

Begriff und Einteilung der Chemie.

Die Chemie beschäftigt sich mit der Erforschung der Zusammensetzung der uns umgebenden Welt. Sie bildet daher einen Zweig der Naturwissenschaften. Die Ermittlung der Stoffe, aus denen sich die Welt aufbaut, erschöpft aber ihre Aufgabe nicht, vielmehr gehört dazu auch die Kenntnis der Eigenschaften dieser Substanzen und die ihrer gegenseitigen Beziehungen. Wenn sich demnach die Chemie mit der Untersuchung der Eigenschaften und Umwandlungen der Stoffe beschäftigt, so kommt sie dadurch in die nächste Beziehung zu den andern Zweigen der Naturwissenschaft. Die Mineralogie, Botanik und Zoologie liefern ihr nicht nur das Material für ihre Untersuchungen, sondern stellen ihr auch die Aufgabe, die Vorgänge und die Umwandlungen der Stoffe, die auf diesen Gebieten der Naturwissenschaft zu beobachten sind, aufzuklären. Es sei hier nur an die zahlreichen Fäden erinnert, die die Botanik mit der Chemie verknüpfen. Das Pflanzenreich liefert uns nicht nur eine außerordentlich große Zahl von Substanzen, die zum Teil als Nahrungsmittel von allgemeiner volkswirtschaftlicher Bedeutung sind, zum Teil als Arzneimittel wissenschaftlichen und praktischen Wert haben, zum Teil schließlich in anderer Beziehung, als Riechstoffe, Farbstoffe usw. unser Interesse beanspruchen, sondern sie zeigt uns auch in den Ernährungs- und Wachstumsvorgängen der Pflanzen eine Fülle von Veränderungen und Umwandlungen zahlreicher Stoffe, deren Erforschung ebenfalls zu den Aufgaben der Chemie gehört. Nicht minder eng sind die Beziehungen der Chemie zu den beiden andern Zweigen der beschreibenden Naturwissenschaft, der Zoologie und Mineralogie. Die Aufgabe, uns eine möglichst genaue Kenntnis der Eigenschaften der Stoffe zu vermitteln, kommt auch der Physik zu, doch beschäftigt sich diese Wissenschaft nicht mit den stofflichen Veränderungen, sondern mit den Zustandsänderungen der Körper. Wenn wir ein Stück Eisen zum Glühen erhitzen, so verändert es sich in mehrfacher Hinsicht. Es vergrößert sein Volumen, es beginnt zu leuchten und gibt, nachdem es aus dem Feuer entfernt worden ist, selbst Wärme ab. Aber der Unterschied, der hierbei wahrnehmbar ist, ist nur der zwischen dem Eisen in kaltem und in warmem Zustande, und nach dem Erkalten ist es wieder in den früheren Zustand zurückgekehrt. Bringen wir eine Magnethadel durch Annäherung eines Stückes Eisen in Bewegung, machen wir ein Stück Schwefel durch Reiben elektrisch, oder verursachen wir durch Aufschlagen mit dem Hammer auf einen Amboß einen lauten Ton, so wird durch alle diese Vorgänge keine stoffliche Veränderung herbeigeführt, sie alle gehören daher in das Gebiet der Physik. Verbrennen wir hingegen ein Stück Schwefel, so erhalten

wir ein farbloses, stechend riechendes Gas, das keine der Eigenschaften des Schwefels mehr erkennen läßt. Der Schwefel hat hierbei eine stoffliche Umwandlung erfahren, es ist aus ihm ein neuer Stoff entstanden. Diese Erscheinung gehört in das Gebiet der Chemie. Wenn man demgemäß solche Eigenschaften der Körper, wie Farbe, Übergang in den flüssigen oder gasförmigen Zustand, Verhalten gegen Wärme und Elektrizität, als physikalische bezeichnet, so sind sie doch auch für die Charakterisierung vom chemischen Standpunkte aus von großer Bedeutung. Hierzu kommt, daß sich nicht in allen Fällen eine scharfe Grenze zwischen chemischen und physikalischen Vorgängen ziehen läßt, und daß sich die Chemie häufig physikalischer Hilfsmittel bedienen muß, um ihre Zwecke zu erreichen. Die Beziehungen zwischen Chemie und Physik sind daher sehr enge.

Es ist hier darauf hinzuweisen, daß uns jede Kenntnis der uns umgebenden Welt durch Sinneseindrücke vermittelt wird. Was wir also wahrnehmen, sind nicht die Gegenstände selbst, sondern die Eindrücke, die sie auf unsere Sinne hervorrufen, und aus diesen Eindrücken bilden wir uns eine Vorstellung von unserer Umgebung. Nur die Erforschung des wirklich Wahrnehmbaren und uns durch die Sinne Vermittelten ist Aufgabe der Naturwissenschaft. Damit ist aber keineswegs gesagt, daß alle Naturforschung nur auf die Beschreibung des sinnlich Wahrgenommenen hinausliefe, vielmehr ist es ein Bedürfnis des menschlichen Verstandes, die Unzahl von Erscheinungen, die sich unsern Sinnen aufdrängen, in Zusammenhang zu bringen und aus der Fülle der Einzelbeobachtungen Gesetzmäßigkeiten herzuleiten, durch die wir in den Stand gesetzt werden, das Eintreten der beobachteten Erscheinungen unter bestimmten Umständen vorauszusagen und dadurch die Umwandlung der Stoffe in unserem Sinne zu leiten.

Wenn auch vom rein wissenschaftlichen Standpunkte aus alle Vorgänge, die uns über das Wesen der Stoffe aufklären, dasselbe Interesse beanspruchen dürfen, so haben die vielfachen Beziehungen der Chemie zu den Bedürfnissen des praktischen Lebens und zu andern Wissenszweigen zur Folge gehabt, daß man diejenigen Gebiete besonders auszubauen suchte, die diesen Beziehungen in hervorragender Weise Rechnung tragen. So hat sich als besonderer Zweig die analytische Chemie entwickelt, deren Aufgabe es ist, durch Zerlegung zusammengesetzter Stoffe in einfachere oder durch Umwandlung unbekannter in bekannte die Zusammensetzung der Substanzen zu ermitteln. Die technische Chemie studiert die in der Industrie angewandten chemischen Prozesse, die physiologische Chemie beschäftigt sich mit den chemischen Vorgängen im Pflanzen- und Tierkörper. Die Aufgaben der Nahrungsmittel- und der Agrikulturchemie ergeben sich aus ihren Namen. Die in diesem Werke besonders betonte pharmazeutische Chemie erblickt ihre Aufgabe in der Untersuchung der Stellung, die die zahlreichen zum medizinischen Gebrauch dienenden Substanzen im Rahmen der Chemie einnehmen, in der Schilderung ihrer Darstellung und dem hier besonders wichtigen Nachweis ihrer Reinheit. Da sich die Beziehungen der Pharmazie zur Chemie auf das Gesamtgebiet der Chemie erstrecken, so ist eine erfolgreiche Behandlung der pharmazeutischen Chemie nur möglich, wenn sie unter steter Beziehung zur reinen Chemie, nur

unter besonderer Hervorhebung des pharmazeutisch Wichtigen, betrachtet wird. Diese aus den Bedürfnissen der Praxis hervorgegangenen Untergebiete der Chemie werden unter dem Namen der angewandten Chemie zusammengefaßt. Man spricht ferner von anorganischer und organischer Chemie, wobei man unter organischer Chemie die des Kohlenstoffs, unter anorganischer die der kohlenstofffreien Substanzen versteht. Diese Einteilung stammt aus der Zeit, wo man der Ansicht war, daß bei der Bildung der im lebenden Organismus entstehenden Substanzen, die fast alle kohlenstoffhaltig sind, ganz andere Kräfte wirksam sind, als bei den außerhalb des Organismus dargestellten kohlenstofffreien Substanzen. Heute ist diese Scheidewand längst gefallen. Wenn man dennoch an der Einteilung des ganzen Gebiets in anorganische und organische Chemie festhält, so geschieht es lediglich aus praktischen Gründen, vornehmlich darum, weil die Chemie des Kohlenstoffs eine außerordentlich umfangreiche ist, da wir heute mehr kohlenstoffhaltige, sogenannte organische Substanzen kennen, als kohlenstofffreie. Es ist ferner die spezielle Chemie, die sich mit den einzelnen Stoffen und ihren Eigenschaften beschäftigt, von der allgemeinen zu unterscheiden, die auch physikalische oder theoretische Chemie genannt wird, die uns die Kenntnis der Gesetzmäßigkeiten vermittelt, die das Verhalten der Stoffe und ihre Umsetzungen regeln. Zum Verständnis dieser Gesetzmäßigkeiten, auf die bei der Schilderung der einzelnen Vorgänge nach Möglichkeit Bezug genommen werden soll, ist die Kenntnis einiger allgemeinen Begriffe erforderlich. Vorher sollen die Methoden besprochen werden, nach denen wir Raum, Gewicht und Temperatur bestimmen.

Maßsystem.

Während den Längenmaßen früher Rute, Elle, Fuß und Zoll zugrunde lagen, die in verschiedenen Ländern verschiedene Werte besaßen, ist heute in allen Kulturstaaten das metrische Maßsystem eingeführt. Als Einheit des Längenmaßes gilt hiernach das Meter (von métron, Maß), das ursprünglich den zehnmillionsten Teil des Erdquadranten zwischen Äquator und Nordpol, also den 40000000sten Teil des Erdumfangs darstellen sollte. Die Länge dieses Maßes wurde auf Grund einer auf Veranlassung der französischen Republik vorgenommenen Gradmessung festgestellt und zuerst in Frankreich 1799, in Deutschland 1872, in Österreich-Ungarn 1876 eingeführt. Mit dem Aufgeben der früheren Maße, die meistens von den Verhältnissen des menschlichen Körpers abgeleitet waren, bezweckte man die Einführung eines unverrückbaren Naturmaßes, und durch die Anwendung der Dezimalteilung an Stelle des früher üblichen Duodezimalsystems wurde eine Vereinfachung bei der Anwendung des Maßes herbeigeführt.¹ Für kleinere Messungen wird das Meter, m, in zehn Teile geteilt, deren jeder ein Dezimeter, dm, genannt wird, jedes Dezimeter wieder in zehn Zentimeter, cm, ein Zentimeter in zehn Millimeter, mm. Demnach ist:

$$1 \text{ m} = 10 \text{ dcm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}.$$

Bei mikroskopischen Messungen oder bei der Bestimmung physikalischer Größen, wie der Wellenlänge des Lichts, handelt es sich

¹ Der Vorschlag der Einführung dieses Naturmaßes stammt von dem französischen Mathematiker BORDA (gest. 1799).

häufig um viel kleinere Längen als das Millimeter, man hat daher das Millimeter noch weiter in 1000 Mikron, μ (mikrós, klein), und jedes Mikron in 1000 Millimikron, $\mu\mu$, geteilt. Zur Bestimmung größerer Strecken dient das Kilometer, km, (chilioi, tausend) = 1000 Meter.

Die am Ende des 18. Jahrhunderts von französischen Gelehrten festgestellte Länge des Meters wird durch einen in Paris aufbewahrten Stab aus Platin-Iridium wiedergegeben. Es hat sich allerdings später herausgestellt, daß er nicht genau dem zehnmillionsten Teil des Erdquadranten entspricht, vielmehr beträgt diese Größe nach der genauesten Feststellung 1,0001869 Teile unseres heutigen Meters, doch hat man die einmal eingeführte Größe als Normalmaß beibehalten. Auch die alte Maßeinheit für große Entfernungen, die deutsche oder geographische Meile, war vom Erdumfang abgeleitet, sie stellt den 15. Teil eines Breitengrades am Äquator dar, also den 5400. Teil des größten Erdumfangs, und beträgt 7,420 km. Von den noch heute gebräuchlichen Wegmaßen anderer Länder ist eine Seemeile = 1,855 km, eine englische Meile = 1,609 km, eine (russische) Werst = 1,067 km.

Die Grundlage des Flächenmaßes bildet das Quadratmeter, qm. Aus dem Verhältnis des Meters zu den davon abgeleiteten kleineren Maßen ergibt sich, daß

$$1 \text{ qm} = 100 \text{ qdm} = 10000 \text{ qcm} = 1000000 \text{ qmm}.$$

Größere Flächen werden entweder nach Quadratkilometern, qkm, gemessen, und zwar ist $1 \text{ qkm} = 1000000 \text{ qm}$, oder, was namentlich bei Grundstücken üblich ist, nach Ar, a (area, Fläche) und Hektar, ha (hekaton, hundert) und zwar ist $1 \text{ a} = 100 \text{ qm}$ und $1 \text{ ha} = 100 \text{ a}$, ein ha demnach = 10000 qm und $1 \text{ qkm} = 100 \text{ ha}$.

Als Einheit des Raums gilt das Kubikmeter, cbm (cubus, Würfel), da dieses Maß aber für die meisten Messungen des praktischen Lebens zu groß ist, so betrachtet man auch seinen tausendsten Teil, das Kubikdezimeter oder Liter, l, als Einheit. Aus den Beziehungen zwischen m, dcm, cm und mm ergibt sich, daß $1 \text{ cbm} = 1000 \text{ l}$, $1 \text{ l} = 1000 \text{ ccm}$ (Kubikzentimeter) und $1 \text{ ccm} = 1000 \text{ cmm}$ (Kubikmillimeter) ist.

Gewichtssystem.

Zur Feststellung des Gewichts bedienen wir uns der Wage. Das Gewicht gibt an, wie stark ein Körper von der Erde angezogen wird. Diese Anziehung ist aber je nach dem Orte verschieden, sie ändert sich mit der Entfernung vom Mittelpunkte der Erde, also mit dem Breitengrade und ist auf Bergen geringer als in der Ebene. Unveränderlich aber ist die Masse. Die Verschiedenheit des Gewichts an verschiedenen Orten wird aber bei den üblichen Wagen, bei denen der Druck eines Körpers auf eine Wagschale mit dem verglichen wird, den eine uns bekannte Masse (das Gewicht) auf die andere Wagschale ausübt, ausgeglichen, da ja die Massen auf beiden Wagschalen der Veränderung des Gewichts in gleichem Maße unterworfen sind. Anders verhält es sich bei der Federwage, die die Anziehungskraft der Erde direkt angibt und deren Angabe für dieselbe Masse sich mit der Entfernung vom Erdmittelpunkte ändert.

Unser heutiges Gewichtssystem ist vom metrischen Maßsystem abgeleitet, indem man das Gewicht eines Kubikzentimeters Wasser

von 4° als Einheit betrachtet und als ein Gramm, g, bezeichnet (gramma war ein athenisches Gewicht). Die Temperatur von 4° wurde gewählt, weil das Wasser bei ihr seine geringste Ausdehnung besitzt. Da 1 l = 1000 ccm, so beträgt das Gewicht eines Liters Wasser von 4° 1000 g oder ein Kilogramm, kg. Sehr große Gewichtsmengen berechnet man nach Tonnen, und zwar ist eine Tonne = 1000 kg. Das Gramm wird eingeteilt in 10 Dezigramm, dg, das Dezigramm in 10 Zentigramm, cg, das Zentigramm in 10 Milligramm, mg, es ist also

$$1 \text{ g} = 10 \text{ dg} = 100 \text{ cg} = 1000 \text{ mg}.$$

Außerdem werden auch die Ausdrücke Dekagramm für 10 g und Hektogramm für 100 g angewandt.

Als Urmaß unseres Gewichtssystems gilt ein in Paris aufbewahrtes Kilogramm aus Platin-Iridium, von dem Kopien an die Staaten verteilt worden sind, die sich der Meterkonvention angeschlossen haben. Übrigens entspricht das als Gewichtseinheit gesetzlich festgelegte Gramm ebensowenig als das Meter ganz genau der Größe, die es ursprünglich darstellen sollte. Nach späteren Ermittlungen stellt es nämlich nicht die Masse von 1 ccm, sondern von 1,00003 ccm Wasser von 4° dar.

Alle unsere Wägungen erleiden dadurch einen Fehler, daß sie im luftgefüllten Raume vorgenommen werden, da in ihm das Gewicht eines Körpers um soviel zu niedrig erscheint, als das Gewicht der von ihm verdrängten Luft beträgt (Archimedisches Prinzip). 1 ccm Luft wiegt 0,0012 g, doch wird der Fehler um so kleiner, je mehr sich das Volumen des gewogenen Körpers dem des Gewichtsstücks nähert, mit dem er verglichen wird. Für alle praktischen Verhältnisse kann der Fehler gänzlich vernachlässigt werden, da er sämtlichen Wägungen anhäftet und diese daher unter sich durchaus vergleichbar sind. Anders verhält es sich bei der Beziehung zwischen Gewicht und Raum. Man kann den Raum eines Liters nicht ohne weiteres dem eines in der Luft gewogenen Kilogramms Wasser von 4° gleichsetzen, denn der Luftauftrieb, den ein Kilogramm Wasser erleidet, beträgt 1,2 g, das wahre Liter ist also um das Volumen von 1,2 g Wasser größer. Den von der Normal-Eichungs-Kommission geeichten Meßgefäßen sind heute wahre Kubikzentimeter, wie sie sich also durch Wägung des Wassers im luftleeren Raume ergeben, zugrunde gelegt.

Das metrische Gewichtssystem wird in der Wissenschaft ganz allgemein angewandt, während in Handel und Verkehr noch vielfach andere Gewichtseinheiten in Gebrauch sind. Das alte deutsche Pfund entspricht gerade 500 g, ein Zentner = 100 Pfund ist demnach = 50 kg. Vielfach wird der Ausdruck Meterzentner gebraucht, worunter ein Doppelzentner = 100 kg zu verstehen ist. Ein englisches Pfund ist = 453,59 g, es wird in 16 Unzen und jede Unze in 16 Drachmen, die Drachme in 3 Skrupel, ein Skrupel in 10 Gran geteilt. In Rußland dient zur Bestimmung größerer Gewichtsmengen das Pud, das in 40 russische Pfund eingeteilt wird. Ein Pud ist = 16,381 kg.

Spezifisches Gewicht oder Volumengewicht.

Das Gewicht eines Körpers, das wir durch Kilogramme, Gramme usw. ausdrücken, nennen wir sein absolutes Gewicht. Häufig setzt man aber das Gewicht eines Körpers in Beziehung zu seinem Volumen. Vergleicht man das Gewicht ein und desselben Volumens

zweier verschiedener Substanzen miteinander und setzt das Gewicht der einen = 1, so erhält man für die andere eine bestimmte, für sie charakteristische Zahl. So wiegt z. B. 1 ccm Wasser (bei $+4^{\circ}$) 1 g, 1 ccm Quecksilber aber 13,59 g, das Quecksilber ist also 13,59 mal schwerer als Wasser. Wir nennen die Zahl 13,59 das spezifische Gewicht des Quecksilbers, bezogen auf Wasser. Das spezifische Gewicht gibt also an, wievielmals schwerer ein Körper ist, als ein dasselbe Volumen einnehmender anderer, auf den man das Gewicht bezieht. Da das Gewicht eines bestimmten Volumens einer Flüssigkeit sehr leicht festzustellen ist und das spezifische Gewicht eine für jede reine Substanz charakteristische Zahl ist, so gehört die Bestimmung des spezifischen Gewichts von Flüssigkeiten zu den am häufigsten ausgeführten physikalischen Operationen, und zwar bezieht man es in der Regel auf Wasser von $+4^{\circ}$. Das spezifische Gewicht oder die Dichte eines Körpers ist dann das Verhältnis seiner Masse zu der Masse eines gleichen Volumens Wasser von $+4^{\circ}$. So beträgt das spezifische Gewicht des Äthers 0,72,
des Alkohols 0,79,
des Chloroforms 1,50.

Da nun 1 ccm Wasser von $+4^{\circ}$ 1 g wiegt, so gibt das spezifische Gewicht direkt das Gewicht eines Kubikzentimeters der betreffenden Flüssigkeit an, d. h. 1 ccm Äther wiegt 0,72 g, 1 ccm Alkohol 0,79 g, 1 ccm Chloroform 1,50 g. Jede Substanz ändert ihr Volumen mit der Temperatur, es ist daher erforderlich, der Angabe des spezifischen Gewichts stets hinzuzufügen, bei welcher Temperatur es bestimmt worden ist. In der Regel wählt man die Temperatur von 15° . Man bezeichnet das spezifische Gewicht mit d (Dichte). So bedeutet $d_{15}^{15} = 1,4938$ für Chloroform, daß die Bestimmung bei 15° ausgeführt worden ist, und daß sie sich auf wahre Kubikzentimeter bezieht, d. h. auf das Volumen, das Wasser von $+4^{\circ}$ einnimmt.

Die genaueste Bestimmung des spezifischen Gewichts erzielt man durch direkte Wägung im Pyknometer (pyknós, dicht). Abbildung 1 zeigt eine gebräuchliche Form des Pyknometers. Es stellt ein Glasfläschchen mit eingeschlifftem Stopfen dar, der von einer Kapillarrohre durchzogen wird. Man füllt das Fläschchen bis zum Rande und drückt dann den Stopfen ein, wobei sich das Kapillarrohr mit Flüssigkeit füllt. Abb. 2 zeigt ein mit eingeschlifftem Thermometer versehenes Pyknometer, das bis zu der Marke in dem seitlichen Rohr gefüllt wird. Abb. 3 stellt das Pyknometer nach OSTWALD dar, das durch Einsaugen der Flüssigkeit bis zu einer Marke des Kapillarrohrs gefüllt und vermittelst eines Platindrahts an der Wage aufgehängt wird. Die genaue Einstellung bis zur Marke wird dadurch bewirkt, daß man an der Spitze mit Fließpapier etwas absaugt oder mittelst eines vorgehaltenen Tröpfchens etwas einsaugen läßt. Um vermittelst eines Pyknometers das spezifische Gewicht einer Flüssigkeit zu bestimmen, muß man zunächst seinen Fassungsraum ganz genau kennen, den man erfährt, indem man durch Wägung feststellt, wieviel Wasser von 4° es faßt. Man füllt es zu diesem Zweck mit Wasser und stellt es in ein Gefäß mit Wasser, dessen Temperatur genau auf 4° gehalten wird. Nach einiger Zeit wird auch der Inhalt des Pyknometers diese Temperatur angenommen haben, man sorgt dann dafür, daß die Flüssigkeit genau bis zur Marke einsteht und wägt es. Vergleicht man das Gewicht mit dem des leeren Pyknometers, so gibt die Gewichts-differenz an, wieviele Kubikzentimeter das Pyknometer bis zur Marke faßt. Wird es jetzt mit einer andern Flüssigkeit gefüllt und wieder gewogen, so erfährt man aus der Differenz zwischen der neuen Wägung und dem Gewicht des leeren Pyknometers, wieviel Gramm eine bekannte Anzahl Kubikzentimeter der zweiten Flüssigkeit wiegen. Das absolute Gewicht dividiert durch das Volumen, also hier durch die Anzahl Kubikzentimeter, gibt das spezifische Gewicht an. Faßt z. B. das Pyknometer 20 ccm und es sind 29,872 g Chloroform erforderlich, um es bis zur Marke zu füllen, so beträgt das spezifische Gewicht des Chloroforms $29,872 : 20 = 1,4936$.

Ausgedehnte Anwendung, namentlich zu pharmazeutischen Zwecken, findet auch die MOHR-WESTPHAL'sche Wage, die den Auftrieb bestimmt, den ein Senkkörper in einer Flüssigkeit erfährt. Nach dem Archimedischen Prinzip verliert jeder Körper in einem Medium soviel von seinem Gewicht, als das von ihm verdrängte Volumen des Mediums wiegt. Die Einrichtung der Wage ergibt sich aus Abb. 4. Bei den älteren Konstruktionen ist der Wagebalken mit Einschnitten versehen, in die die hakenförmigen Gewichte eingehangen werden. Genauer sind die neueren Wagen, bei denen die Reitergewichte in Haken aus gehärtetem Stahl eingehängt werden, die seitlich am Wagebalken angebracht sind. Das schwerste Gewicht wiegt genau soviel, wie der Gewichtsverlust des Senkkörpers im Wasser beträgt, befindet sich also der Senkkörper im Wasser und das schwerste Gewicht hängt an demselben Haken, an dem der Senkkörper durch einen sehr feinen Platindraht befestigt ist, so befindet sich der Wagebalken im Gleichgewicht. Ist die Flüssigkeit schwerer als Wasser, der Auftrieb des Senkkörpers also größer, als dem schwersten Gewicht entspricht, so wird das Gleichgewicht durch Einhängen der andern Gewichte in die Haken des Wagebalkens hergestellt. Ist die Flüssigkeit leichter als Wasser, so wird das schwerste Gewicht von dem Haken, an dem der Senkkörper hängt, entfernt, und das Gleichgewicht wie vorher erreicht. Es gehören zu dieser Wage zwei hakenförmige Gewichte, die dem Auftrieb des Senkkörpers in Wasser entsprechen, und drei andere, die $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$ und $\frac{1}{1000}$ davon betragen. Da die neun Aufhängepunkte den Hebelarm vom Unterstützungspunkt bis zum Aufhängepunkte des Senkkörpers in zehn gleiche Teile teilen, so übt jedes Gewicht an dem dem Unterstützungspunkt zunächst liegenden Haken $\frac{1}{10}$



Abb. 1. Pyknometer.

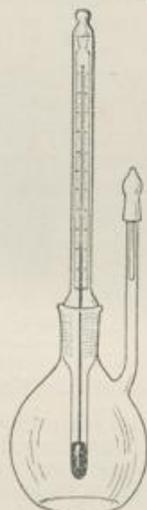
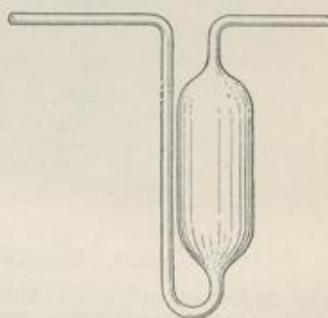


Abb. 2. Pyknometer.

Abb. 3.
Pyknometer nach OSTWALD.

der Wirkung aus, die es am Ende des Hebelarms, also am Aufhängepunkt des Senkkörpers besitzen würde, am zweiten Haken $\frac{2}{10}$ usw. Beträgt der Auftrieb des Senkkörpers in Wasser von 15^0 , wie das bei den neueren Wagen der Fall ist, 10 g, so sind die Reitergewichte 10, 1, 0,1 und 0,01 g schwer. Man kann mit diesen Wagen die Bestimmung des spezifischen Gewichts bis zur 4. Dezimale mit genügender Genauigkeit ausführen.

Die einfachste und schnellste Bestimmung des spezifischen Gewichts von Flüssigkeiten, die aber nicht ganz die Genauigkeit derjenigen mit dem Pyknometer und der WESTPHAL'schen Wage erreicht, ist die mit dem Aräometer¹ (araiós, dünn), der aus einem Senkkörper mit einer Skala am oberen Teile des Rohrs besteht (Abb. 5). Sie beruht darauf, daß ein schwimmender Körper so weit einsinkt, daß die verdrängte Flüssigkeit gerade sein Gewicht besitzt. Um dem schwimmenden Aräometer eine vertikale Stellung zu geben, ist es erforderlich, daß sein Schwerpunkt möglichst tief liegt, die untere Kugel enthält daher Quecksilber oder Schrotkörner. Der Teilstrich, bis zu

¹ Vgl. FOCK, über die Fehlerquellen beim Gebrauch der Aräometer, Zeitschrift für physikalische Chemie, 2, 296 [1888], und WEINSTEIN, über Aräometer und deren Prüfung, Zeitschr. für physik. Chemie, 7, 71 [1891].

dem die Spindel einsinkt, gibt das spezifische Gewicht an. Die Ablesung geschieht, indem man das Auge in die Höhe der Oberfläche der Flüssigkeit bringt. Die Angaben der Aräometer beziehen sich in der Regel auf eine Temperatur von 15° . Das Aräometer ist um so empfindlicher, je größer der Körper und je dünner der Hals ist. Für bestimmte Zwecke ersetzt man die auf Wasser bezogene Skala durch eine andere, die nicht das spezifische Gewicht, sondern den Gehalt einer Lösung direkt angibt. So ist das Alkoholometer ein Aräometer, dessen Skala anzeigt, wieviel Prozent Alkohol in einer Mischung von Wasser mit Alkohol enthalten sind, das Saccharometer gibt den Prozentgehalt einer Zuckerlösung an usw. Außerdem gibt es Aräometer mit willkürlicher Skala, deren Teilstriche man „Grade“ nennt. Von diesen ist das bekannteste das von BAUMÉ, das in der Technik noch vielfach Anwendung findet. BAUMÉ konstruierte zwei Aräometer, eins für Flüssigkeiten, die schwerer und eins für solche, die leichter sind als Wasser. Bei dem ersten entspricht 0° dem spezifischen Gewicht des reinen Wassers, 15° dem spezifischen Gewicht einer 15prozentigen Kochsalzlösung,

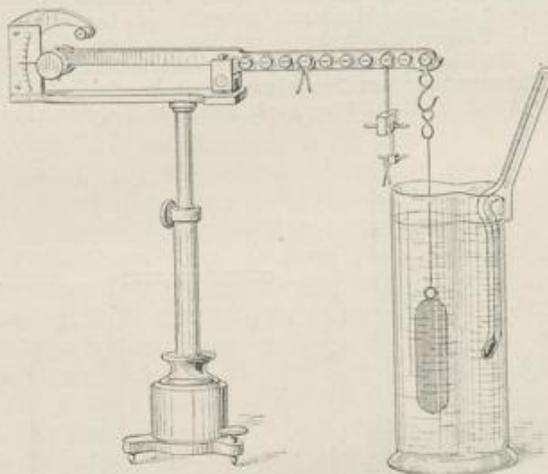


Abb. 4. MOHR-WESTPHAL'sche Wage.

Abb. 5. Aräometer.

in der andern entspricht 0° einer 10prozentigen Kochsalzlösung 10° reinem Wasser. Die abgelesenen Grade sagen natürlich direkt weder über das spezifische Gewicht, noch über den Prozentgehalt einer Lösung etwas aus, sondern müssen erst mit Hilfe einer Tabelle umgerechnet werden. Einen Vergleich der Angaben des Aräometers nach BAUMÉ mit dem auf Wasser bezogenen spezifischen Gewicht enthält die Tabelle I am Schlusse dieses Werks.

Das spezifische Gewicht fester Körper erfährt man, falls das Volumen durch Messung sicher festzustellen ist, z. B. bei einem Würfel, durch Division des Gewichts durch das Volumen. So ist das Volumen eines Messingwürfels von 2 cm Kantenlänge 8 cm, beträgt nun sein Gewicht 67,2 g, so ist sein spezifisches Gewicht (bezogen auf Wasser) $67,2 : 8 = 8,4$. Bei unregelmäßig geformten Körpern läßt sich das Volumen nicht ohne weiteres berechnen, man kann es aber wiederum mit Hilfe des Archimedischen Prinzips leicht ermitteln, indem man das Gewicht des Körpers in der Luft und sodann sein Gewicht im Wasser bestimmt. Der Gewichtsverlust entspricht dem Volumen des Körpers; beträgt z. B. der Gewichtsverlust 10,53 g, so beträgt das Volumen des Körpers 10,53 cm. Das Gewicht in der Luft dividiert durch das Volumen ergibt das spezifische Gewicht. Körper, die leichter sind, als Wasser, bestimmt man entweder in einer leichteren Flüssigkeit, z. B. Äther, indem man deren spezifisches Gewicht in Rechnung zieht, oder man befestigt sie an einem Metallstück, indem man dessen Volumen besonders bestimmt und von dem Gesamtvolumen abzieht. Substanzen, die sich in Wasser lösen, werden in andern Flüssigkeiten bestimmt, in denen sie unlöslich sind. So kann man das spezifische Gewicht eines Würfels Kochsalz durch Wägung in Benzol bestimmen. Handelt es sich um pulverige oder gekörnte Substanzen, so dient zu deren Bestimmung das Pyknometer, indem man es zunächst mit

Wasser gefüllt wägt, sodann die Substanz hineinbringt, wieder mit Wasser füllt und wägt. Die Differenz beider Wägungen gibt das Gewicht der festen Substanz, vermindert um das Gewicht des von ihm verdrängten Wassers. Hat man das Gewicht der Substanz in der Luft vorher festgestellt, so kann man jetzt ihr Volumen und damit ihr spezifisches Gewicht berechnen.

Das spezifische Gewicht der Gase bezieht man nicht auf Wasser, da die Zahlen unbequem klein ausfallen würden, sondern auf ein anderes Gas. Früher wählte man als Vergleichsgas in der Regel Luft, was aber unzuweckmäßig ist, da die Luft keine ganz konstante Zusammensetzung besitzt. Zweckmäßiger ist es, das spezifische Gewicht der Gase auf das leichteste Gas, den Wasserstoff, zu beziehen. Heute hat man auch den Wasserstoff als Vergleichsgas verlassen und vergleicht das Gewicht der Gase mit dem des Sauerstoffs, indem man dessen spezifisches Gewicht zu 32 annimmt. Der Grund hierfür ist in dem Kapitel über das Molekulargewicht auseinandergesetzt, wo auch die Ausführung der Bestimmung angegeben ist.

Bestimmung der Temperatur.

Die übliche Methode der Bestimmung der Temperatur beruht auf der Volumenänderung, die ein Körper unter dem Einfluß der Wärme erleidet. Fast immer findet bei der Erwärmung eines Körpers eine Ausdehnung, nur in sehr wenigen Fällen eine Zusammenziehung statt. Da nun ferner die Wärme von einem wärmeren Körper auf einen kälteren, der mit ihm in Berührung steht, übergeht, bis beide dieselbe Temperatur angenommen haben, so kann man die Temperatur z. B. eines Luftraums oder einer Flüssigkeit durch ein Instrument erkennen, das die eigene Temperatur anzeigt. Um aber verschiedene Temperaturen mit einander vergleichen zu können, ist es erforderlich, sie auf eine bestimmte Temperaturskala zu beziehen. Die Aufstellung einer solchen Skala war erst möglich, nachdem man erkannt hatte, daß gewisse Zustände der Substanzen ganz bestimmten Temperaturen entsprechen. So hat das schmelzende Eis stets dieselbe Temperatur, ebenso das siedende Wasser, vorausgesetzt, daß der Luftdruck derselbe ist. Diese Temperaturen lassen sich daher leicht jederzeit herstellen und können als Fixpunkte bei der Darstellung von Thermometerskalen dienen. Das in der Wissenschaft allgemein angewandte und heute in Deutschland offiziell eingeführte Thermometer ist das nach Celsius benannte, das den Raum zwischen diesen beiden Fixpunkten in 100 Teile teilt.

Das Quecksilberthermometer kann nur bis zu einer Temperatur von -39° benutzt werden, da das Quecksilber dann erstarrt. Für tiefere Temperaturen bedient man sich eines Thermometers mit Alkohol- oder Petrolätherfüllung. Auch bei Temperaturen, die sich dem Siedepunkt des Quecksilbers (357°) nähern, werden die gewöhnlichen Quecksilberthermometer unbrauchbar, da aber der Siedepunkt jeder Flüssigkeit durch Druck erhöht wird, so erhält man dadurch, daß man den Raum über dem Quecksilber mit einem gegen Quecksilber indifferenten komprimierten Gase, wie Stickstoff oder Kohlendioxyd, füllt, Quecksilberthermometer, die bis 550° brauchbar sind.

Die Anwendung einer Flüssigkeit zur Thermometerfüllung beruht auf der Voraussetzung, daß sie sich bei der Erwärmung gleichmäßig, d. h. proportional der Temperatur, ausdehnt. Diese Voraussetzung ist beim Quecksilber nahezu erfüllt, nicht aber bei allen Flüssigkeiten, die meisten dehnen sich bei höherer Temperatur schneller aus

als bei niedriger. Die Zahl, die angibt, um den wievielten Teil seines Volumens bei 0° sich ein Körper bei der Erwärmung um 1° ausdehnt, nennt man seinen Ausdehnungs-Koeffizienten. Das Quecksilber dehnt sich bei der Erwärmung von 0 auf 100° um $0,0181$ seines ursprünglichen Volumens aus, sein Ausdehnungskoeffizient beträgt mithin $0,000181$. Ein Thermometer wird um so empfindlicher sein, je größer die Kugel, die zur Aufnahme des Quecksilbers dient und je enger die Kapillare ist, an der sich die Skala befindet. Jedoch ist zu berücksichtigen, daß sich auch das Glas beim Erwärmen ausdehnt, und daß daher das Steigen der Quecksilbersäule nicht genau der Volumenzunahme des Quecksilbers entspricht. Dazu kommt, daß die Ausdehnung der verschiedenen Glassorten verschieden ist. Diese Umstände werden bei der Herstellung der Thermometer allerdings berücksichtigt, doch erleidet das Glas bei längerem Gebrauch Veränderungen seiner Eigenschaften, so daß die Fixpunkte 0° und 100° nach längerer Zeit neu bestimmt werden müssen. Die aus Jenaer Glas gefertigten Thermometer können als wissenschaftlich genaue Instrumente betrachtet werden. Thermometer aus Jenaer Normalglas kommen heute mit von der technischen Reichsanstalt beglaubigtem Prüfungsschein in den Handel. Bedient man sich anderer Thermometer, so empfiehlt es sich, sie nach längerem Gebrauch mit einem Normalthermometer zu vergleichen. Es ist ferner die „thermische Nachwirkung“ zu beachten, d. h. die Eigenschaft des Glases, nach der Erwärmung auf höhere Temperatur nur sehr allmählich, häufig erst nach mehreren Tagen, in den früheren Zustand zurückzukehren, was zur Folge hat, daß das Thermometer nach starkem Erhitzen zu niedrige Werte anzeigt. Die Instrumente aus Jenaer Normalglas zeigen die thermische Nachwirkung in viel geringerem Grade. Ein lang andauerndes Erhitzen auf höhere Temperatur schadet jedem Thermometer, da das Glas hierbei unter der Wirkung des Luftdrucks Veränderungen erleidet, der Hohlraum wird zusammengedrückt und der Nullpunkt kann erheblich hinaufgerückt werden. Außer dem Vergleich mit einem Normalthermometer empfiehlt sich zur Kontrolle eines Thermometers auch die Bestimmung des Schmelzpunkts einer reinen Substanz.¹

Die Wahl der Temperatur des schmelzenden Eises als Ausgangspunkt der Thermometerskala und ihre Bezeichnung als Nullpunkt ist ganz willkürlich und hierzu kommt, daß das negative Vorzeichen der unterhalb des Eispunktes liegenden Temperaturen dem Wesen der Wärme widerspricht. Die Wärme wird als eine Art der Bewegung aufgefaßt, die mit steigender Temperatur zunimmt, der wahre Nullpunkt wird mithin erreicht sein, wenn die Temperatur so tief gesunken ist, daß diese Bewegung zum Stillstand kommt. Eine weitere Abnahme der Wärme ist nicht denkbar, ebensowenig, wie bei völliger Dunkelheit noch eine Abnahme des Lichts stattfinden kann. Wo Wärme überhaupt auftritt, kann sie als wirkliche Größe nur ein positives Vorzeichen besitzen. Verschiedene Gründe haben dazu geführt, diesen tiefsten Punkt, den die Temperatur überhaupt erreichen kann, den absoluten Nullpunkt, bei -273° anzunehmen. Bei wissenschaftlichen Messungen geht man häufig von diesem Nullpunkt aus und spricht dann von der absoluten Temperatur. Die absolute Temperatur ist also gleich der mit dem hundertteiligen Thermometer gefundenen, vermehrt um 273° .

Chemische Grundbegriffe.

Elemente und chemische Verbindungen, chemische Reaktionen,
Unzerstörbarkeit des Stoffs, chemische Verwandtschaft,
Aggregatzustände.

Die wichtigste Frage, die vom chemischen Standpunkte aus bei der Beschreibung eines Körpers gestellt wird, ist die nach seiner Zu-

¹ Vgl. LANDOLT, Zeitschrift für physik. Chemie, 4, 349 [1889].