, als in diesem.

Wenn die enormen und oft sehr tief in das Meer hinabreichenden und unregelmäßig gestalteten Eisblöcke des Polarmeeres südlicher treiben, so schmelzen sie an der Meeresoberfläche, oben auf aber lagern sich häufig auch Schneemassen. Dadurch kann es vorkommen, daß das Metazentrum unter ihren Schwerpunkt kommt, und dann schlagen sie nicht nur mit furchtbarer Gewalt um, sondern machen so bedeutend schwingende Bewegungen, daß sie benachbarten Schiffen gefährlich werden.

In der ganzen norddeutschen Niederung und noch tiefer ins flache



Land hinein liegen meist zerstreut kleinere oder größere Felsenblöcke, theils an der Oberfläche, theils unter aufgeschwemmten Erdschichten, deren genaue Untersuchung nachgewiesen hat, daß ihre eigentlichen Lagerstätten in Skandinavien gewesen sind. Diese Wanderblöcke oder erratischen Blöcke sind in früheren Bildungsepochen der Erde auf ungeheuren Eisschollen von Norden hergetrieben worden über die noch mit Wasser bedeckten Länder, bis sie durch das Schmelzen oder Stranden der Eisschollen herabfielen. Die Stelle, an welcher Gustav Adolf auf dem Schlachtfelde von Lützen fiel, ist durch einen solchen „Schwedenstein“ bezeichnet. — Auch unterhalb der Gletscher gibt es solche von diesen fortgetragene Steinmassen, die s. g. Moränenblöcke, welche auf die früher größere Ausdehnung der Gletscher schließen lassen.

Hat man einen Glaszylinder, welcher in Kubitzolle u. s. w. eingetheilt ist, so kann man durch ihn sehr leicht das Volumen des untertauchenden Theiles eines schwimmenden Körpers finden; denn die Flüssigkeit steigt um das betreffende Volumen. Kennt man das Gewicht der Raumeinheiten von der angewendeten Flüssigkeit, so hat man durch das Gewicht des beim Schwimmen des Körpers verdrängten, also gehobenen Theiles zugleich sein Gewicht. Der letztere Zweck wird auch erreicht, wenn man die verdrängte Flüssigkeit ablaufen läßt und abwägt.

Einen Körper, welcher für sich im Wasser untersänke, kann man auf doppelte Weise zu schwimmen zwingen: 1) daß man ihn mit leichteren Körpern verbindet, 2) daß man ihn aushöhlt und dabei das Eindringen des Wassers verhütet.

Rettingsboote versteht man ringsum an der Oberfläche mit einer starken Lage von Korkholz oder mit luftdichten Schläuchen, und größere Schiffe richtet man so ein, daß sie mehre einzeln abzusperrende luft- und wasserdichte Räume enthalten, so daß das Wasser, welches bei theilweiser Verletzung des Schiffes in den einen Raum dringt, von dem anderen abgehalten und das Schiff so vor dem Sinken bewahrt wird. — Will man versunkene Gegenstände, ja ganze Schiffe wieder heraufbringen, so befestigt man Tonnen oder Schläuche an sie und erfüllt diese mit Luft, die man entweder von oben durch Schläuche hineinpumpt oder auch auf chemische Weise in ihnen entwickelt.

Um große Schiffe einer Ausbesserung zu unterwerfen, oder sie über Untiefen zu schaffen, wendet man schon seit 1688 die Kameele an, d. h. man befestigt das Schiff zwischen zwei platten mit Wasser gefüllten Fahrzeugen und pumpt aus diesen das Wasser aus. — Außerdem geschieht die Ausbesserung der Schiffe in trockenen oder nassen Docks, von denen das Wasser durch Schleusen abgehalten, und zu denen es gelassen werden kann. Es versteht sich von selbst, daß man hierbei Ebbe und Fluth benützt und auch Dampfmaschinen anwendet, um störendes Wasser zu entfernen.

Ertrunkene kommen erst nach einigen Tagen an die Oberfläche und



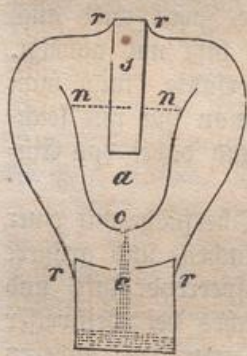
zwar je wärmer das Wasser ist, um so eher, weil erst bei der Zersetzung des Körpers sich in ihm Gasarten entwickeln.

Wenn man sich 6 bis 8 Pfunde Korkholz an der Brust anbringt, so erhält sich der ganze Oberkörper über dem Wasser. Auf den Schiffen hat man sehr verschiedenartige Vorrichtungen, um sich schwimmend zu erhalten: Schwimmgürtel, Harinsche oder Jacken, ja sogar die Sessel sah ich auf dem Erisee als Rettungsapparate eingerichtet.

Sollen Glas, Metalle u. a. schwere Körper schwimmen, so muß ihnen eine so große Aushöhlung gegeben werden, daß sie, auch mit der in ihnen etwa abgesperrten Luft leichter sind, als ein Wasserkörper von dem Volumen, welches durch die äußere Begrenzung der Körper bis zum Niveau angegeben wird.

Die Signaltonnen auf dem Meere und schiffbaren Flüssen, welche die Untiefen oder Klippen anzeigen, sind vollständig wasserdicht abgesperrt und werden durch Anker an den betreffenden Stellen festgehalten.

#### Der Wasserregulator.



(Fig. 121.)

Will man die Flüssigkeit in einem Gefäße a (Fig. 121), aus welchem ein Abfluß bei o stattfindet, in demselben Niveau nn erhalten, ohne daß ein Zufluß vorhanden ist, so kann man dies leicht auf folgende Weise erreichen. Man bringt auf der Flüssigkeit im Gefäße a ein Hohlgefäß s so zum schwimmen, daß es nur wenig eintaucht und hängt an dasselbe mittelst zweier Drähte rr unterhalb der Oeffnung o ein leeres Gefäß c, welches oben becken- oder trichterförmig gestaltet ist, um das abfließende Wasser aufzunehmen.

Die Tiefe, bis zu welcher das Gefäß s einsinkt, hängt von seinem absoluten Gewichte ab, wozu aber das der Drähte und des angehängten Gefäßes gehört. In demselben Maße, in welchem dieses zunimmt, sinkt s auch tiefer ein. Fließt Wasser nach c, so nimmt es allerdings wohl um das Gewicht desselben zu, und s sinkt um soviel dem Raume nach ein, daß das Gewicht des verdrängten Wassers gleich ist dem Gewichte des nach c gelangten. Da aber letzteres aus a gekommen ist, so kann s nur so tief sinken, daß dadurch das Niveau nn nicht geändert wird.

Diese Vorrichtung nennt man auch den Schwimmer von Prony.

#### Vom spezifischen Gewichte.

Das äußere Aussehen der Körper ist sehr oft durchaus nicht hinreichend, uns die Güte, also auch den Werth derselben erkennen zu



lassen. Man pflegt wohl zu sagen: es ist nicht Alles Gold, was glänzt, und in der That muß man nicht blos bei dem Golde, sondern auch bei sehr vielen anderen Gegenständen, z. B. Edelsteinen, tiefer gehende Kennzeichen für ihren wahren Werth aussuchen. Manche sind um so werthvoller und brauchbarer, je schwerer sie bei einem gewissen Rauminhalte sind (Salzfoolen, Säuren), andere, wie z. B. Alkohol, erlangen durch eine größere Leichtigkeit einen größeren Werth.

Es ist die Thatsache wichtig, daß die Elementarstoffe in ihrer absoluten Reinheit bei bestimmtem Volumen auch ein bestimmtes absolutes Gewicht haben; ebenso daß die Verbindung zweier oder mehrerer Stoffe, sie mögen nun chemisch oder äußerlich mit einander verbunden sein, bei bestimmtem Volumen auch ein bestimmtes Gewicht haben, wenn das Verhältniß der Antheile ein ganz bestimmtes ist.

Da das Gewicht eines Körpers die Menge seiner gleichen Massentheile in einem bestimmten Raume angibt und von ihr die Dichte des Körpers abhängt; so können wir auch sagen, daß die Güte und der Werth der Körper von ihrer Dichte abhängt.

In dieser Beziehung könnten wir zwar die Dichte irgend eines Körpers mit der irgend eines oder jedes beliebigen anderen vergleichen; man würde aber nicht zu so klarer Einsicht über das Verhältniß der Dichte aller Körper gelangen, als wenn man die Dichte eines bestimmten Körpers als Einheit für die Vergleichung zu Grunde legt.

Man hat das absolute Gewicht des reinen Wassers, als des gangbarsten Körpers, bei seiner größten Dichtigkeit, d. i. wenn es eine Temperatur von fast 4 Graden nach dem Thermometer von Celsius oder 3,2 Gr. nach Reaumur besitzt, als Einheit für die festen und tropfbaren Körper und das absolute Gewicht der trockenen atmosphärischen Luft bei 0 Gr. für alle luftigen Körper genommen. Die Zahlen, welche dann anzeigen wievielmals schwerer oder leichter irgend ein anderer Körper, als der Wasserkörper bei demselben Rauminhalte ist, heißt das spezifische Gewicht dieses Körpers. Manche legen das Gewicht des Wassers bei 9° C., wobei es fast genau die Dichte wie bei 0° hat, zum Grunde, weil diese Temperatur in den verschiedenen Jahreszeiten eher zu erlangen ist.

Das spezifische Gewicht ist also nicht allgemein das Verhältniß der absoluten Gewichte zweier ganz beliebigen Körper, sondern der eine ist ein für allemal das Wasser bei seiner größten Dichtigkeit. Wenn man unter 225 Gewichtstheile weißen Waxes 1 Gewichtstheil feinpulverisirten Zinnober gleichmäßig vertheilt, so hat die Masse das spezifische Gewicht des Wassers.

Um das spezifische Gewicht eines Körpers zu finden, muß man: 1) sein absolutes Gewicht, 2) das Gewicht eines ebenso großen Wasserkörpers aussuchen und dann berechnen, wie oft letzteres in ersterem enthalten ist.



Das Gewicht des ebenfogroßen Wasserkörpers ist gleich dem Gewichtsverluste, welchen der betreffende Körper im Wasser erleidet. Hätte eine Münze aus Platina in der Luft das Gewicht von 110 Gewichtseinheiten, im Wasser aber nur das von 105, so hätte sie im Wasser 5 verloren und dies würde auch das Gewicht des ebenfogroßen Wasserkörpers sein; also würde das spezifische Gewicht des Platinas  $\frac{110}{5} = 22$  sein. — Oder wenn ein Stückchen Bernstein in der Luft das Gewicht 2,156, in Wasser nur 0,156, also 2 verloren hätte; so wäre sein spezifisches Gewicht  $\frac{2,156}{2} = 1,078$ .

Da das Wasser bei verschiedenen Temperaturen eine verschiedene Dichte oder ein verschiedenes spezifisches Gewicht besitzt, so ist es für sehr genaue Versuche nothwendig, diese Veränderungen zu kennen. Man nimmt einen sehr genau angefertigten Zylinder von Metall, dessen Rauminhalt sich leicht berechnen läßt, und untersucht seinen Gewichtsverlust im Wasser bei verschiedenen Temperaturen. Die folgende Tabelle gibt seine spezifischen Gewichte bei den daneben stehenden Temperaturen an, wenn das Gewicht bei 4 Grad nach dem Thermometer von Celsius gleich 1 gesetzt wird.

0	0,9998918	4	1,0000000	8	0,9999044	12	0,9996117
1	0,9999536	5	0,9999950	9	0,9998497	13	0,9995080
2	0,9999717	6	0,9999772	10	0,9997825	14	0,9993922
3	0,9999920	7	0,9999472	11	0,9997030	15	0,9992647

Hieraus ergibt sich, daß Wasser von 9 Grad fast das spezifische Gewicht mit dem von 0 Grad hat. Der Umstand, daß es nicht bei 0, sondern erst bei 4 Grad seine größte Dichtigkeit besitzt, ist, wie wir später genauer werden kennen lernen, für die Oekonomie der ganzen irdischen Natur von der allergrößten Wichtigkeit.

Hätte man das spezifische Gewicht  $s$  eines Körpers mit Benutzung von Wasser bei 12 Grad Wärme gefunden, so würde es zu groß sein im Vergleiche zu dem bei 4 Graden gefundenen, weil das Gewicht des Wasserkörpers zu klein wäre und man müßte, um letzteres zu bekommen,  $s$  mit 0,9996117 multiplizieren, wenn die veränderte Ausdehnung des Körpers in dem Wasser von diesen verschiedenen Temperaturen unberücksichtigt bleiben könnte, was bei einem schnell durchgeführten Verfahren wohl geschehen kann. Wäre aber das Volumen des Körpers bei 12° durch 15, bei 4° nur durch 14 ausgedrückt, so müßte man das für 12 Grad berechnete spezifische Gewicht des Körpers noch mit  $\frac{15}{14}$  multiplizieren, um das bei 4 Graden zu erhalten, was natürlich eine größere Zahl gibt. Diese Verwandlung würde streng genommen für alle Körper nothwendig sein.



Daß man durch einen sehr genau angefertigten Metallzylinder auch das absolute Gewicht einer gewissen Raumeinheit Wasser von verschiedenen Temperaturen bestimmen kann, versteht sich wohl von selbst.

Ist das Gewicht eines Kubikzentimeters Wasser bei 4° C. ein Gramm, so zeigt folgende Tabelle das Gewicht bei den Temperaturen von 0° bis 15°.

0	0,9998918	5	0,9999950	10	0,9997825
1	0,9999536	6	0,9999772	11	0,9997030
2	0,9999717	7	0,9999472	12	0,9996117
3	0,9999920	8	0,9999044	13	0,9995080
4	1,0000000	9	0,9998497	14	0,9993922

Auch daraus ergibt sich, daß das Wasser bei 9° C. fast eben so dicht ist, wie bei 0°.

Wir wollen nun verschiedene Methoden zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes fester, tropfbarer und luftiger Körper angeben.

#### Für feste Körper.

Nachdem man mittelst einer genauen Gleichwage das absolute Gewicht des Körpers bestimmt hat, sucht man seinen Gewichtsverlust im Wasser von 4° C. und dividirt letzteren, welches bekanntlich das Gewicht des ebenso großen Wasserkörpers ist, in ersteres; der Quotient ist das gesuchte spezifische Gewicht. Es ist hierbei gleichgiltig, ob der Körper von selbst unter sinkt oder unterzutauchen gezwungen wird.

Wenn Körper vom Wasser nicht benetzt werden dürfen, so kann man aus ihnen Zylinder formen und sie in Hohlzylindern eines anderen Stoffes, in welche sie genau passen, abwägen. Von dem Gewichtsverluste beider Körper muß dann der des Hohlzylinders abgezogen werden, um das Gewicht des Wasserkörpers von derselben Größe zu bekommen.

Das spezifische Gewicht kleiner Körper kann man auch auf andere Weise bestimmen. Man nimmt ein Fläschchen, dessen Rand gut abgeschliffen ist, um es durch eine ebenso geschliffene Glasplatte zu bedecken, und so einen genau begränzten Rauminhalt zu erhalten. Diesen Raum erfüllt man mit Wasser und bringt so das Fläschchen auf einer Wage ins Gleichgewicht; dann legt man neben dasselbe den Körper und bekommt somit durch das Zulagegewicht sein absolutes Gewicht; dann thut man den Körper in das Fläschchen, wodurch Wasser verdrängt wird, welches man durch sorgfältiges Abtrocknen beseitigt, nachdem man durch die Glasplatte wieder denselben Raum gebildet hat; die nun zur Herstellung des Gleichgewichtes nothwendige Gewichtserleichterung ist das Gewicht des verdrängten Wasserkörpers von gleichem Volumen mit dem des gegebenen Körpers.

Das Fläschchen mit dem Wasser wiege 2000 Gran, mit einem dazu gelegten Diamanten 2300 Gran, also das absolute Gewicht des letzteren 300; nachdem dieser in das Fläschchen gelegt und alles über-



geflossene Wasser beseitigt worden, wiege Alles nur noch 2214,3 Gran, also ist das Gewicht des verdrängten Wassers 85,7 und das spezifische Gewicht des Diamanten  $\frac{300}{85,7}$  oder 3,5.



(Fig. 122.)

Man kann sich zu diesem Zwecke auch der von Nicholson angegebenen Senkwaage bedienen. Sie besteht aus einem ziemlich zylinderförmigen hohlen Metall- oder Glaskörper c (Fig. 122), welcher oben mittelst eines feinen Drahtes, woran ein Merkzeichen r ist, einen kleinen Teller u und unten ein Eimerchen e etwa von Drahtgeflecht trägt. Damit das Ganze im Wasser leicht in das stabile Gleichgewicht komme, ist das Eimerchen unten hinreichend, aber nur so stark beschwert, daß von c noch etwas hervorragt.

Um zuerst das absolute Gewicht des Körpers k zu erhalten, legt man ihn auf die Schale u und soviel Zulagewicht n, bis das Instrument bis zur Richte r einsinkt; dann nimmt man k weg und legt statt seiner so viel Gewicht a hinzu, bis das Instrument wieder ebenso tief einsinkt und dann ist a das absolute Gewicht des Körpers, weil in beiden Fällen das Gewicht des verdrängten Wasserkörpers dasselbe ist. Wenn nun der Körper in den Eimer gelegt und, falls er leichter als Wasser ist, darin festgemacht wird, so wird man oben nicht mehr a sondern weniger auflegen müssen, um das Instrument zum Einsinken bis wieder an die Richte zu bringen und, wenn man nun w weniger hineinlegt, so trägt dieses w das Wasser oder ist das Gewicht des Wasserkörpers von dem Volumen des k. So hat man wieder die beiden Zahlen, durch deren Division das spezifische Gewicht erhalten wird. — Daß man auch hier auf Beseitigung aller Luftblasen sehen muß, versteht sich wohl von selbst.

#### Für tropfbare Körper.

Man gelangt auf recht einfache Weise zum Ziele, wenn man ein Glasfläschchen anwendet, in welchem grade 1000 Gran reines, also von allen fremdartigen Stoffen befreites Wasser im Zustande seiner größten Dichtigkeit oder bei einer bestimmten, auf dem Fläschchen zu bemerkenden Temperatur Platz finden.

Füllt man dieses Tausendgranfläschchen mit der zu untersuchenden Flüssigkeit und wägt das Ganze ab, so darf man das in Granen ausgedrückte Gewicht derselben nur mit tausend dividiren, um das gewünschte spezifische Gewicht der neuen Flüssigkeit zu erhalten.

Wäre das Gewicht der das Fläschchen erfüllenden Salpetersäure mit dem Glase 1922 Gran, das des bloßen Glases 400 Gran, also das der Säure 1522 Gran; so wäre ihr spezifisches Gewicht



$\frac{1522}{1000} = 1,522$ . Es darf also nicht befremden, daß man das spezifische Gewicht bis auf Tausentel der Einheit genau angegeben findet.

Hätte man Schwefeläther im Fläschchen gehabt und das Gewicht des Ganzen 1115 gefunden, so wäre das des Aethers 715 Gran und sein spezifisches Gewicht  $\frac{715}{1000} = 0,715$ , also derselbe leichter als Wasser.

Man kann aber das spezifische Gewicht tropfbarer Körper auch dadurch bestimmen, daß man einen und denselben Körper, von welchem man voraussetzt, daß er ein unabänderliches Volumen besitzt, in den verschiedenen Flüssigkeiten zum Untertauchen bringt und untersucht, welches seine Gewichtsverluste sind. Er wird in der schwereren Flüssigkeit mehr verlieren, als in der leichteren, wenn er im Wasser einen gewissen Verlust erlitt. Es gilt nun das Gesetz: die Gewichtsverluste verhalten sich grade wie die spezifischen Gewichte und die Zahl, welche sagt, wie oft der Gewichtsverlust des Körpers im Wasser in dem Gewichtsverluste, den der Körper in der anderen Flüssigkeit erleidet, enthalten ist, ist das spezifische Gewicht des Körpers.

Man kann als den einzutauchenden Körper einen Glastropfen an einem Platindrahte oder einem Rosshaare wählen, letzteres, wenn es durch die Flüssigkeit nicht verletzt würde. Wenn der Tropfen in Wasser 10, in der Milch 10,3 verlöre, so wäre das spezifische Gewicht der letzteren 1,03. — Es ist vortheilhaft es so einzurichten, daß der massive Glaskörper im Wasser grade 1000 Gran verliert.

Es ließe sich aber auch mit der Nicholson'schen Wage das absolute Gewicht der verschiedenen Flüssigkeiten bei gleichem Rauminhalte angeben. Das Verhältniß dieser absoluten Gewichte ist ja, wenn die eine Flüssigkeit das Wasser ist, das spezifische Gewicht.

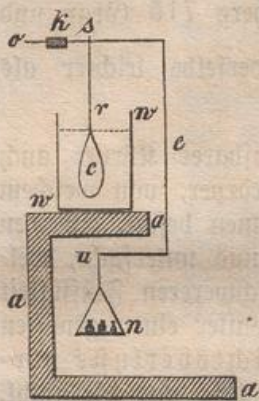
Bringt man durch verschiedene Auflagegewichte das Instrument stets so weit, daß es grade bis zur Nichte einsinkt, so verdrängt es in allen Fällen dasselbe Volumen von den Flüssigkeiten und bei jeder wird das Gewicht des verdrängten Theiles durch die Summe der Gewichte des bloßen Instrumentes in der Luft und der jedesmaligen Auflagegewichte angegeben.

Es ist auch hier zweckmäßig, das Instrument so einzurichten, daß es mit den Auflagegewichten, wenn es im Wasser bis zur Nichte einsinken soll, grade eine Gewichtseinheit, z. B. 1000 Gran, wiegt. Wiegt z. B. das Instrument in der Luft 700 Gran, muß man ihm für Wasser 300 und für Nordhäuser Schwefelsäure 1145 Gran auflegen, damit es in beiden Fällen bis zur Nichte einsinkt; so ist das spezifische

Gewicht dieser Säure  $\frac{700 + 1145}{700 + 300} = \frac{1845}{1000} = 1,845$ . — Brauchte



man im Alkohol nur 92 Gran zuzulegen, um denselben Zweck zu erreichen; so wäre sein spezifisches Gewicht  $\frac{700 + 92}{700 + 300} = \frac{792}{1000} = 0,792$ , so daß wir absoluten Alkohol hätten.



(Fig. 123.)

Eine der nicholson'schen Wage ähnliche und ganz praktische ist die Senkwaage von Tralles (Fig. 123). Auf einem Gestelle von der Gestalt *aaa* befindet sich ein Glas *ww* mit Wasser; in dieses taucht ein hohler birnförmiger Glaskörper *c* mit einem dünnen Stiele, der bei *r* ein Merkzeichen hat und oben bei *s* einen an ihn befestigten und zweimal gebogenen Draht *oeu* trägt; an dem unteren Ende *u* desselben ist eine kleine Wagschale angehängt und gegen das obere ist ein verstellbares Gewichtchen *k* angebracht, um den Apparat so zum Schwimmen zu bringen, daß er lothrecht im Wasser steht.

Für den Gebrauch bestimmt man zuerst das absolute Gewicht des ganzen Apparates einschließlich derjenigen Gewichte, welche bei *n* nothwendig sind, um ihn in Wasser von der Normaltemperatur bis zur Richte *r* einsinken zu machen. Dieses als Gewichtseinheit anzusehende Gewicht wird in das Gewicht dividirt, welches der Apparat mit anderen Zulagegewichten in der anderen Flüssigkeit hat. Der Quotient gibt das spezifische Gewicht der anderen Flüssigkeiten, weil die spezifischen Gewichte zweier Flüssigkeiten sich wie die absoluten bei gleichen Rauminhalten verhalten.

Man kann auch das spezifische Gewicht der Flüssigkeiten mit diesem Apparate ohne alle Rechnung erhalten, wenn man Gewichtstheilen anfertigt, welche Tausentel des Gesamtgewichtes des Apparates sind. Wäre das Gewicht des Apparates z. B. 610, und so, daß für das Einsinken im destillirten Wasser bis zur Richte noch 390 Gewichtstheilen erforderlich sind und man müßte, um das Einsinken bis zur Richte in einer leichteren Flüssigkeit zu bewirken, 30 Gewichtstheile herabnehmen; so wäre ihr spezifisches Gewicht 0,970. Müßte man bei einer schwereren Flüssigkeit zu den 390 Gewichtstheilen 176 zulegen, so wäre das spezifische Gewicht 1,176.

Sollte das Instrument zur Bestimmung des Werthes einer Flüssigkeit in Beziehung auf einen in ihr enthaltenen Stoff angewendet werden, z. B. zur Angabe des Alkoholgehaltes im Branntweine; so müßte man die Zulagegewichte für den betreffenden Zweck einrichten und für jedes besondere Instrument Tabellen entwerfen, theils für das mit dem Gehalte von Alkohol abnehmende spezifische Gewicht, theils für die veränderlichen Temperaturen.



Die Bestimmung des spezifischen Gewichts mancher Körper mittelst ihrer Abwägung in Wasser ist dann unstatthaft, wenn der betreffende Körper in dem Wasser sich auflöst. Man ist also genöthigt, seinen Gewichtsverlust in einer anderen Flüssigkeit, in welcher er sich nicht auflöst, z. B. in Alkohol oder in Del, und deren spezifisches Gewicht bekannt ist, zu bestimmen. Dadurch hat man das Mittel gefunden, den Gewichtsverlust des Körpers in Wasser zu berechnen; denn die Gewichtsverluste eines bestimmten Körpers, die er in verschiedenen Flüssigkeit erleidet, verhalten sich wie die spezifischen Gewichte. Verlore ein Stückchen Steinsalz, welches ein absolutes Gewicht von 1632 Gran besitzt, in Rüböl 700 Gran, und wäre das spezifische Gewicht des Rüböls 0,919; so würde es heißen:

Es verhält sich das spezifische Gewicht des Rüböls zu dem des Wassers wie der Gewichtsverlust des Körpers in jenem zu dem in diesem, oder  $0,919 : 1 = 700 : x$ , woraus  $x = \frac{700}{0,919} = 761,7$  sich ergibt.

Nun weiß man den Gewichtsverlust des Steinsalzes im Wasser (761,7 Gran), das absolute Gewicht des ersteren (1632 Gran), folglich ist das spezifische Gewicht des Steinsalzes  $\frac{1632}{761,7} = 2,142$ .

Statt dessen könnte man auch berechnen, wie vielmal dichter das Steinsalz als das Rüböl ist, was  $\frac{1632}{700} = 2,331$  gibt und nun diese Zahl mit dem spezifischen Gewichte des Oeles (0,919) multiplizieren, woraus auch 2,142 sich ergibt.

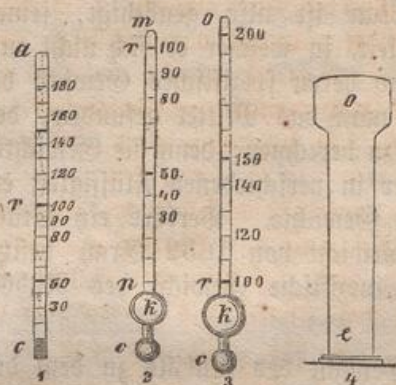
Endlich hat man noch Instrumente zur Bestimmung der Dichtigkeit von Flüssigkeiten, welche sich auf das Gesetz gründen:

Die spezifischen Gewichte von Flüssigkeiten verhalten sich wie umgekehrt die Räume, um welche ein Körper von bestimmtem absoluten Gewichte in sie einsinkt.

Dieses Gesetz ist als richtig leicht zu erkennen, wenn man zunächst festhält, daß das absolute Gewicht von einem passiv auf einer Flüssigkeit schwimmenden Körper gleich ist dem absoluten Gewichte der von ihm aus dem Wege gedrängten Flüssigkeit, daß also, wenn derselbe Körper nach einander auf zwei verschiedenen Flüssigkeiten schwimmt, die Gewichte beider verdrängten Flüssigkeiten einander gleich sind. Wenn das Instrument in der einen Flüssigkeit um 6 Raumtheile einsinkt und das Gewicht jedes Raumtheiles der Flüssigkeit 2 ist; so wird, wenn das Instrument in der anderen Flüssigkeit nur um 3 Raumtheile einsinkt, das Gewicht jedes Raumtheiles dieser Flüssigkeit das Doppelte



oder 4 sein müssen. ( $6:3 = 4:2$ ). Die darauf gegründeten Instrumente heißen Skalen-Äräometer.



(Fig. 124.)

Hat man eine überall gleich weite Glasröhre  $ac$  (Fig. 124), welche bei  $c$  mit soviel Quecksilber oder Schrotkörnern versehen ist, daß sie beim Eintauchen ins Wasser etwa bis  $r$  einsinkt; so bezeichnet man diesen Punkt mit 100, theilt die Röhre von da an herab bis ans Ende in 100 gleiche Theile und trägt dergleichen auch von  $r$  an aufwärts auf. In einer Flüssigkeit, die spezifisch schwerer ist als Wasser, wird das Instrument nicht bis  $r$  einsinken, in einer leichteren aber tiefer, und man kann durch eine einzige Beobachtung bestimmen, welches das Verhältniß des Rauminhaltes einer anderen Flüssigkeit zu dem des Wassers bei gleichem absoluten Gewichte ist, wodurch das spezifische Gewicht als bekannt angenommen werden kann.

Sänke z. B. das Instrument nur bis 74 ein, so wäre das spezifische Gewicht der Flüssigkeit  $\frac{100}{74} = 1,351\dots$  Ginge es aber bis

140 hinab, so wäre es  $\frac{100}{140} = 0,714285$ . Im ersten Falle wiegen 74, im zweiten 140 Raumtheile der Flüssigkeit soviel als 100 Raumtheile Wasser und man muß jedesmal die Anzahl der beobachteten Skalentheile in 100 dividiren, um das spezifische Gewicht  $s$  zu finden.  $\frac{100}{x} = s$ . Der Gebrauch des Instruments ist vereinfacht, wenn man ein für allemal die Division für jede Theilungszahl ausführt. — Aus  $\frac{100}{x} = s$  ergibt sich  $\frac{100}{s} = x$ , d. h. man findet die Menge der Skalentheile, wenn man das spezifische Gewicht in 100 dividirt.

Man nimmt statt der stabförmigen Röhren lieber solche,  $mn$  oder  $or$ , an denen unten eine etwas größere Kugel oder ein weiterer Zylinder  $k$  angeblasen ist, woran sich eine kleinere  $c$  mit Quecksilber befindet, damit das Rohr schneller und besser ins stabile Gleichgewicht komme und setzt den mit 100 bezeichneten Wasserpunkt zur Messung für leichtere Flüssigkeiten ganz unten hin ( $or$ ), für schwere aber oben ( $mn$ ), was durch weniger oder mehr Quecksilber in  $c$  leicht erreicht werden kann. Sollte ein Instrument beiden Zwecken dienen, so würde es wegen seiner größeren Länge unbequem und zerbrechlicher sein. Uebrigens läßt



sich das Quecksilber durch das Zusammenschmelzen des Glases zwischen c und k in c leicht absperrern; es kann aber auch zu einem in dem Innern des Instrumentes enthaltenen Thermometer verwendet werden, um gleichzeitig die Temperatur der Flüssigkeit, welche das spezifische Gewicht abändert, zu wissen.

Weil mit Benutzung des von dem Instrumente verdrängten Volumens der Flüssigkeiten ihr spezifisches Gewicht bestimmt wird, so heißt es auch Volumeter.

Um für leichtere Flüssigkeiten als Wasser die Skale zu erhalten, taucht man (Gay-Lussac) es in eine Mischung aus Wasser und Alkohol, welche genau das spezifische Gewicht von 0,8 oder 80 Hunderteln hat, setzt an den Wasserpunkt 100; an den Punkt, bis zu welchem es in der Mischung einsinkt 125, weil  $\frac{1}{10} = \frac{10}{100}$  ist, so daß man die Entfernung dieser beiden Punkte nur in 25 gleiche Theile zu theilen und dergleichen weiter aufwärts anzugeben braucht.

Für schwere Flüssigkeiten bereitet man sich ein Gemisch, z. B. aus Wasser und Schwefelsäure, welches genau das spezifische Gewicht 1,25 besitzt, taucht das Instrument in dasselbe und bezeichnet den Punkt mit 80, wenn der darüber liegende Wasserpunkt die Ziffer 100 trägt; denn  $\frac{100}{80}$  ist gleich 1,25. Der Raum zwischen den beiden Punkten wird natürlich in 20 gleiche Theile getheilt und solche Theile werden weiter abwärts aufgetragen. Damit die Grade für schwere Flüssigkeiten nicht zu klein ausfallen, macht man die Röhren für sie dünner.

Wären die Röhren nicht überall gleich dick, so würde ihre Einteilung erschwert, weil man mehre Punkte durch ähnliche Versuche bestimmen müßte.



(Fig. 125.)

Beaumé bestimmte für sein Volumeter die Skale auf eine andere Weise. Er setzte für schwerere Flüssigkeiten oben an den Wasserpunkt a Null (Fig. 125), tauchte das Instrument in eine Lösung von 3 Theilen reinen Kochsalzes in 17 Theilen Wasser und setzte an den Punkt b, bis zu welchem es einsank, 15. Solche Fünfzehntel der Normalentfernung wurden weiter abwärts aufgetragen. — Für leichtere Flüssigkeiten setzte er den Nullpunkt unten dahin, bis wohin das Instrument in einer Lösung von 1 Theile Kochsalz in 9 Theilen Wasser einsank und an den Wasserpunkt darüber 10. Die Zehntel dieser Entfernung werden weiter aufwärts aufgetragen. Man nennt diese Theile in beiden Fällen Grade; ihr Werth aber wird erst durch Vergleichung mit dem spezifischen Gewichte der Flüssigkeiten gefunden, so daß der Gebrauch des Instrumentes

dadurch sehr beeinträchtigt wird, indem es unmittelbar weder das spezifische Gewicht, noch den Prozentgehalt einer Flüssigkeit angibt.



Ganz besonders wichtig fürs praktische Leben sind die Aräometer zur Bestimmung des Alkoholgehaltes in einer Mischung aus Wasser und Spiritus, oder die Alkoholometer. Die Mischung ist natürlich um so besser, je leichter sie ist. Das spezifische Gewicht des reinen (absoluten) Alkohol ist 0,7939. Die hierher gehörigen Untersuchungen werden dadurch erschwert, daß das spezifische Gewicht der Mischung nicht unmittelbar den Antheil des Alkohol in ihr angibt, weil bei der Verbindung beider eine Raumverminderung stattfindet, die nicht in gleichem Verhältnisse mit dem Antheile des Alkohol steht. Wenn man in einer überall gleichweiten Röhre 15 Zoll destillirtes Wasser hat und dazu 15 Zoll reinen Alkohol gießt, so hat man nach ihrer Vermischung die Röhre nicht bis auf 30 Zolle gefüllt, sondern nur etwa auf 29 $\frac{1}{2}$ .

Eine Mischung aus Wasser und Alkohol wird stets ein spezifisches Gewicht haben, welches zwischen 1 und 0,7939 liegt, aber größer ist als das arithmetische Mittel, welches man aus dem Mischungsverhältnisse berechnet; also z. B. ein Gemisch aus gleichen Raumtheilen von Wasser und absolutem Alkohol hat nicht das spezifische Gewicht 0,8969, sondern wegen seiner Raumverminderung ein größeres (0,9335). Wenn man nun, um die Skale zu erhalten, welche die Volumen-Prozente des Alkohol unmittelbar angibt, an den Wasserpunkt 0, an den Punkt des absoluten Alkohol 100 setzt; so darf man diese Entfernung nicht in gleiche Theile theilen, weil sie nach dem Nullpunkte abnehmen müssen, sondern müßte sie besonders ermitteln.

Da die Temperatur auf das spezifische Gewicht des Wassers, des Weingeistes und eines Gemisches aus ihnen von sehr wesentlichem Einflusse ist, so muß man entweder die zu untersuchenden Mischungen auf eine gewisse Temperatur bringen, die man ohne große Umstände zu allen Jahreszeiten erlangen kann und bei ihr die Skale des Instrumentes anfertigen, so daß sie auch nur bei der betreffenden Temperatur brauchbar ist, oder man muß Tabellen zuziehen, welche bei der zufällig während der Messung vorhandenen Temperatur des Gemisches und dem gefundenen spezifischen Gewichte den Alkoholgehalt desselben angeben. —

Als eine solche Temperatur ist von Tralles 12,44° R. = 15,55..° C. gewählt worden, weil man sie im Winter in einer geheizten Stube, im Sommer durch Hineinsetzen in frisches, aus tiefen Brunnen oder guten Kellern kommenden Wasser leicht erhalten kann. Das spezifische Gewicht des Wassers bei dieser Temperatur ist 0,9991, das des absoluten Alkohol 0,7939.

Die folgende Tabelle enthält dazwischen fallende spezifische Gewichte mit der Anzahl der Maße reinen Alkohols, welche in 100 Maßen Mischung enthalten sind, also die Prozente des Alkohol.



0,9991	0	0,9583	35	0,8892	70
0,9919	5	0,9510	40	0,8765	75
0,9857	10	0,9427	45	0,8631	80
0,9802	15	0,9335	50	0,8488	85
0,9751	20	0,9234	55	0,8332	90
0,9700	25	0,9126	60	0,8157	95
0,9646	30	0,9013	65	0,7939	100

Wenn das Instrument bei  $12\frac{1}{2}^{\circ}$  R. eines Gemisches das spezifische Gewicht 0,8765 angibt, so sind in 100 Maß solchen Weingeistes 75 Maß absoluten Alkohols vom spezifischen Gewichte 0,7939 enthalten. Es ist das Instrument ein Umfangsprozenten-Aräometer.

Die Differenz der spezifischen Gewichte für 75 und 80 Prozent Alkohol ist  $0,8765 - 0,8631 = 0,0134$ ; also kommt auf 1 Prozent davon der fünfte Theil, d. i. 0,0027. Wäre also das spezifische Gewicht 0,8792 gefunden worden, so wäre 1 Prozent Alkohol mehr oder 76 Prozent.

Zur Vermeidung von Rechnungen ist die folgende vollständige Tabelle entworfen.

1	0,9976	26	0,9689	51	0,9315	76	0,8739
2	0,9961	27	0,9679	52	0,9295	77	0,8712
3	0,9947	28	0,9668	53	0,9275	78	0,8685
4	0,9933	29	0,9657	54	0,9254	79	0,8658
5	0,9919	30	0,9646	55	0,9234	80	0,7631
6	0,9906	31	0,9634	56	0,9213	81	0,8603
7	0,9893	32	0,9622	57	0,9192	82	0,8575
8	0,9881	33	0,9609	58	0,9170	83	0,8547
9	0,9869	34	0,9596	59	0,9148	84	0,8518
10	0,9857	35	0,9583	60	0,9126	85	0,8488
11	0,9845	36	0,9570	61	0,9104	86	0,8458
12	0,9834	37	0,9556	62	0,9082	87	0,8428
13	0,9823	38	0,9541	63	0,9059	88	0,8397
14	0,9812	39	0,9526	64	0,9036	89	0,8365
15	0,9802	40	0,9510	65	0,9013	90	0,8332
16	0,9791	41	0,9494	66	0,8998	91	0,8299
17	0,9781	42	0,9478	67	0,8965	92	0,8265
18	0,9771	43	0,9461	68	0,8941	93	0,8230
19	0,9761	44	0,9444	69	0,8917	94	0,8194
20	0,9751	45	0,9427	70	0,8892	95	0,8157
21	0,9741	46	0,9409	71	0,8867	96	0,8118
22	0,9731	47	0,9391	72	0,8842	97	0,8077
23	0,9720	48	0,9373	73	0,8817	98	0,8034
24	0,9710	49	0,9354	74	0,8791	99	0,7988
25	0,9700	50	0,9335	75	0,8765	100	0,7939



Um Alkoholometer für den Gebrauch im Handel und auch für das Maß der Besteuerung anzufertigen, muß man die Skale so einrichten, daß sie unmittelbar durch die Punkte, bis zu welchen sie jedesmal einsinkt, die Prozente an reinem Alkohol angibt.

Die folgende Tabelle gibt in der ersten Reihe die Menge der Skalentheile an, bis zu welchen das Instrument einsinkt, die zweite die dazu gehörigen Prozente des Alkohols.

9	0	321	26	735	51	1443	76
24	1	332	27	758	52	1478	77
39	2	344	28	782	53	1514	78
54	3	355	29	806	54	1550	79
68	4	367	30	830	55	1587	80
82	5	380	31	854	56	1624	81
95	6	393	32	879	57	1662	82
108	7	407	33	905	58	1701	83
121	8	420	34	931	59	1740	84
133	9	434	35	957	60	1781	85
145	10	449	36	984	61	1823	86
157	11	465	37	1011	62	1866	87
169	12	481	38	1039	63	1910	88
180	13	498	39	1067	64	1955	89
191	14	515	40	1096	65	2002	90
202	15	533	41	1125	66	2050	91
213	16	551	42	1154	67	2099	92
224	17	569	43	1184	68	2150	93
235	18	588	44	1215	69	2203	94
245	19	608	45	1246	70	2259	95
256	20	628	46	1278	71	2318	96
266	21	648	47	1310	72	2380	97
277	22	669	48	1342	73	2447	98
288	23	690	49	1375	74	2519	99
299	24	712	50	1409	75	2597	100
310	25						

Um diese Eintheilung auf dem Aräometer zu erhalten, stellt man es zuerst in reines Wasser von  $12\frac{1}{2}^{\circ}$  R. und bemerkt sich den Punkt, bis zu welchem es einsinkt, genau; dann stellt man es in eine Mischung aus Wasser und Alkohol von derselben Temperatur und einem genau ermittelten spezifischen Gewichte und bemerkt wieder den erhaltenen Punkt. Die vorletzte Tabelle gibt die Prozente des Alkohol bei dem betreffenden spezifischen Gewichte und die letzte Tabelle die Menge der Theile an, in welche man die Entfernung der beiden Normalpunkte eintheilen hat.



Wenn beispielsweise das spezifische Gewicht der Mischung bei  $12\frac{1}{2}^{\circ}$  R. gleich 0,8817, das des Wassers bei derselben Temperatur 0,9991 ist; so gehören nach der vorletzten Tabelle zu jenem 73 Prozent Alkohol, denn zu 0,8892 gehören 70, zu 0,8765 gehören 75 Prozent, also kommt auf jedes Prozent der fünfte Theil des Unterschiedes  $(0,8892 - 0,8765) = 0,0127$ , d. i. 0,0025. Nun ist aber der hier zur Sprache kommende Unterschied  $0,8892 - 0,8817 = 127$  das Dreifache des für ein Prozent geltenden, also ist der zum spezifischen Gew. 0,8817 gehörige wirklich 73. Bei 73 steht in der letzten Tabelle 1342, bei dem reinen Wasser 9; also muß die Entfernung unserer beiden Normalpunkte in  $1342 - 9$ , d. i. in 1333 Theile getheilt werden.

Um ein genaues Instrument für richtige Resultate zu erhalten, muß die Spindel genau zylindrisch und dünn sein, die Temperatur muß genau die oben angegebene sein, es dürfen Luftbläschen am Instrumente nicht hängen und dasselbe muß in der Flüssigkeit frei schweben, es darf dabei nicht tiefer hinein bewegt werden, als daß er nur grade eintaucht und die Flüssigkeit muß sich ringsum gleichmäßig herausziehen. Beim Ablesen hält man zuerst das Auge etwas unter den Spiegel der Flüssigkeit und erhebt es grade nur so weit, daß die untere Spiegelung verschwindet.

Außer den Alkoholometern hat man noch viele Spindeln zu ganz besonderen Zwecken, z. B. die Salzpindeln, um den Salzgehalt einer Salzsoole zu bestimmen. Ein Gewichtsprozenten-Äräometer für diesen Zweck erhält man, wenn man 1 Gewichtstheil Salz in 99 Theilen Wasser, 2 Theile Salz in 98 Theilen Wasser u. s. w. auflöst und an die Punkte, bis zu denen das Instrument einsinkt, nach der Reihe 1, 2, 3 u. s. w. setzt. Die Zwischenpunkte lassen sich leicht ergänzen. Der Nullpunkt ist natürlich als der Wasserpunkt der oberste.

Sollen eingefalgene Heringe nicht leicht verderben, so muß die dazu angewendete Salzlake eine bestimmte Konzentration haben. Für die praktischen Zwecke hat man kleine Glaskugeln angefertigt, welche darin zum Schwimmen gebracht sind und nur dienen sie zur Prüfung für alle Fälle dieser Art.

Ähnliche Spindeln hat man für Weine, für Säuren, wie z. B. für Schwefelsäure, Salpetersäure, für Zuckerlösungen (Sacherometer), wofür aber auch die Lichtbrechung Kennzeichen angibt, für den Most, um namentlich seinen Zuckergehalt zu bestimmen, selbst für Bier und Milch, wozu diese Instrumente aber nicht maßgebende Hilfsmittel sind; denn beim Biere hat sich aus dem Malze Malzzucker entwickelt, letzterer aber sich theils in Weingeist, theils in Kohlenensäure verwandelt, welche größtentheils entweicht; aber der Gummi- und Zuckergehalt vergrößert und der Weingeist verkleinert das spezifische Gewicht. Da letzterer das Vermögen, das Licht zu brechen, vergrößert, so kann die Bestimmung des spezifischen Gewichtes in Verbindung mit dem Licht-



brechungsvermögen zur Ermittlung der Güte des Bieres angewendet werden. — Bei der Milch lassen sich Verfälschung weniger durch ihr spezifisches Gewicht, als durch ihr Aussehen und den Geschmack beurtheilen.

#### Für luftige Körper.

Es gehören hierher nicht bloß die eigentlichen Luftarten, sie mögen einfache, wie Sauerstoff, oder zusammengesetzte, wie die atmosphärische Luft sein, sondern auch die Dämpfe aus tropfbaren und festen Körpern. In der Wirklichkeit müssen wir für jetzt allerdings noch den Unterschied zwischen Gasen und Dämpfen festhalten.

Es gibt nämlich luftige Körper, welche, wie der Sauerstoff, der Wasserstoff, der Stickstoff, die atmosphärische Luft, unter allen bis jetzt bekannten Umständen den Zustand des Luftigen beibehalten; andere hat man dadurch, daß man sie abkühlte und einem bedeutenden Drucke aussetzte, nicht nur tropfbar, sondern zum Theil gar fest gemacht, wie das kohlenfaure Gas (bei einem 36mal größeren Drucke, als ihn die Atmosphäre ausübt und 0° Temperatur), Stickstoffoxydulgas (welches 88° Kälte hat), ölbildendes Gas, Schwefelwasserstoffgas, Fluorkieselsäuregas (hat — 110° C. bei 9fachem Drucke). Die Dämpfe aber lassen sich durch Abkühlung und eine nicht so bedeutende Vermehrung des auf sie ausgeübten Druckes alle tropfbar und fest machen.

a) Zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes der Gase nimmt man das absolute Gewicht der atmosphärischen Luft als Einheit an, so daß das spezifische Gewicht der anderen Gase die Zahl ist, welche anzeigt, wie vielmal schwerer oder leichter die betreffende Gasart ist.

Man verwendet zur Abwägung eine große Glasugel, welche durch einen Hahn gut abgesperrt werden kann. Zuerst wird durch eine Luftpumpe die atmosphärische Luft herausgeschafft und die leere Uugel abgewogen; dann läßt man Luft hinein, welche man dadurch ganz ausgetrocknet hat, daß sie mit Chlorcalcium in Berührung war. Das beim jetzigen Abwägen nothwendige Mehrgewicht ist das absolute Gewicht der eingeschlossenen atmosphärischen Luft. Auf dieselbe Weise füllt man die Uugel nach und nach mit den anderen Luftarten und bekommt so ihre absoluten Gewichte bei gleichem Rauminhalte. Wenn man nun mit dem absoluten Gewichte der atmosphärischen Luft in das der anderen Luftarten, die auch trocken untersucht werden müssen, dividirt, so sind die Quotienten die spezifischen Gewichte. Wäre z. B. das Gewicht der atmosphärischen Luft 120, das der anderen Luftart 132,6 Gran; so wäre ihr spezifisches Gewicht  $\frac{132,6}{120} = 1,105$ , wie es beim Sauerstoffe ist. Wäre dagegen das Gewicht der anderen Luftart 8,3 Gran, so würde ihr spezifisches Gewicht  $\frac{8,3}{120} = 0,069$  sein, wie es beim Wasserstoffe ist.



Um ganz genaue Resultate zu erhalten, müssen die verschiedenen Gase bei derselben Temperatur und einem bestimmten mittleren Luftdrucke abgewogen werden. Damit ferner beim Abwägen der großen Glasfugel mit den Gasen der veränderte Zustand der dieselbe umgebenden Luft mit ihrer Feuchtigkeit keinen Einfluß üben könne, nimmt man zum Abwägen auf der anderen Seite nicht Gewichte, sondern auch eine Glasfugel von derselben Größe und Glasorte, die man durch etwas Quecksilber gleichgewichtig macht.

Man könnte das spezifische Gewicht der Luftarten zwar auch auf das Gewicht des Wassers als Einheit beziehen, die Zahlen würden aber nicht so leicht übersichtlich sein, weil sie zu kleine Brüche wären.

Das Wasser bei seiner größten Dichtigkeit in dem angefüllten Glasballon wiege 1000 Gran, mit trockener Luft bei  $0^{\circ}$  und mittlerem Drucke gefüllt wiege er 1,293 Gran mehr, als wenn er luftleer wäre: dann ist das spezifische Gewicht der Luft  $\frac{1,293187}{1000} = 0,001293187$ .

Demnach ist die atmosphärische Luft  $\frac{1}{0,001293} = 772,8$  mal leichter, als das Wasser. Da nun ein Kubikfuß atmosphärische Luft  $2\frac{1}{4}$  Loth wiegt, so hat die ganze Atmosphäre ohne Dünste ein Gewicht von etwa 120 Billionen Zentnern.

Um zu untersuchen, ob es mit den vorhandenen Mitteln gelingt, den Glasball immer luftleer zu machen, muß man nach der vermeintlichen Entleerung ihn mit der Mündung unter Wasser öffnen und nachsehen, ob er durch das Wasser vollständig erfüllt wird, was dann geschieht, wenn er vollständig leer war. Wäre es nicht der Fall, so müßte der übrige Raum bei den obigen Betrachtungen in Abrechnung kommen.

Das spezifische Gewicht der atmosphärischen Luft läßt sich auch mit Benutzung des Barometers finden. Ist nämlich bei  $15^{\circ}$  R. Wärme der Barometerstand am Meerespiegel 28 Zoll oder 336 Linien und in einer Höhe von 73 Fuß darüber nur 335 Linien, so stehen nach dem Gesetze der kommunizirenden Gefäße die Höhestände der beiden Flüssigkeiten, nämlich des Quecksilbers und der Luft, die einander das Gleichgewicht halten, im umgekehrten Verhältnisse mit ihren spezifischen Gewichten; also  $1'' : 73' = x : 13,597$  oder  $1' : 10512 = x : 13,597$  und somit das spezifische Gewicht  $x$  von der Luft gleich 0,00129, wobei das Wasser die Einheit ist. Unter den obigen Annahmen ist die Dichtigkeit der Luft an der Erdoberfläche der 0,000095ste Theil von der des Quecksilbers und der 0,00029ste von der des Wassers, wobei die Dichtigkeit in der Schicht von 73 Fuß Höhe als eine sich gleichbleibende angesehen wird, was streng genommen zwar nicht der Fall ist, aber von der Wahrheit wenig abführt.

b) Obwohl die Betrachtungen von dem spezifischen Gewichte der



Dämpfe verschiedener Körper erst in der Wärmelehre ihre vollständige Erledigung finden können, mögen hier doch schon einige Bemerkungen angeschlossen werden. Der Dampf des Wassers, wie er sich aus dem kochenden Wasser bei einem mittleren Drucke (76 Zentimeter) der atmosphärischen Luft entwickelt, hat ein spezifisches Gewicht von 0,6225, wenn das Gewicht der atmosphärischen Luft von derselben Temperatur, als Einheit angenommen wird. Dies gilt für alle Temperaturen der Luft und des Dampfes, wenn er bei derselben Temperatur den betreffenden Raum erfüllt, so daß mehr darin nicht Platz findet und wenn beide dieselbe Druckkraft oder Expansivkraft haben.

Das spezifische Gewicht des Wasserstoffgases bei 0° Temperatur und dem obigen mittleren Luftdrucke ist 0,069, das des Sauerstoffgases 1,105. Obwohl 2 Maß Wasserstoff und 1 Maß Sauerstoff zur Bildung von Wasser gehören, so geben sie in ihrer Verbindung doch nur 2 Maß Wasserdampf von gleicher Temperatur und Spannkraft und man muß daraus schließen, daß das Wasserstoffgas im Wasserdampfe das doppelte spezifische Gewicht hat, also  $2 \cdot 0,069 = 0,138$  und daß 1 Maß Wasserstoff von dem spezifischen Gewichte 0,138 und 1 Maß Sauerstoff von dem spezifischen Gewichte 0,105 zusammen Wasserdampf mit dem spezifischen Gewichte  $\frac{0,138 + 1,105}{2} = \frac{1,243}{2} = 0,622$

geben, was mit der obigen Angabe stimmt.

Wir wollen nun das spezifische Gewicht von einer Reihe fester, tropfbarer und luftiger Körper im Zustande ihrer Reinheit und Güte angeben. Für die festen und tropfbaren Körper ist das Wasser die Einheit, für die luftigen Körper aber die atmosphärische Luft.

#### Feste Körper.

Platin, gereinigt . . . . .	22,100	Zink, gehämmert . . . . .	7,861
" gegossen . . . . .	20,857	" gegossen . . . . .	7,213
Gold, gehämmert . . . . .	19,334	Zinn, gewalzt . . . . .	7,475
" gegossen . . . . .	19,258	" gegossen . . . . .	7,291
Blei . . . . .	11,445	Arsenik . . . . .	5,628
Silber, gehämmert . . . . .	10,566	Diamant . . . . .	3,550
" gegossen . . . . .	10,474	Glas, Frauenhofers Flint-	3,779
Kupfer, gehämmert . . . . .	9,000	" englisches Flintglas	3,442
" gegossen . . . . .	8,788	" Krystall . . . . .	2,892
Messing, gegossen . . . . .	8,440	Marmor . . . . .	2,837
Argentän . . . . .	8,553	Berlen . . . . .	2,750
Gußstahl . . . . .	7,919	Quarz . . . . .	2,654
Stabeisen . . . . .	7,844	Gyps, krystallfirt . . . . .	2,311
Stahl . . . . .	7,795	Schwefel . . . . .	2,033
Eisen, geschmiedet . . . . .	7,788	Elfenbein . . . . .	1,917
" gegossen . . . . .	7,207	Thon . . . . .	1,900



Phosphor . . . . .	1,770	Eichenholz, altes . . . . .	1,170
Reide . . . . .	1,797	Hainbuchen, trocken . . . . .	0,769
Bernstein . . . . .	1,078	Rothtannen, trocken . . . . .	0,498
Wachs, weißes . . . . .	0,969	Binden, trocken . . . . .	0,439
Eis . . . . .	0,885	Pappelholz . . . . .	0,338
Ebenholz . . . . .	1,226	Korkholz . . . . .	0,240
Mahagonyholz . . . . .	1,060		

## Tropfbare Körper.

Quecksilber . . . . .	13,597	Burgunderwein . . . . .	0,992
Schwefelsäure, Nordhäuser . . . . .	1,896	Thran . . . . .	0,927
englische . . . . .	1,845	Baumöl . . . . .	0,919
Salpetersäure . . . . .	1,522	Terpentinöl . . . . .	0,872
Salzsäure . . . . .	1,192	Zitronenöl . . . . .	0,852
Madeirawein . . . . .	1,038	Erdöl . . . . .	0,840
Milch . . . . .	1,030	Alkohol, absoluter . . . . .	0,792
Meerwasser . . . . .	1,027	Schwefeläther . . . . .	0,715
Malaga . . . . .	1,022	Blausäure . . . . .	0,705

## Luftige Körper.

## Gase.

Jodwasserstoff . . . . .	4,429	Stickstoffoxydgas . . . . .	1,04
Ehlogas . . . . .	2,422	Salpetergas . . . . .	1,04
Flußsäure . . . . .	2,370	Stickstoff . . . . .	0,972
Schweflige Säure . . . . .	2,247	Nelbildendes Gas . . . . .	0,971
Stickstoffoxydulgas . . . . .	1,53	Phosphorwasserstoff . . . . .	0,92
Kohlensäure . . . . .	1,529	Ammoniakgas . . . . .	0,597
Salzsaures Gas . . . . .	1,25	Kohlenwasserstoff . . . . .	0,56
Schwefelwasserstoff . . . . .	1,19	Wasserstoff . . . . .	0,069
Sauerstoff . . . . .	1,103		

## Dämpfe.

Jod . . . . .	8,718	Schwefelkohlenstoff . . . . .	2,645
Quecksilber . . . . .	6,976	Salpeteräther . . . . .	2,586
Terpentinöl . . . . .	5,013	Alkohol . . . . .	1,614

Die Betrachtungen von dem spezifischen Gewichte der Körper können noch auf verschiedene Weise nutzbar gemacht werden. Man kann nämlich von den drei Stücken 1) dem Rauminhalt oder Volumen  $v$ , 2) dem spezifischen Gewichte  $s$ , 3) dem absoluten Gewichte  $a$  jedes finden, wenn die beiden anderen gegeben sind.

Weiß man das Gewicht einer Volumeneinheit von reinem Wasser, z. B. das Gewicht von einem Kubikfuß, welches nach preussischem



Gewichte 66 Pfunde, nach österreichischem 56 Pfunde 12 Loth, nach badenschem 54 Pfunde beträgt; so läßt sich daraus mittelst des spezifischen Gewichtes eines Körpers nun auch das absolute Gewicht derselben Raumeinheit als Produkt berechnen.

Ist das spezifische Gewicht des Granits 2,956, so wiegt ein Kubikfuß Granit 2,956 mal 66 Pfunde oder 195,096 Pfunde.

Ist das spezifische Gewicht des Quecksilbers 13,597, so wiegt ein Kubikfuß 13,597 . 66 Pfunde = 897,402 Pfunde.

Ist das spezifische Gewicht des Chlorgases 2,47 und wiegt ein Kubikfuß atmosphärische Luft  $2\frac{1}{4}$  Loth, so wiegt ein Kubikfuß Chlorgas  $2,47 \cdot 2\frac{1}{4}$  Loth oder 5,56 Loth.

Nun ist das absolute Gewicht irgend eines Körpers von bekanntem Volumen und spezifischem Gewichte ein Produkt aus letzteren, da  $a = v \cdot s$ , was man namentlich zur Bestimmung des Gewichtes großer Massen anwendet, die man unmittelbar nicht wägen kann.

Es fragt sich z. B., welche Transportmittel müßte man anwenden, um einen Granitblock (einen Würfel, eine Säule u. dergl.) fortzuschaffen, wenn sein Rauminhalt 100 Kubikfuß betrüge? Offenbar würde er  $100 \cdot 195,096 = 19509,6$  Pfunde wiegen, wornach die Mittel zu bemessen wären.

Wäre das Volumen eines eisernen Balkens (aus Querschnitt und Länge bestimmbar) 20000 Kubikzentimeter, so wäre sein absolutes Gewicht  $7,2 \times 20 = 144$  Kilogramm, indem eine Wassermasse von demselben Volumen 20 Kilogramme wiegt. (1000 Kubikmeter wiegen 1 Kilogramm.)

Auch ließe sich mit Benutzung des obigen Ausdrucks sehr leicht der Rauminhalt irgend eines Gefäßes finden, wenn die unregelmäßige Form eine geometrische Bestimmung nicht leicht gestattete. Man braucht bloß die Anzahl von Pfunden, um welche es beim Füllen mit Wasser schwerer wird, durch das Gewicht von 1 Kubikfuß Wasser zu dividiren; der Quotient gibt die Anzahl der Kubikfüße des Inhaltes an.

Ist der Rauminhalt irgend eines festen Körpers, dessen absolutes und spezifisches Gewicht man kennt, zu bestimmen, so würde man auf folgende Weise schließen:

Wiegt ein Körper (z. B. aus Marmor) 112 Pfunde, ist das spezifische Gewicht desselben 2,8; so würde sein Volumen 2,8 mal größer sein, wenn er aus Wasser bestände. Es wiegt daher ein gleich großer Wasserkörper nur  $\frac{112}{2,8} = 40$  Pfunde und das Volumen des Körpers beträgt so oft 1 Kubikfuß, wie oft das Gewicht von 1 Kubikfuß Wasser in 40 Pfunden enthalten ist; hier also ist das Volumen des Körpers  $\frac{40}{60} = \frac{2}{3}$  Kubikfuß.