

Seite  
573  
574  
575  
—  
576  
—  
577  
578  
579  
580

## Einleitung.

Alles, was sich unseren Sinnen als raumerfüllend darstellt, nennen wir Stoff oder Materie. Stoff oder Materie.

Materien von begrenzter Ausdehnung pflegen wir Körper zu nennen. Körper.

Unter Natur verstehen wir den Inbegriff alles sinnlich Wahrnehmbaren auf unserem Planeten.

Die Naturwissenschaften umfassen die Lehre von den Naturobjecten nach allen ihren Beziehungen. Naturwissenschaften

Ihr Zweck ist stets der Nachweis des inneren causaln Zusammenhangs dieser Beziehungen, die Ermittlung der Gesetze, nach welchen alle Erscheinungen und Veränderungen der Körperwelt erfolgen: der Naturgesetze. Naturgesetze.

Die Beschreibung und Kennzeichnung der Naturobjecte ist nur Mittel zum Zweck.

Indem man versucht, alle Erscheinungen und Veränderungen der Materie auf einen sogenannten letzten Grund zurückzuführen, gelangt man zur Annahme bestimmter Kräfte: der Naturkräfte, welche alle diese Erscheinungen und Veränderungen bewirken sollen. Diese Naturkräfte aber, unabhängig von der Materie gedacht, sind Abstractionen, durch welche wir keine andere Einsicht in das Wesen dieser Vorgänge erhalten, als diejenige ist, welche uns das Studium der Vorgänge selbst darbietet.

Der Ausdruck Naturkraft ist nur ein Ausdruck für gewisse Grundeigenschaften der Materie.

Alle Materien stehen zu einander in bestimmten Wechselbeziehungen, und es ist eine Thatsache von allgemeinsten Tragweite, dass überall da, wo Materien mit einander in unmittelbare oder mittelbare Berührung treten, gewisse Wirkungen hervorgerufen werden. Verschiedenheit der Erscheinungen bei der Berührung und gegenseitigen Einwirkung der Naturkörper.

Wenn wir diese Wirkungen näher ins Auge fassen, so finden wir, dass die Materien durch ihre gegenseitige Berührung vorübergehend oder bleibend Eigenschaften erlangen, die sie vor ihrer wechselseitigen Einwirkung nicht besaßen. Wir finden, dass das einmahl der Körper eine

n im

600  
604  
607  
609  
610

Reihe von Eigenschaften auf kürzere oder längere Zeit erhalten hat, die er vorher allerdings nicht besass, dass er aber alle übrigen Eigenschaften beibehalten hat, und dass er in seinem eigentlichen Wesen nicht verändert erscheint, so dass, wenn wir von diesen neuen Eigenschaften absehen, es nicht möglich ist, eine Veränderung seines Wesens durch irgend eines der uns zu Gebote stehenden Mittel zu entdecken. — Ein anderesmal hat der Körper, in Folge der Einwirkung eines anderen, eine tiefgreifende Veränderung erfahren, in Folge deren er nicht etwa nur vorübergehend andere Eigenschaften bei im Wesentlichen unveränderter Beschaffenheit angenommen hat, sondern vielmehr bleibend ein in allen seinen Eigenschaften völlig verwandelter, anderer geworden ist.

Wenn man eine Glas- oder Siegellack-Stange mit einem Tuche reibt, so erhält dadurch die Stange die Eigenschaft, leichte Körper, wie Papierschnitzel, Theilchen einer Federfahne, Hollundermark-Kügelchen und dergleichen mehr anzuziehen. Die Stange hat aber im Uebrigen keine wahrnehmbare Veränderung erlitten. Glas ist Glas, Siegellack ist Siegellack geblieben, und bei der genauesten Untersuchung ist es nicht möglich, eine Veränderung des Wesens dieser Körper, ihrer äusseren Eigenschaften, ihres Gewichtes, ihrer Zusammensetzung zu entdecken. Diese einzige Eigenschaft endlich, welche Glas und Siegellack zeigen, wenn sie mit einem Tuche gerieben werden, — leichte Körper anzuziehen, — ist keine bleibende, sondern sie verliert sich nach kurzer Zeit.

Streicht man eine Stahlstange mit einem Magneten, so erhält der Stahl auf längere Zeit die Eigenschaft, eiserne Gegenstände anzuziehen; allein wir mögen die so behandelte Stahlstange wie immer untersuchen, es wird uns nicht gelingen, auch nur die geringste sonstige Veränderung des Stahls nachzuweisen. Er ist geblieben, was er früher war: Stahl, nur mit dem einzigen Unterschiede, dass er Eisen anzieht, welche Fähigkeit ihm früher abging.

Wenn wir einen Körper, den wir später unter dem Namen Kalium näher kennen lernen werden, ein silberglänzendes höchst merkwürdiges Metall, mit Wasser in Berührung bringen, so wird es im Momente Jedermann klar, dass hier eine tiefgreifende Veränderung dieser beiden Körper: des Kaliums und des Wassers, vor sich geht. Das auf Wasser geworfene Kalium entzündet sich, brennt mit violetter Flamme, fährt auf der Wasseroberfläche zischend umher, und es entwickelt sich aus dem Wasser gleichzeitig eine Luftart, die, wenn man sie aufsammelt, sich von der atmosphärischen Luft ganz verschieden zeigt; allmählich verschwindet das Kalium ganz, und man hat nun eine Flüssigkeit, welche nicht mehr reines Wasser ist. Sie schmeckt laugenhaft (wie verdünnte Seifensiederlauge), und hat unter anderem die Eigenschaft, das Roth gewisser Pflanzenfarben in Blau, das Gelb anderer in Braun zu verwandeln. Das Kalium ebensowohl als das Wasser haben, indem sie mit einander in Berührung kamen, eine tiefgreifende Veränderung erfahren, so zwar, dass daraus ganz neue wesentlich verschiedene Körper entstanden sind.



Jedermann kennt die Veränderung, welche blankes Eisen oder Stahl in Berührung mit feuchter Luft erleidet. Längere Zeit letzterer ausgesetzt, verlieren Eisen und Stahl ihren Glanz. Sie bedecken sich allmählich mit einer braunrothen grobpulverigen Substanz, die wir Rost nennen. Dauert die Einwirkung lange genug, so kann alles Eisen in Rost verwandelt werden. Rost aber ist nicht mehr Eisen, Rost zeigt keine einzige derjenigen Eigenschaften, welche für das Eisen oder den Stahl charakteristisch sind. Hat man das Eisen oder den Stahl, bevor die Luft darauf einwirkte, genau gewogen, und man wägt nach der Einwirkung den gebildeten Rost, vorausgesetzt, dass sämmtliches Eisen in Rost verwandelt wäre, so findet man, dass der Rost schwerer wiegt, als das Eisen. In der That beruht die Bildung des Rostes darauf, dass das Eisen, indem es zu Rost wird, sich mit gewissen in der Luft enthaltenen Materien vereinigt, und in dieser Vereinigung dann das darstellt, was wir Rost nennen, einen vollkommen und bleibend neuen Körper. Es haben sonach das Eisen oder der Stahl, indem sie zu Rost wurden, eine tiefgreifende Veränderung aller ihrer Eigenschaften erfahren.

Wenn wir Kupfer in feinvertheiltem Zustande, wie es bei den Metallarbeitern als sogenannte Kupferfeile abfällt, mit pulverigem Schwefel in einer Reibschale innig mengen, so erhalten wir am Ende ein Pulver, welches weder die äusseren Eigenschaften der Kupferfeile, noch jene des Schwefels zeigt, so dass man auf den ersten Blick glauben könnte, es sei aus dem Kupfer und dem Schwefel in Folge ihrer gegenseitigen Einwirkung ein neuer Körper entstanden. Dem ist aber nicht so; denn wie wir das scheinbar gleichförmige Pulver unter der Loupe oder dem Mikroskope betrachten, so können wir ohne Schwierigkeit die einzelnen Schwefeltheilchen von den Kupfertheilchen unterscheiden, und erkennen, dass, wengleich sehr fein vertheilt, doch der Schwefel Schwefel und das Kupfer Kupfer geblieben ist. Wenn wir ferner dieses innige Gemenge von Schwefel und Kupfer mit Wasser übergiessen, so sehen wir, dass der leichtere Schwefel sich in dem Wasser vertheilt, und allmählich bei wiederholter Erneuerung des Wassers und Abgiessen desselben vom Kupfer getrennt werden kann, welches als ein schwererer Körper am Grunde des Gefässes liegen bleibt.

Ganz anders aber gestaltet sich die Sache, wenn wir das innige Gemenge von Kupfer und Schwefel gelinde erwärmen. Dann zeigt sich plötzlich eine sehr glänzende Feuererscheinung, und wenn dieselbe zu Ende ist, so ist in der nun schwarzen, zusammengebackenen Masse kein Kupfer und kein Schwefel als solcher mehr enthalten, es ist durch die Einwirkung dieser beiden Körper auf einander bei erhöhter Temperatur ein ganz neuer Körper entstanden, welcher weder die Eigenschaften des Kupfers, noch die des Schwefels, sondern ganz andere nur ihm eigenthümliche besitzt.

Die angeführten Beispiele werden genügen, um die wesentliche Verschiedenheit der Grunderscheinungen bei der Einwirkung der Materien



auf einander zu erläutern. Diese Verschiedenheit ist eine durchgreifende, und bezeichnet die Grenzen desjenigen Zweiges der Naturwissenschaften, den wir Chemie nennen.

Gebiet der  
Chemie.

In das Gebiet der Chemie fallen nämlich alle diejenigen bei der Einwirkung der Materien auf einander stattfindenden Erscheinungen, welche von einer dauernden, tiefgreifenden Veränderung des Wesens der Körper, von einer materiellen Aenderung ihrer Qualität begleitet sind; alle diejenigen Veränderungen derselben, welche auf der durch ihre gegenseitige Einwirkung bedingten Bildung neuer Körper beruhen.

Die Ermittlung der Gesetzmässigkeit und des inneren Zusammenhangs aber der Erscheinungen, welche, bei der gegenseitigen Berührung der Naturkörper auftretend, von keiner materiell nachweisbaren Veränderung derselben begleitet sind, sondern wesentlich darin bestehen, dass die Materien bei unveränderter Natur auf längere oder kürzere Zeit gewisse Eigenschaften erlangen, die sie vorher nicht besaßen, gehört zu den Aufgaben desjenigen Theiles der Naturwissenschaften, welchen wir Physik nennen.

In obigen Zeilen wurde im Allgemeinen die Aufgabe der Chemie angedeutet. In der Einleitung eines Elementarwerkes, welches für Anfänger bestimmt ist, eine genaue wissenschaftliche Definition der Chemie geben zu wollen, würde insofern ein verfehltes Beginnen sein, als das Verständniß derselben bei dem Anfänger Begriffe voraussetzt, welche ihm der Natur der Sache nach noch fehlen. Man kann Niemanden durch eine Definition gewisse sinnliche Wahrnehmungen klar machen, die ihm fremd sind. Insofern nun die Chemie, wie alle Naturwissenschaften, auf sinnlichen Wahrnehmungen gewisser Erscheinungen und ihrer Deutung beruht, befähigt erst die Kenntniß dieser Erscheinungen zum Verständniß der Begriffsbestimmung.

Alphabet  
der Chemie.

Wer eine fremde Sprache sich zu eigen machen will, muss vor Allem ihre Elemente, er muss ihre Schriftzeichen, ihr Alphabet, er muss ihre Worte kennen lernen. Jede Wissenschaft hat eine ihr eigenthümliche Sprache; die Schriftzeichen der Sprache der Naturwissenschaften sind gewisse Grunderscheinungen der Materie; die Natur spricht zu uns in einer Sprache, die Demjenigen ewig unverständlich ist, der diese Grunderscheinungen, der das Alphabet dieser Sprache nicht kennt. Eine Reihe von Eigenschaften der Materie, eine Reihe von Erscheinungen, welche die Folge der gegenseitigen Einwirkung der Naturkörper aufeinander sind, bilden das Alphabet der Chemie. Sowie das Studium jeder Sprache mit dem ihres Alphabetes beginnt, so auch das Studium der Chemie mit dem Studium ihres Alphabetes: gewisser Grunderscheinungen bei der Einwirkung der Körper aufeinander. Der Name, welchen man diesen Grunderscheinungen giebt, ist ganz gleichgültig, er ist rein conventionell. Dem, der sie nicht kennt, ist er ein todttes Wort, ganz werthlos für das Verständniß; dem, der sie kennt, ist er, er mag lauten wie er will, ein lebendiger, ein Inbegriff von Erscheinungen und Eigenschaften, die ihm in



demselben Momente vor das geistige Auge treten, in welchem er ihn ausspricht oder aussprechen hört. Sauerstoff, Luft, Schwefel, Phosphor sind todtte Worte für den, der die Eigenschaften dieser Körper nicht kennt, für den, der sie kennt, sind sie der Inbegriff dieser Eigenschaften.

Es ist die Aufgabe der Elementar- oder Experimentalchemie, den Anfänger mit den Grunderscheinungen bei der gegenseitigen Einwirkung der Körper bekannt zu machen, und zwar soweit es möglich ist, durch das Experiment selbst, indem sie diese Erscheinungen wirklich hervorruft und vor Augen führt.

Aufgabe der  
Elementar-  
oder Experi-  
mental-  
chemie.

In das Gebiet der Chemie fallen, wie weiter oben auseinander gesetzt wurde, eine gewisse Menge durch die Berührung hervorgerufener Veränderungen der Körper. Da wir aber unmöglich beurtheilen können, ob durch die gegenseitige Berührung der Körper eine Veränderung derselben hervorgerufen wurde, wenn uns die Eigenschaften derselben vor der Einwirkung unbekannt waren, so hat die Elementarchemie auch die Aufgabe, die Naturkörper überhaupt, ihren Ursprung, ihre Bildung, ihr Vorkommen, ihre allgemeinen Eigenschaften, ihre Zusammensetzung, ihre Gewinnung, endlich ihr Verhalten gegen andere Körper kennen zu lehren.

Die Grenzen der Chemie fallen mit denen der Welt zusammen, in der wir leben; denn wo Körper sind, da wirken sie auch auf einander ein, und eine zahlreiche Menge alltäglich vor unseren Augen stattfindender Vorgänge fällt in den Bereich der Chemie. Das Rauchen jeder Cigarre, das Brennen des Oeles in unseren Lampen, des Holzes im Ofen, das Kochen unserer Speisen, das Athmen, es sind Vorgänge, zu deren Verständniss die Chemie allein den Schlüssel liefert. Sehr wichtige Functionen unseres Lebensprocesses, des Lebensprocesses der Pflanzen, das Wachsen und Gedeihen der letzteren und ihr Verhältniss zum Boden, die Bildung unserer Erdrinde, eine Menge von Gewerben und Fabrikationszweigen, beruhen auf chemischen Gesetzen und Vorgängen. Die Chemie hat daher neben ihrem allgemeinen Interesse, welches sie darbietet, auch ein besonderes, und dem entsprechend unterscheidet man die allgemeine oder theoretische Chemie von der angewandten. Letztere ist Agriculturchemie, physiologische, pharmaceutische, technische, medicinische Chemie u. s. w., insofern sie in ihrer Anwendung auf Agricultur, Physiologie, Technik etc. betrachtet wird, und als Hülfswissenschaft dieser Doctrinen erscheint.

Allgemeine  
und ange-  
wandte  
Chemie.

Eine weitere Unterscheidung der Chemie in anorganische und organische, ist eine nur zum Theil und zunächst nur durch Zweckmäßigkeitsgründe gerechtfertigte. Die anorganische Chemie betrachtet zunächst die in der unbelebten Natur, dem sogenannten Mineralreiche vorkommenden Materien, während sich die organische Chemie mit den in der belebten Natur sich findenden Körpern, mit den durch den Lebensprocess der Pflanzen und Thiere gebildeten und anderen aus diesen letzteren sich ableitenden Stoffen beschäftigt.

Anorgani-  
sche und or-  
ganische  
Chemie.



Etymologie  
des Wortes  
Chemie.

Die Etymologie des Wortes Chemie ist nicht ganz klar, und namentlich nicht entschieden, ob es griechischen oder arabischen Ursprunges ist. Bei den Arabern, und von da an das Mittelalter hindurch führte nämlich unsere Wissenschaft den Namen Alchemie oder Alchymie. Es scheint aber ausgemacht zu sein, dass Name und Sache lange vor dem Einfall der Araber in Egypten bei den Griechen und Egyptiern bekannt war. Einige leiten die bei den griechischen Schriftstellern vorkommenden Bezeichnungen *Χημια*, *Χημεια*, *Χημεινική* sehr problematisch von *Χυμοσ*, Saft, Andere von *Χεω*, *Χεωω*: ich schmelze, ab, während A. von Humboldt der Ansicht ist, dass das Wort Chemie von der Benennung abzuleiten sei, welche die Egyptier ihrem Lande gaben. Egypten heisst nämlich Chemi, Cham oder Chami, das Land der schwarzen Erde, wie auch noch jetzt im Koptischen cham schwarz heisst. Chemie wäre sonach die Wissenschaft von Chemi, oder dem schwarzen Lande, die Wissenschaft Egyptens, des Landes, in welchem sie mit besonderem Eifer betrieben wurde. Vielleicht muss auch das deutsche Wort: Schwarzkunst auf denselben Ursprung zurückgeführt werden.

### Allgemeine Eigenschaften der Körper.

Allgemeine  
Eigenschaften  
der Körper.

Zu einem klaren Begriff des Wesens und der Natur der Körper gelangt man nur durch das Studium ihrer Eigenschaften. Diese Eigenschaften aber sind entweder allgemeine Eigenschaften der Materie, oder es sind besondere, nur gewissen Körpern eigenthümliche.

Zu den allgemeinen Eigenschaften gehören unter anderen die Raumerfüllung, die Theilbarkeit, die Cohäsion, die Schwere und Wägbarkeit, die Affinität.

Wir wollen diejenigen dieser Eigenschaften, die mit unseren Zwecken in näherer Beziehung stehen, etwas eingehender ins Auge fassen.

#### Theilbarkeit.

Theilbar-  
keit.

Ein physikalischer Körper unterscheidet sich von einem mathematischen dadurch, dass bei ersterem der Raum, welchen er einnimmt, mit Materie gefüllt ist. Eine genauere Betrachtung führt aber zu der Ueberzeugung, dass auch bei dem physikalischen Körper der Raum, welchen er einnimmt, keineswegs gleichmässig mit Materie erfüllt ist, sondern dass jeder solche Körper aus einer gewissen Summe sogenannter Massentheichen (Moleküle) besteht, die mehr oder weniger innig aneinandergelagert sind, aber immerhin kleine Zwischenräume zwischen sich lassen (Poren). Diese Moleküle werden durch eine Anziehungskraft: die Cohäsion zusammengehalten, die unter Umständen überwunden werden kann, namentlich auch durch mechanische Gewalt (Theilbarkeit).

Alle Körper sind demnach theilbar, das heisst, alle Körper ohne Ausnahme lassen sich in kleinere und immer kleinere Partikelchen verwan-



dehn. Dies geschieht stets durch eine Gewalt, welche die den Massentheiligen der Körper eigenthümliche Neigung aneinander zu haften: die Cohäsion derselben, überwinden, also stärker sein muss wie diese.

Wir haben Grund anzunehmen, dass die Theilbarkeit der Körper keine unbegrenzte, sondern eine begrenzte sei, obgleich die nachweisbare Theilbarkeit über die Grenzen der sinnlichen Wahrnehmung hinausreicht. Ist nun aber die Theilbarkeit eine begrenzte, so kann man sich jeden Körper aus einer Summe von kleinen, durch Cohäsion zusammengehaltenen, nicht weiter mehr theilbaren Theilchen bestehend denken, welche man dann Atome nennt (von  $\alpha$  privat. und  $\tau\epsilon\mu\nu\omega$ ).

Diese bis zu einem gewissen Grade hypothetische Anschauung mit ihren Consequenzen wird unter der Bezeichnung atomistische Theorie zusammengefasst.

Der Unterschied von Molekülen oder Massentheilchen und Atomen liegt also darin, dass wir mit letzterem Ausdrucke Massentheilchen verstehen, die einer weiteren Theilung nicht mehr fähig sind.

#### Aggregatzustand.

Alle Körper sind entweder fest, tropfbarflüssig, gas- oder luftförmig. Fest ist der Stein, das Holz, das Glas, das Eisen, tropfbarflüssig das Wasser, das Oel, das Quecksilber, luft- oder gasförmig die atmosphärische Luft u. s. f.

Aggregatzustände.

Diese drei Zustände, welche die Körper zeigen, nennen wir Aggregatzustände.

Der Aggregatzustand eines Körpers ist kein absoluter, d. h. ein fester Körper bleibt nicht unter allen Umständen fest, ein flüssiger flüssig u. s. w., sondern es kann ein und derselbe Körper unter verschiedenen Umständen verschiedene Aggregatzustände zeigen, es kann ein Körper das einmal fest, das anderemal flüssig, ein drittesmal gasförmig sein. So das Wasser, welches, gewöhnlich flüssig, im Winter fest, zu Eis wird, und welches wir durch Erwärmung in den luftförmigen Aggregatzustand überführen können, und so mehrere andere Körper. Viele Körper kennt man nur in zwei Aggregatzuständen, fest und flüssig, andere nur gasförmig. Der Aggregatzustand der Körper also ist nur ein relativer Begriff, man kennt aber im Allgemeinen die Bedingungen, von denen er abhängig ist.

Die Aggregatzustände der Körper sind relative.

Der Aggregatzustand der Körper ist abhängig von der Temperatur und dem Drucke, unter dem sie sich befinden.

Sie sind abhängig von der Temperatur und vom Drucke, unter dem sie sich befinden.

Durch Erhöhung der Temperatur, durch Erwärmung, werden feste Körper flüssig, flüssige Körper luft- oder gasförmig. Ein fester Körper, der bei einem gewissen Grade der Erwärmung flüssig wird, kann bei noch stärkerer Erwärmung luftförmig werden.

Das Blei ist bei gewöhnlicher Temperatur fest, wenn wir es bis zu einem gewissen Grade erhitzen, so wird es flüssig: es schmilzt. Aehn-



lich verhalten sich Kupfer, Eisen, Zinn. Das Silber, ebenfalls ein fester Körper, ein Metall, bis auf eine bestimmte Temperatur erhitzt, wird gleichfalls flüssig und schmilzt; wenn wir es aber einer noch stärkeren Hitze aussetzen, wie wir dieselbe durch eine kräftige galvanische Säule hervorgerufen können, so verwandelt sich das Silber in Gas, d. h. es wird luftförmig. Auch der Schwefel gehört zu jenen Körpern, welche bei verschiedenem Grade der Erwärmung flüssig und luftförmig werden. Bei gewöhnlicher Temperatur fest, wird er erwärmt flüssig, und dann bei gesteigerter Hitze luftförmig.

Durch Erniedrigung der Temperatur, durch Abkühlung, durch Kälte werden luftförmige Körper flüssig, flüssige fest. Die Kälte ist sonach in ihrer Wirkung auf den Aggregatzustand der Körper der Wärme direct entgegengesetzt.

Wenn wir Wasserdampf, d. h. luftförmiges Wasser, stark abkühlen, so wird es wieder flüssig, geht die Abkühlung bis zu einer gewissen Grenze, so wird es fest: es gefriert. In unseren Wohnungen ist immer eine gewisse Menge Wasserdampf. Ist es draussen kalt, so sehen wir dies so gleich an dem sogenannten Anlaufen der Fensterscheiben. Indem sich nämlich die Temperatur derselben durch die Kälte von aussen erniedrigt, machen sie den mit ihnen in Berührung kommenden Wasserdampf flüssig, der sich daher in Tropfen an ihnen ansammelt. Steigt die Kälte, so wird auch an den Fenstern das Wasser fest, die Fenster frieren zu.

Wenn wir Quecksilber, ein bei gewöhnlicher Temperatur flüssiges Metall, erhitzen, so verwandelt es sich bei einem gewissen Grade der Erwärmung in luftförmiges Quecksilber. So lange diese Temperatur währt, bleibt es luftförmig, so wie sie aber sinkt, so beginnt das luftförmig gewordene wieder den flüssigen Aggregatzustand anzunehmen. Erkaltet man das Quecksilber sehr stark, so wird es fest.

Die Temperaturen, bei welchen die Körper ihren Aggregatzustand ändern, sind bei den verschiedenen Körpern sehr verschieden. So wird der Phosphor, ein fester Körper, schon bei einer Temperatur flüssig, die nicht halb so hoch ist, wie diejenige, die siedend heisses Wasser zeigt, während die, bei der das Blei flüssig wird, weit über dreimal so hoch, und jene, bei der das Silber schmilzt, mehr wie zehnmal so hoch ist. Wasser und Quecksilber sind beide flüssig, können aber durch Erniedrigung der Temperatur fest werden. Die Temperatur aber, bei der das Quecksilber fest wird, ist vierzig mal niedriger, als diejenige, bei welcher das Wasser gefriert. Manche Luftarten endlich verwandeln sich schon bei einer Temperatur, welche um wenig niedriger ist, wie die des schmelzenden Eises, in Flüssigkeiten, während andere dazu eine um vieles niedrigere Temperatur erfordern.

Aus den angeführten Beispielen erhellt zur Genüge, dass die Temperaturen, bei welchen die Körper ihre Aggregatzustände ändern, sehr verschiedene sind. Die Temperatur aber, bei welcher ein und derselbe Körper seinen Aggregatzustand ändert, ist eine constante, sich gleich-



bleibende, das heisst, wenn ein bestimmter fester Körper durch Wärme flüssig, ein flüssiger luftförmig wird, so geschieht dies stets bei derselben Temperatur; ebenso ist die Temperatur, bei welcher luftförmige Körper flüssig und flüssige fest werden, eine constante.

Die Temperatur, bei welcher ein fester Körper flüssig wird, heisst man seinen Schmelzpunkt; die, bei welcher flüssige Körper unter der Erscheinung des Siedens gas- oder luftförmig werden, ihren Siedpunkt, die, bei welcher flüssige Körper fest werden, ihren Erstarrungspunkt; die Temperatur, bei welcher luftförmige Körper sich in Flüssigkeiten verwandeln, nennt man ihre Verdichtungstemperatur.

Schmelzpunkt, Siedpunkt, Erstarrungspunkt.

Verdichtungstemperatur.

Wenn man Gase, d. h. luftförmige Körper, in den flüssigen oder festen Aggregatzustand überführt, so bezeichnet man dies durch den Ausdruck Verdichtung.

Der Aggregatzustand der flüssigen und gasförmigen Körper ist ausser der Temperatur auch von dem Drucke abhängig, unter welchem sie sich befinden. Durch sehr starken Druck können wir namentlich viele luftförmige Körper zu Flüssigkeiten verdichten, während andererseits Flüssigkeiten, welche unter gewöhnlichem Drucke: dem der atmosphärischen Luft, — welcher, wie wir später hören werden, gleich ist dem Gewichte einer Quecksilbersäule von 28 P. Z. Höhe, — eine gewisse Erwärmung bedürfen, um luftförmig zu werden, im luftverdünnten oder luftleeren Raume, unter dem Recipienten der Luftpumpe, ohne Erwärmung und sehr rasch luftförmig werden.

Wenn wir einen luftförmigen Körper, welchen wir später unter dem Namen schweflige Säure näher kennen lernen werden, einem Drucke aussetzen, welcher ungefähr dreimal so gross ist, wie der der atmosphärischen Luft, sonach gleich dem Gewichte einer Quecksilbersäule von  $28 \times 3 = 84$  P. Z. Höhe, so verwandelt sich das schwefligsaure Gas in eine Flüssigkeit, während wir, um die Kohlensäure, einen anderen luftförmigen Körper, zu einer Flüssigkeit zu verdichten, einen Druck anwenden müssen, der 36 mal so gross ist, wie der der atmosphärischen Luft. Man sieht hieraus auch, dass der Druck, durch welchen die Verdichtung der Luftarten bewirkt wird, ein sehr verschiedener ist. — Das Wasser ist ein bei gewöhnlichen Verhältnissen flüssiger Körper. Wenn wir es bis zu einem gewissen Punkte, bis zu seinem Siedpunkte, erwärmen, so wird es gasförmig. Wenn wir aber Wasser in einen luftleeren Raum, sonach in einen Raum bringen, in welchem auf dem Wasser nicht mehr der Druck der atmosphärischen Luft lastet, so beginnt das Wasser von selbst ohne alle Erwärmung zu sieden, d. h. sich in Wassergas zu verwandeln. Damit im Zusammenhange steht es, dass der Siedpunkt der Flüssigkeiten sich erniedrigt, wenn der Druck der Luft geringer wird, dass sonach bei geringerem Luftdrucke, wie derselbe auf hohen Bergen z. B. stattfindet, die Flüssigkeiten bei einer Temperatur zu sieden, d. h. sich in Dampf zu verwandeln beginnen, welche niedriger ist, als die, bei welcher sie unter gewöhnlichem Luftdrucke sieden. Es gründet sich hierauf eine Methode der Höhenmessung. Die Ver-



dichtung der luftförmigen Körper kann, wie aus dem Obigen erhellt, sowohl durch Abkühlung, d. h. durch Temperaturerniedrigung, als auch durch Druck bewirkt werden. Die sichersten Wirkungen erzielen wir durch die Vereinigung dieser beiden Momente, und in der That widerstehen der gleichzeitigen Einwirkung der starken Erkältung und sehr starken Druckes nur sehr wenige Luftarten. Die meisten derselben gehen dann in den tropfbarflüssigen Zustand über.

Sind luftförmige Körper entweder durch bedeutende Temperaturerniedrigung oder Druck, oder durch beide Momente tropfbarflüssig geworden, so währt dieser Aggregatzustand derselben gewöhnlich nur so lange, als diese Bedingungen; wird der Druck aufgehoben und die Temperaturerniedrigung macht wieder der gewöhnlichen Temperatur Platz, so kehrt der flüssig gewordene Körper wieder in den luftförmigen Aggregatzustand zurück. Dabei wird soviel Wärme gebunden, d. h. latent, oder mit anderen Worten eine solche Kälte erzeugt (Verdunstungskälte s. w. u.), dass der noch übrig gebliebene flüssige Antheil zuweilen fest wird, oder gefriert.

Wenn nämlich feste Körper flüssig, und flüssige luft- oder gasförmig werden, so verschwindet dabei stets ein Theil der Wärme für unser Gefühl, er wird latent oder gebunden. Es wird sonach durch eine derartige Veränderung des Aggregatzustandes der Körper eine Temperaturerniedrigung hervorgerufen, die am deutlichsten bei dem Uebergange flüssiger Körper in den gasförmigen oder luftförmigen Zustand beobachtet werden kann, und zuweilen so bedeutend ist, dass keine natürliche klimatische Kälte damit verglichen werden kann, eine Kälte, die zuweilen doppelt so gross ist, wie diejenige, welche als Maximum in Polargegenden beobachtet wurde.

Wenn wir Aether, eine Flüssigkeit, von der erst später näher die Rede sein kann, auf die Hand tröpfeln, so verwandelt sich dieselbe sehr rasch in Aetherdampf, d. h. wird luftförmig, dabei entsteht auf der Hand das Gefühl intensiver Kälte, und wenn wir die Kugel eines Thermometers mit etwas Baumwolle umwickeln, und auf selbe allmählich Aether träufeln, wobei er sehr rasch luftförmig wird, so fällt das Quecksilber in der Thermometeröhre um viele Grade.

Nicht alle Körper kennen wir in allen drei Aggregatzuständen, und wenn wir auch in dem Maasse, als es uns gelingen wird, noch höhere Hitzegrade und noch stärkere Druckverhältnisse zu erzielen, noch viele Aggregatzustandsänderungen werden hervorrufen können, so ist es doch zweifelhaft, ob wir jemals im Stande sein werden, alle Körper in allen drei Aggregatzuständen zu erhalten, da es viele Körper giebt, die hohe Temperaturen nicht ertragen, indem sie sich in der Hitze zersetzen, d. h. in ihrer Natur ändern.

Den Uebergang tropfbarflüssiger Körper in den luftförmigen Aggregatzustand nennen wir Verdunstung, und die dadurch erzeugte Kälte Verdunstungskälte.

Latente  
Wärme, Ver-  
dunstung,  
Verdun-  
stungskälte.



Feste Körper, die flüssig werden können, nennen wir schmelzbar, feste und tropfbarflüssige Körper, die ohne Zersetzung in den luftförmigen Aggregatzustand übergeführt werden können, nennen wir flüchtig, solche die diese Eigenschaft nicht besitzen, nichtflüchtig.

Schmelzbarkeit, Flüchtigkeit, Nichtflüchtigkeit der Körper.

Gase nennen wir im Allgemeinen alle luftförmigen Körper. Gewöhnlich aber bezeichnet man mit dem Namen Gas nur solche Körper, welche unter gewöhnlichen Temperatur- und Druckverhältnissen luftförmig sind, während man durch höhere Temperatur erst luftförmig gewordene Körper, die bei gewöhnlicher Temperatur tropfbarflüssig oder fest sind, Dampf nennt. In diesem Sinne spricht man von Wasserdampf, Schwefeldampf, Joddampf u. s. w., und daher rührt auch der Name Verdampfung für die Ueberführung flüssiger Körper in Dampf, d. h. in den luftförmigen Aggregatzustand.

Gase und Dämpfe.

Permanente Gase nennt man solche luftförmige Körper, welche bisher noch nicht, weder durch Druck, noch durch starke Kälte, zu Flüssigkeiten oder festen Körpern verdichtet werden konnten.

Permanente u. coërcible Gase.

Coërcible Gase dagegen solche, welche durch Druck oder Abkühlung verdichtbar sind, d. h. dadurch in Flüssigkeiten oder feste Körper verwandelt werden können. In der Physik gebraucht man den Ausdruck Gas nur für die permanenten Gase, und nennt alle coërciblen Gase Dampf.

Viele feste und luftförmige Körper werden auch tropfbarflüssig, wenn wir gewisse andere flüssige Körper auf sie einwirken lassen. Indem sich der feste oder luftförmige Körper in diesen Flüssigkeiten gleichmässig vertheilt und selbst flüssig wird, verschwindet er für unser Auge. Diesen Vorgang nennt man Auflösung, und feste oder luftförmige Körper, die sich in Berührung mit gewissen Flüssigkeiten auf die erwähnte Art gleichmässig vertheilen, nennt man auflöslliche. Abgesehen von der Aenderung seines Aggregatzustandes und dem dadurch bedingten Verluste seiner durch das Auge wahrnehmbaren Form erleidet der Körper dadurch keine weitere Veränderung. Wenn wir das Lösungsmittel eines festen nichtflüchtigen Körpers, d. h. die Flüssigkeit, in welcher er gleichmässig vertheilt, aufgelöst ist, durch Erwärmung gasförmig machen, verdunsten, so bleibt der ursprüngliche feste Körper mit allen seinen früheren Eigenschaften zurück. Wenn wir z. B. ein Stück Zucker in ein Glas Wasser bringen, so verschwindet der Zucker allmählich, er löst sich auf, das Wasser hat aber nun den süßen Geschmack des Zuckers angenommen. Verdunsten wir aber das Wasser, indem wir dasselbe in einer flachen Schale erwärmen, so bleibt nach der Verflüchtigung alles Wassers wieder der ursprüngliche Zucker mit allen seinen Eigenschaften zurück.

Auflösung.

Eine Auflösung, bei welcher ein fester oder gasförmiger Körper in einer Flüssigkeit selbst flüssig wird, ohne im Uebrigen seine Eigenschaften zu ändern, nennen wir eine einfache Auflösung, wenn dagegen ein fester oder gasförmiger Körper in Berührung mit einer Flüssigkeit sich auflöst, aber dabei tiefgreifende Veränderungen erleidet, ein anderer wird, so nennt man das chemische Auflösung.

Einfache u. chemische Auflösung.



Wenn wir z. B. Silber mit Scheidewasser zusammenbringen, so löst sich das Silber auf, allein es erleidet dabei eine totale Veränderung, in Folge deren, wenn wir das Lösungsmittel, das Scheidewasser entfernen, nicht mehr das ursprüngliche unveränderte Silber, sondern ein ganz neuer, wesentlich verschiedener Körper zurückbleibt: der Silbersalpeter oder sogenannte Höllenstein.

Kälte-  
mischungen.

Bei der einfachen Auflösung der Körper wird ebenfalls Wärme latent, oder mit anderen Worten Kälte erzeugt, die manchmal so bedeutend ist, dass wir dadurch die Temperatur um viele Grade unter den Gefrierpunkt des Wassers herabdrücken können. Es beruhen hierauf die sogenannten Kältemischungen, mittelst deren man z. B. Wasser im Hochsommer leicht zum Gefrieren bringen kann.

Auf der Anwendung der Gesetze, von welchen der Aggregatzustand der Körper abhängig ist, beruhen das Sieden, Verdampfen, die Destillation, die Sublimation und das Trocknen.

Sieden und  
Verdampfen.

Unter Sieden oder Kochen versteht man die Verwandlung einer Flüssigkeit in Dampf zunächst durch Erhitzen derselben, wobei die Erscheinungen stattfinden, welche man im gewöhnlichen Leben mit Aufwallen und Siedegeräusch bezeichnet. Wird nämlich eine in einem beliebigen Gefässe enthaltene Flüssigkeit erhitzt, so wirkt die Wärme zunächst auf die dem Boden des Gefässes anliegenden Flüssigkeitstheilchen. Steigt nun die Temperatur bis zu jener Höhe, bei welcher sich die Flüssigkeit in Dampf verwandelt, so sind es diese Flüssigkeitstheilchen, welche zuerst in Dampf verwandelt werden. Es lösen sich daher von den Wandungen die Blasen dieses Dampfes ab, und steigen durch die Flüssigkeit an die Oberfläche und bedingen auf diese Weise das Aufwallen oder Blasenwerfen; indem sie ferner hier platzen, erzeugen sie das dem Sieden eigenthümliche singende Geräusch. Das Sieden einer Flüssigkeit findet immer dann statt, wenn die Dämpfe derselben eine Expansivkraft erreicht haben, die dem auf der Flüssigkeit lastenden Drucke (Atmosphärendruck) das Gleichgewicht hält. Man kann daher eine Flüssigkeit auch durch Verminderung des auf ihr lastenden Druckes zum Sieden bringen.

Destillation.

Unter Verdampfen oder Verdunsten verstehen wir die Operation überhaupt, durch welche wir eine Flüssigkeit in Dampf verwandeln.

Destillation ist diejenige Operation, vermittelt deren wir eine Flüssigkeit in Dampf verwandeln, den Dampf aber wieder durch Abkühlung verdichten, d. h. in den tropfbarflüssigen Aggregatzustand zurückführen. Ihr Zweck ist die Trennung einer Flüssigkeit von einem festen, darin aufgelösten, nicht flüchtigen Körper oder einer nicht oder weniger flüchtigen Flüssigkeit. Wenn wir z. B. ein Stück Zucker in Wasser auflösen, und wir wollen diesen Zucker wieder in seiner ursprünglichen festen Gestalt erhalten, so verdampfen wir die Lösung, wir verjagen das Wasser. Wenn wir dagegen das reine Wasser wieder gewinnen wollen, so destilliren wir die Lösung, d. h. wir verdampfen das Wasser, verdichten aber die Wasserdämpfe durch Abkühlung. Die Apparate, in welchen wir diese Operation



vornehmen, heissen Destillationsapparate. Dieselben bestehen aus drei Theilen. Aus einem Gefässe, in welchem die zu destillirende Flüssigkeit erhitzt, d. h. in Dampf verwandelt wird, aus einer Vorrichtung, in welcher der Dampf durch Abkühlung verdichtet wird, und aus einem Gefässe, in welchem die durch Verdichtung der Dämpfe erhaltene Flüssigkeit aufgesammelt wird.

Sublimation ist die Ueberführung eines flüchtigen festen Körpers in Dampf, und die Verdichtung des Dampfes durch Abkühlung zu dem ursprünglichen festen Körper. Wir nehmen diese Operation vor, wenn wir einen flüchtigen festen Körper von einem nicht flüchtigen trennen wollen. Der käufliche Indigo z. B. ist ein Gemenge von einem flüchtigen Körper und gewissen nichtflüchtigen Verunreinigungen. Wenn wir den Indigo sublimiren, so erhält man im Sublimat den reinen Indigo, während die nichtflüchtigen Verunreinigungen zurückbleiben. Sublimation.

Wenn festen Körpern mechanisch Flüssigkeiten in variabler Menge anhängen, so nennen wir sie feucht. Die Feuchtigkeit der festen Körper beruht in den bei Weitem gewöhnlichsten Fällen auf einem mechanisch zurückgehaltenen Wassergehalte derselben. Das Wasser aber ist eine Flüssigkeit, welche durch Wärme vollkommen luftförmig wird. Wenn wir daher feuchte nichtflüchtige oder bei der Temperatur des kochenden Wassers nichtflüchtige Körper in die Wärme bringen, so geht ihr Wassergehalt als Wasserdampf fort und sie werden trocken. Diese Operation ist das Trocknen. Trocknen.

#### Cohäsion.

Den Raum, welchen die Körper einnehmen, nennen wir ihr Volumen. Alle festen Körper haben eine selbstständige Gestalt, die flüssigen Körper haben keine selbstständige Gestalt; ihre Gestalt ist abhängig von der Form des Gefässes, in dem sie sich befinden; die gasförmigen Körper haben ebenfalls keine selbstständige Gestalt, sie haben aber auch kein bestimmtes Volumen, d. h. ihr Volumen ist nur abhängig von dem Drucke, der auf ihnen lastet. Wenn wir Wasser, welches eine Flasche von gewisser Grösse anfüllt, in eine Flasche nur zur Hälfte füllen, und wenn wir die grössere Flasche mit Wasser füllen, und nun versuchen all dieses Wasser in die kleinere zu bringen, etwa durch starken Druck, so wird uns dies auf keine Weise gelingen, denn Flüssigkeiten ebenso wie auch feste Körper haben bis zu einem gewissen Grade ein bestimmtes Volumen. Wenn wir dagegen einen luftförmigen Körper, der eine Flasche von bestimmter Grösse erfüllt, in eine doppelt so grosse Flasche bringen, so füllt er auch diese aus, indem er sich um so vieles ausdehnt, als das Mehr der Capacität der Flasche beträgt; und wenn wir luftförmige Körper einem starken Drucke aussetzen, so können wir sie auf  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{10}$  ihres früheren Volumens zusammenpressen, wir können daher auch ein Gas, welches eine grosse Flasche anfüllt, ohne Schwierigkeit in eine bei Weitem kleinere übertragen. Volumen.

Diese Erscheinungen sind abhängig von der Cohäsion. Wir ver- Cohäsion.



stehen unter Cohäsion das Aneinanderhaften der kleinsten Körpertheilchen oder Moleküle. Dieses Aneinanderhaften ist ein innigeres bei den festen Körpern, wie bei den tropfbarflüssigen, es ist gleich 0 bei den gasförmigen, bei welchen der Gegensatz der Cohäsion: die Expansion, das Bestreben der Theilchen, sich von einander zu entfernen, überwiegt.

Die Innigkeit, mit welcher die Moleküle eines Körpers aneinanderhaften, ist eine verschiedene bei den festen und bei den tropfbarflüssigen Körpern; sie ist aber auch verschieden bei den verschiedenen festen Körpern. Sie ist hier messbar durch den Widerstand, welchen ein fester Körper den Versuchen, seine Cohäsion aufzuheben, entgegengesetzt.

Cohäsion und Aggregatzustand stehen in inniger Wechselbeziehung, insofern letzterer von ersterer abhängig ist. Die Cohäsion ist ferner ebenso wie der Aggregatzustand abhängig von der Temperatur.

Ausdehnung  
der Körper.

Es ist ein allgemeines Naturgesetz, dass durch die Erwärmung die Cohäsion der Körper vermindert werde. Durch Erwärmung entfernen sich nämlich die Moleküle der Körper von einander und letztere vergrössern dadurch ihr Volumen, sie dehnen sich aus. Ausdehnung der Körper ist die allgemeinste Wirkung ihrer Erwärmung, gleichviel, ob sie fest, tropfbarflüssig oder gasförmig sind.

Zusammen-  
ziehung der-  
selben.

Temperaturerniedrigung dagegen vermehrt die Cohäsion der Körper, d. h. sie nähert ihre kleinsten Theilchen oder Moleküle einander, sie vermindert daher ihr Volumen. Durch Kälte ziehen sich die Körper auf ein geringeres Volumen zusammen, gleichgültig ob sie fest, flüssig oder gasförmig sind. Durch Erwärmung ausgedehnte Körper ziehen sich beim Erkalten auf ihr ursprüngliches Volumen wieder zusammen.

Feste Körper dehnen sich durch Erwärmung weniger aus, als flüssige, gasförmige aber viel beträchtlicher, als letztere.

Die Ausdehnung der Körper durch die Wärme erfolgt in einem bestimmten Raumverhältnisse zu den Temperaturgraden.

Die Ausdehnung ferner, welche feste und tropfbarflüssige Körper erleiden, ist bei den verschiedenen festen und flüssigen Körpern eine verschiedene bei gleichen Temperaturen, während sich alle Gase für gleiche Temperaturen gleich stark ausdehnen. Wenn man z. B. eine Stange Blei von der Temperatur des schmelzenden Eises bis zu der des kochenden Wassers erwärmt, so wird sie auf je 351 Maassteile, Zolle, Linien etc. um 1 Maasstheil länger; wird eine Goldstange von gleicher Grösse ebenso erwärmt, so wird sie erst auf je 682 Maassteile, welche sie lang ist, um einen Maasstheil länger. Man sieht aus diesem Beispiele auch, dass die Ausdehnung der festen Körper im Ganzen eine ziemlich geringe ist. Auch bei den Flüssigkeiten dehnen sich einige viel beträchtlicher aus, als andere. Erwärmt man z. B. Weingeist, Wasser und Quecksilber von der Temperatur des schmelzenden Eises bis zu der des kochenden Wassers, so werden 9 Maasse Weingeist zu 10 Maassen, 22,7 Maasse Wasser zu 23,7 Maassen und 55,5 Maasse Quecksilber werden zu 56,5 Maassen. Weingeist dehnt sich also 6 mal stärker aus, als Quecksilber. Alle gasförmigen Körper dagegen, ohne Unterschied ihrer Natur, dehnen sich zwischen gleichen Temperaturgrenzen gleichmässig aus, und wenn wir 1 Maasstheil Gas von



der Temperatur des schmelzenden Eises bis zu jener des kochenden Wassers erwärmen, so wird dieser Maasstheil zu 1,3665 Maasstheilen. Der Ausdehnungscoefficient für alle Gase ist daher gleich, und beträgt für je einen Temperaturgrad 0,003665. Feste ebensowohl als flüssige Körper dehnen sich ausserdem auch insofern nicht gleichmässig aus, als ein und derselbe Körper sich in höheren Temperaturen stärker ausdehnt, als in niederen, während Gase sich auch in höheren Temperaturen nahezu gleich ausdehnen, wie in niederen.

Auf den Gesetzen der Ausdehnung und Zusammenziehung der Körper beruhen zahlreiche Erscheinungen des gewöhnlichen Lebens, so die Verstimmung der Saiteninstrumente bei Temperaturwechsel, das Vorgehen der Uhren, welche metallene Pendel haben, im Winter, und ihr Nachgehen im Sommer, das Springen der Glas- und Porzellangefässe, wenn man, ohne sie vorher anzuwärmen, heisses Wasser oder heisse Flüssigkeiten überhaupt hineingiesst und andere Thatsachen mehr. Auf den Gesetzen der Ausdehnung der Körper durch die Wärme und der Zusammenziehung derselben durch die Kälte beruhen endlich unsere Wärmemesser überhaupt, und namentlich das Thermometer.

Erscheinungen, welche auf der Ausdehnung der Körper beruhen.

Die Wärme erkennen wir aus ihren Wirkungen, welche zahlreich sind. Mit dem Namen Temperatur aber bezeichnen wir das Maass der Wärme, den Grad, die Intensität derselben. Um den Grad der uns umgebenden Wärme zu ermitteln, können wir bis zu einem gewissen Grade unser Gefühl anwenden, d. h. die von unserem gesunden Organismus percipirte Wirkung der Wärme. Unser Gefühl sagt uns auf ganz untrügliche Weise, dass es im Allgemeinen im Sommer wärmer ist, als im Winter, dass es an manchen Sommertagen ganz besonders heiss, an manchen Wintertagen ganz besonders kalt ist; allein geringe Unterschiede in der Temperatur können wir durch das Gefühl nicht mehr ermitteln. Dazu bedienen wir uns seit mehr als zwei Jahrhunderten eines Instrumentes, welches durch die Ausdehnung eines Körpers durch die Wärme, in einem bestimmten Raumverhältnisse zum Maasse der Wärme stehend, die Veränderungen der Temperatur anzeigt. Dieses Instrument ist das Thermometer, und der am häufigsten angewandte Körper, durch dessen Volumveränderungen man die Temperatur misst, das Quecksilber.

Das Thermometer.

Ausser den Quecksilberthermometern hat man für bestimmte Zwecke noch Weingeist- und Luftthermometer construirt.

Man wendet das Quecksilber vorzugsweise deshalb an, weil feste Körper sich zu wenig ausdehnen, um sehr geringe Temperaturdifferenzen erkennen zu lassen, weil sich ferner die Gase schon durch geringe Wärmevermehrung so sehr ausdehnen, dass sie für gewöhnliche Zwecke nicht geeignet sind, und weil endlich die Flüssigkeiten zwischen diesen Extremen nicht allein eine geeignete Mitte halten, sondern das Quecksilber ganz besonders durch die Gleichförmigkeit seiner Ausdehnung innerhalb grösserer Temperaturgrenzen vor anderen Flüssigkeiten ausgezeichnet ist. Das Quecksilberthermometer besteht im Wesentlichen aus einer feinen Glas-



röhre, welche an dem einen Ende zu einer Kugel ausgeblasen und bis zu einer gewissen Höhe mit Quecksilber gefüllt ist. Das Quecksilber füllt die Kugel und einen Theil der engen Röhre, welche oberhalb des Quecksilbers luftleer gemacht und an ihrem oberen Ende zugeschmolzen ist. Wird die Kugel eines derartigen Instrumentes erwärmt, so sieht man in Folge der dadurch bewirkten Ausdehnung des Quecksilbers dasselbe in der Röhre in die Höhe steigen. Um sonach eine Zunahme der Wärme oder Abnahme derselben, wo dann das Quecksilber in der Röhre natürlich fällt, zu constatiren, würde ein derartiger Apparat genügen. Um aber dafür und namentlich für das Maass der Wärme einen bestimmten, gemeinverständlichen Ausdruck zu gewinnen, ist es nöthig, dem Instrumente eine Gradeintheilung, eine sogenannte Scala zu geben.

Dies geschieht dadurch, dass man zuerst zwei fixe Punkte ermittelt, bis zu welchen das Quecksilber bei einer gewissen Erwärmung steigt, und bei einer gewissen Abkühlung fällt. Zu diesem Behufe taucht man die Kugel des Instrumentes in schmelzendes Eis und bemerkt sich den Punkt, bis zu welchem nun das Quecksilber in der Röhre fällt. Es ist, man mag den Versuch anstellen, so oft man will, stets derselbe. Man macht an dieser Stelle einen feinen Theilstrich, um ihn ein- für allemal zu fixiren. Diesen Punkt nennt man Gefrierpunkt oder Eispunkt. Hierauf taucht man die Kugel des Instrumentes in kochendes Wasser. Die Folge ist ein rasches Steigen des Quecksilbers in der Röhre bis zu einem gewissen Punkte, der sich aber gleichbleibt, man mag den Versuch wiederholen, so oft man will. Man markirt ihn und nennt ihn Siedpunkt. Den Zwischenraum nun zwischen diesen beiden fixen Punkten nennt man Fundamentalabstand, und versieht ihn mit einer gewissen Anzahl gleich grosser, d. h. gleich weit von einander abstehender Theilstriche oder Grade. Die Anzahl und sonach auch die Grösse dieser Theilstriche ist aber eine conventionell willkürliche und bei den verschiedenen üblichen Thermometern verschiedene.

Arten des-  
selben.  
Réaumur.

Die üblichen Quecksilberthermometer sind das Réaumur'sche, Celsius'sche und Fahrenheit'sche. Bei dem Réaumur'schen Thermometer, welches in Deutschland das gewöhnliche ist, ist der Eispunkt mit 0 bezeichnet, und der Fundamentalabstand, d. h. der Zwischenraum zwischen dem Eispunkt und dem Siedpunkt, ist in achtzig gleich grosse Theile oder Grade eingetheilt, so dass der Siedpunkt, der Punkt, bis zu welchem das Quecksilber in der Röhre steigt, wenn man die Kugel des Instrumentes in kochendes Wasser taucht, mit 80 bezeichnet ist.

Celsius.

Das Celsius'sche Thermometer, das bei wissenschaftlichen Untersuchungen ausschliesslich angewandte und in Frankreich auch im gewöhnlichen Leben allgemein angenommene, hat den Eispunkt ebenfalls mit 0 bezeichnet, der Fundamentalabstand aber ist in 100 gleich grosse Theile oder Grade eingetheilt, so dass der Siedpunkt die Zahl 100 hat. Es sind sonach die Celsius'schen Thermometergrade, da hier derselbe Raum, der



bei Réaumur in 80 Theile eingetheilt ist, in 100 Theile getheilt wird, kleiner, wie die Réaumur'schen.

Indem die Theilstriche genau nach derselben Abstandgrösse über den Siedpunkt und unter den Gefrierpunkt bei den Instrumenten fortgesetzt werden, erhält man die Gradeintheilung für die höheren und niederen Temperaturen, als die des kochenden Wassers und schmelzenden Eises sind. Bei den Instrumenten von Réaumur und Celsius werden alle Grade über 0 mit + bezeichnet und auch wohl Wärmegrade genannt, während die unter 0 liegenden mit — bezeichnet und im gewöhnlichen Leben Kältegrade genannt werden.

Eine andere Eintheilung hat das Fahrenheit'sche Thermometer, Fahrenheit. welches in England sehr gebräuchlich ist. Der Eispunkt ist hier nicht mit 0, sondern mit 32 bezeichnet, der Siedpunkt aber mit 212, so dass der Fundamentalabstand in 180 gleiche Theile eingetheilt ist. Es sind sonach die Fahrenheit'schen Grade die kleinsten. Die Theilung wird in gleichem Verhältnisse oberhalb des Sied- und unterhalb des Gefrier- oder Eispunktes fortgesetzt, und es kommt an den Fahrenheit'schen Instrumenten der 0-Punkt 32 Grade unter den Eispunkt oder den 0-Punkt bei den anderen Instrumenten zu liegen.

Um sonach für die Temperatur einen gemeinverständlichen Ausdruck zu gewinnen, ist es nöthig, zu wissen, auf welches Instrument sich die Angaben beziehen, und welches das Eintheilungsprincip dieses Instrumentes ist. Dabei darf man ferner nicht vergessen, dass es nicht die Wärme selbst ist, welche man durch das Thermometer ermittelt, sondern nur das Maass derselben, und zwar durch die Wirkung derselben auf das Volumen eines Körpers. Wenn ich sonach sage, wir haben heute 27 Grad Wärme, so hat dies nur dann einen Sinn, wenn ich weiss, dass damit ein bestimmter Punkt an der Thermometerröhre gemeint ist, bis zu welchem das Quecksilber bei einer gewissen Erwärmung steigt, und wenn ich weiss, auf welches Instrument sich diese Angabe bezieht; wenn ich die Wirkung einer solchen Temperatur auf meinen Organismus wiederholt beobachtet habe, so kann ich mir mit dem Ausdrücke 27 Wärmegrade auch eine Vorstellung von den Wirkungen einer solchen Temperatur machen.

Da die Gradeintheilung bei den verschiedenen Instrumenten eine verschiedene ist, so ist es bei Thermometerangaben nöthig, ein Zeichen beizufügen, welches das Instrument, auf welches sich die Angaben beziehen, anzeigt. Man bezeichnet die Réaumur'schen Grade mit R., die Celsius'schen mit C., die Fahrenheit'schen mit F., und die Grade selbst mit °, welches man oben an die betreffende Zahl und rechts von derselben setzt. Z. B. 21° R., 63° C., 79° F. u. s. w.

Die gleiche Wärme wird bei den verschiedenen Instrumenten natürlich durch sehr verschiedene Zahlen angegeben. Nachstehende Tabelle macht dies anschaulich. Es sind:



Vergleichende Tabellen.

Réaumur.	Celsius.	Fahrenheit.	Réaumur.	Celsius.	Fahrenheit.
0	0	+ 32	+ 40	50	+ 122
+ 1	1,25	34,25	45	56,25	133,25
5	6,25	43,25	50	62,5	144,5
10	12,5	54,5	55	68,75	155,75
15	18,75	65,75	60	75	167
20	25	77	65	81,25	178,25
25	31,25	88,25	70	87,5	189,5
30	37,5	99,5	75	93,75	200,75
35	43,75	110,75	80	100	212

Es sind ferner:

Celsius.	Réaumur.	Fahrenheit.	Celsius.	Réaumur.	Fahrenheit.
- 20	- 16	- 4	+ 50	+ 40	+ 122
- 10	- 8	+ 14	60	48	140
0	0	32	70	56	158
+ 10	+ 8	50	80	64	176
20	16	68	90	72	194
30	24	86	100	80	212
40	32	104			

Formeln zur Reduction der Grade.

Will man übrigens Réaumur'sche Grade in Celsius'sche verwandeln, so multiplicirt man die Zahl der Réaumur'schen Grade mit 5, und dividirt in das Product mit 4. Der Quotient giebt die Celsius-Grade an.

Will man umgekehrt Celsius-Grade in Réaumur'sche verwandeln, so multiplicirt man die Anzahl der Celsius-Grade mit 4 und theilt das Product durch 5. Der Quotient giebt die Réaumur-Grade.

Zur Verwandlung der Fahrenheit'schen Grade in Celsius'sche zieht man von der gegebenen Grundzahl 32 ab und multiplicirt den Rest mit  $\frac{5}{9}$ , oder, was dasselbe ist, mit 0,55... Verwandelt man umgekehrt Celsius'sche in Fahrenheit'sche, so multiplicirt man mit  $\frac{9}{5}$  oder 1,8 und addirt zum Product 32.

Es sind sonach 9 Fahrenheit'sche Grade = 5° C. oder 4° R. Hieraus ergeben sich folgende Formeln:

$$x C = \frac{5 R}{4}; x R = \frac{4 C}{5}.$$

$$x F = (x F - 32) \cdot 0,55 C; x C = (x C \cdot 1,8 + 32) F.$$



Bei sehr genauen Thermometern sind auf der Scale nicht allein die ganzen Grade, sondern auch Bruchtheile derselben angegeben. So ist bei genauen Celsius'schen Instrumenten jeder Grad in zehn Theile eingetheilt.

Die Anwendung des Quecksilberthermometers findet in den Eigenschaften des Quecksilbers eine Grenze. Sinkt nämlich die Temperatur bis auf ungefähr  $-39^{\circ}\text{C}$ ., so gefriert das Quecksilber in der Röhre, und steigt sie auf  $+320^{\circ}\text{C}$ ., so verdampft das Quecksilber und fängt ungefähr bei  $+360^{\circ}\text{C}$ . an zu siedeln.

Um Temperaturen zu messen, welche unter  $-39^{\circ}\text{C}$ . liegen, bedienen wir uns der Weingeistthermometer, da Weingeist eine Flüssigkeit ist, welche durch die grösste Kälte, die wir erzeugen können, noch nicht zum Gefrieren gebracht wurde. Ihre nähere Beschreibung mag in physikalischen Lehrbüchern nachgesehen werden. Zur Bestimmung höherer Wärmegrade, wie  $+320^{\circ}\text{C}$ ., besitzen wir keine zuverlässigen und genauen Instrumente. Die sogenannten Pyrometer, welche dazu dienen sollen, beruhen auf der Ausdehnung, welche gewisse feste Körper durch die Hitze erleiden, oder auch wohl auf dem Schwinden des Thones in der Hitze. Die bekannteren darunter sind das Musschenbroeck'sche und Wedgwood'sche. Ihre Beschreibung gehört in die Physik.

Weingeistthermometer und Pyrometer.

Auch Luftthermometer mit metallener Kugel und Röhre hat man zur Bestimmung sehr hoher Temperaturen benutzt.

Noch muss endlich erwähnt werden, dass bei allen Temperaturbestimmungen, bei denen eine möglichst grosse Genauigkeit erfordert wird, die Veränderung berücksichtigt werden muss, welche durch die Ausdehnung des Glases des Thermometers in den Messungen bewirkt wird, ein Umstand, der namentlich bei höheren Temperaturen ins Gewicht fällt.

### Schwere und Wägbarkeit.

Alle Körper sind schwer, d. h. sie haben das Bestreben, sich der Erde zu nähern, sie werden von der Erde angezogen. Die Anziehung, welche die Erde auf die Körper ausübt, oder die Schwere der letzteren ist es, was sie fallen macht.

Schwere.

Ruht ein Körper auf einer Unterlage, so kann er nicht fallen; er übt aber dann in Folge seines Bestrebens, zu fallen, einen Druck auf seine Unterlage aus. Die Grösse oder den Betrag dieses Druckes nennen wir sein Gewicht.

Gewicht und Wägbarkeit.

Der Ausdruck: alle Körper sind wägbare, fällt in seiner Bedeutung mit dem Ausdrucke: alle Körper sind schwer, zusammen.

Im gewöhnlichen Leben versteht man häufig unter schwer sein, viel Gewicht haben. Wir sagen ein Körper sei schwer, wenn er einen sehr starken Druck auf seine Unterlage, z. B. auf unsere Hand, auf der er liegt, ausübt. Wir sagen ferner, ein Körper sei schwerer wie andere, wenn er



einen stärkeren Druck auf unsere Hand, auf unsern Rücken, auf dem er liegt, ausübt.

Das Gewicht  
der Körper  
ist ihrer  
Masse pro-  
portional.

Das Gewicht eines Körpers ist stets seiner Masse proportional. Masse aber ist das Product aus Volumen und Dichtigkeit. Das heisst, je grösser der Raum ist, welchen ein Körper einnimmt, und je dichter er ist, d. h. je grösser die Anzahl der Massentheilchen oder Moleküle in einem bestimmten Volumen desselben, desto grösser ist sein Gewicht, desto grösser ist der Druck, welchen er auf seine Unterlage ausübt. Wenn ein Stück Gold von gewisser Grösse ein gewisses Gewicht besitzt, so wird ein noch einmal so grosses Stück Gold das Doppelte dieses Gewichtes zeigen, und die Hälfte eines Zuckerhutes wird halb so viel wägen, wie der ganze. Nicht aber wird ein Stück Zucker, welches noch einmal so gross ist, wie das Stück Gold, noch einmal so viel wägen, denn der Zucker hat eine viel geringere Dichtigkeit, seine Masse, d. h. das Product aus Volumen und Dichtigkeit ist eine kleinere.

Die Wage.

Zur genauen Bestimmung des Druckes, welchen die Körper auf ihre Unterlage ausüben, oder ihres Gewichtes, dient die Wage. Die Theorie der Wage beruht auf dem physikalischen Gesetz vom Gleichgewicht der Kräfte, welches in der Physik seine Erörterung findet. Mittelst der Wage bestimmen wir das Gewicht der Körper, indem wir ermitteln, wie viel Masse eines Körpers nöthig ist, um dem Drucke, welchen ein anderer Körper auf seine Unterlage ausübt, das Gleichgewicht zu halten. Wenn ich auf die eine Wagschale der Wage ein Stück Zucker bringe, und auf die andere einen goldenen Fingerring und überdies einen eisernen Schlüssel und ein Taschenmesser, und nun die Wage im Gleichgewichte steht, so habe ich ermittelt, dass, um dem Drucke, welchen das Stück Zucker auf seine Unterlage: die eine Wagschale, ausübt, das Gleichgewicht zu halten, mein goldener Fingerring, ein Schlüssel von bestimmter Grösse und mein Taschenmesser nöthig sind. Das Gewicht eines Stückes Zuckers von bestimmter Grösse beträgt also so viel, wie das des Ringes, Schlüssels und Messers zusammengenommen. Hierdurch erhalte ich aber keine für Andere verständliche Resultate, denn Derjenige, der meinen Ring u. s. w. nicht kennt, kann sich von dem Gewichte und der Masse dieser Dinge und sonach auch von dem Gewicht und der Masse des Stückes Zucker keinen Begriff machen. Um gemeinverständliche Resultate zu gewinnen, muss man bei der Gewichtsbestimmung der Körper auf dem Wege allgemeiner Uebereinkunft gewisse Masseneinheiten festsetzen, welche man ein für allemal anwendet, um die Störung des Gleichgewichts der Wage wieder aufzuheben, welche durch den zu wägenden Körper hervorgerufen wird. Diese auf conventionellem Wege angenommenen Masseneinheiten sind die Gewichte. Wenn wir daher sagen, ein Körper von bestimmter Masse, z. B. ein Stück Zucker, wäge 2 Pfund und 6 Loth, so heisst das, er übt denselben Druck aus, wie zwei von den Masseneinheiten oder Gewichtseinheiten, welche wir Pfunde nennen, und sechs von den Gewichtseinheiten, welche wir Lothe nennen. Wäre die ganze civilisirte Welt über voll-

Gewichte.



kommen gleiche Gewichtseinheiten übereingekommen, wäre z. B. die Gewichtseinheit, welche wir Pfund nennen, überall angenommen und gleich, so wäre der Ausdruck Pfund, Loth u. s. w. allgemein verständlich. Dies ist aber leider nicht der Fall. Nicht nur ist die Benennung und die Masse der Gewichtseinheiten in den verschiedenen Ländern eine verschiedene, sondern auch Gewichtseinheiten von gleicher Benennung haben in den verschiedenen Ländern einen verschiedenen Werth, das heisst: eine verschiedene Masse. So ist das englische Pfund ein anderes wie das österreichische, das preussische ein anderes wie das bairische, das sächsische ein anderes wie das hessische u. s. w.; das sogenannte Medicinalpfund endlich ein anderes wie das bürgerliche; die Medicinalpfunde sind ferner wieder unter sich verschieden u. s. w. Um sonach die Gewichtsangaben zu verstehen, muss man die Gewichtseinheiten kennen, worauf sie sich beziehen, und man muss das Verhältniss kennen, in welchem diese Gewichtseinheiten zu den landesüblichen Gewichten stehen. Bei der Mannigfaltigkeit der verschiedenen Gewichtseinheiten aber ist die Umwandlung, die Reduction derselben auf das landesübliche und daher dem Einzelnen verständliche Gewicht eine sehr mühselige, zeitraubende Sache. Dazu kommt noch, dass die gewöhnlichen Gewichtseinheiten empirische, d. h. ganz willkürlich angenommene sind. Es wird ein Normalgewicht gemacht, und nach diesem werden alle in Gebrauch kommenden normirt. Geht ein solches Normalgewicht verloren, so ist nicht immer auszumitteln, wie schwer es gewesen war.

Das Bewusstsein dieser Calamitäten, die namentlich für diejenigen Naturwissenschaften, in welchen Gewichtsbestimmungen eine wichtige Rolle spielen, wie für Physik und Chemie, von grosser Bedeutung sind, führte zu Ende des vorigen Jahrhunderts in Frankreich zur Aufstellung eines rationellen Gewichtes, welches nun nicht allein in Frankreich das allgemein übliche und allein gesetzliche ist, sondern auch das in allen Naturwissenschaften ausschliesslich angenommene und den Naturforschern der ganzen Welt verständliche darstellt. Dieses Gewicht heisst Grammegewicht und seine Einheit ist die Gramme. Das Grammegewicht ist von dem Längenmaasse abgeleitet, und dieses von einer unveränderlichen Länge, welche von der Gestalt der Erde abgeleitet ist.

Um ein unveränderliches Längenmaass zu erhalten, wurde der Natur selbst eine unveränderliche Grösse entnommen, nämlich die Länge eines Erdmeridians, welcher bekanntlich der Umfang eines grössten Kreises der Erdkugel ist, welcher durch die beiden Pole geht. Durch eine Reihe mit grösster Sorgfalt von bewährten Physikern und Astronomen ausgeführter Gradmessungen und Bestimmungen wurde die Länge eines Meridianbogens von Dünkirchen bis zur Insel Formentera gemessen, und hieraus die Länge des Erdquadranten, d. h. des vierten Theils des Erdmeridians, berechnet. Diese Länge theilte man zur Schaffung des Längenmaasses in zehn Millionen gleiche Theile ein und nahm den zehnmillionsten Theil des Erdquadranten, oder, was dasselbe ist, den vierzigmillionsten Theil des Erdmeri-

Grammegewicht.

Das Grammegewicht ist vom Längenmaasse abgeleitet, und dieses von der Gestalt der Erde abgeleitet.



Metermaass. dians als Einheit des französischen Maasses an. Diese Maasseinheit heisst Meter. Jeder Meter wird nach dem Decimalsystem in 10 Decimeter, in 100 Centimeter und in 1000 Millimeter eingetheilt. 10 Meter heissen ferner 1 Decameter, 100 Meter 1 Hectometer, 1000 Meter 1 Kilometer und 10,000 Meter 1 Myriameter.

Es sind sonach:

Myriameter	Kilometer	Hectometer	Decameter	Meter
1	= 10	= 100	= 1000	= 10000
	1	= 10	= 100	= 1000
		1	= 10	= 100
			1	= 10
Meter	Decimeter	Centimeter	Millimeter	
1	= 10	= 100	= 1000	
	1	= 10	= 100	
		1	= 10	

Verhältniss  
des Meters  
zu einigen  
anderen  
Längen-  
maassen.

Das Verhältniss der nachstehenden Längenmaasse zum Metermaasse ist folgendes:

1 preussischer Fuss ist . . .	= 313,8 Millimeter
1 bairischer " " . . .	= 291,8 "
1 österreichischer " " . . .	= 316,1 "
1 englischer " " . . .	= 304,8 "
1 altfranzösischer (Pariser) Fuss ist	= 324,8 "
1 deutsche Meile ist . . .	= 7407 Meter
1 englische Seemeile ist . . .	= 1852 "

Die Einheit  
des Flüssig-  
keitsmaasses  
ist der Litre.

Von dem Längenmaasse, dem Meter, ist auch das französische Flächen- und Körpermaass abgeleitet. Die Einheit des Flächenmaasses ist der Are = 1 Quadrat-Decameter, und die Einheit des Körpermaasses ist der Stere = 1 Kubikmeter. Die Einheit des Hohlmaasses, besonders für Flüssigkeiten, ist der Litre = 1000 Kubikcentimeter. Das Verhältniss des Litre, als des nicht allein in Frankreich, sondern namentlich auch in Rheinbaiern gesetzlich eingeführten Flüssigkeitsmaasses, zu einigen anderen Flüssigkeitsmaassen ergibt sich aus nachstehender Tabelle. Es sind:

Verhältniss  
des Litre zu  
einigen an-  
deren Flüssig-  
keits-  
maassen.

1 bairisches Maass	= 1,069 Litre
1 österreichisches Maass	= 1,415 "
1 preussisches Quart	= 1,145 "
1 sächsische Kanne	= 0,935 "

Von dem Körpermaasse nun ist die Einheit des französischen Gewichtes abgeleitet. Diese Einheit ist das Gewicht eines Kubikcentimeters reinen Wassers bei einer Temperatur von + 4° C. und führt den Namen Gramme. Die weitere Eintheilung ist, wie bei dem



Maasse, eine dem Decimalsystem entsprechende. 10 Grammes heissen 1 Decagramme, 100 Grammes sind = 1 Hectogramme, 1000 Grammes = 1 Kilogramme, 10,000 Grammes = 1 Myriagramme.  $\frac{1}{10}$  Gramme ist ferner = 1 Decigramme,  $\frac{1}{100}$  Gramme = 1 Centigramme,  $\frac{1}{1000}$  Gramme = 1 Milligramme.

1 Gramme ist das Gewicht eines C.C.Wassers bei + 4° C.

Es sind sonach:

Myriagramme	Kilogramme	Hectogramme	Decagramme	Gramme
1	= 10	= 100	= 1000	= 10000
	1	= 10	= 100	= 1000
		1	= 10	= 100
			1	= 10

Gramme	Decigramme	Centigramme	Milligramme
1	= 10	= 100	= 1000
	1	= 10	= 100
		1	= 10

Nachstehende Tabelle giebt das Verhältniss des Grammegewichtes zu einigen anderen.

Es sind:

1 Zollvereinspfund . . . . .	= 500	Grammes
1 preussisches Pfund . . . . .	= 467,711	"
1 bairisches " . . . . .	= 560,00	"
1 badisches " . . . . .	= 500,00	"
1 Schweizer " . . . . .	= 500,00	"
1 englisches " . . . . .	= 453,59	"
1 österreichisches " . . . . .	= 560,012	"
1 bairisches Medicinalpfund . . . . .	= 360,00	"
1 preussisches " . . . . .	= 350,78	"
1 bairischer Gran . . . . .	= 0,062	"
1 preussischer " . . . . .	= 0,060	"

Verhältniss des Grammegewichtes zu einigen anderen Gewichten.

Da die Einheit des französischen Gewichtes die Gramme ist und alle geringeren Gewichte Bruchtheile dieser Einheit sind, so schreibt man bei Gewichtsangaben zuerst die Zahl der Grammes, macht darnach ein Komma und schreibt zur Rechten dieses Kommas die Decigramme, dann die Centigramme und hierauf die Milligramme. Wiegt z. B. ein Körper 21 Grammes, 5 Decigrammes, 3 Centigrammes und 8 Milligrammes, so schreibt man dies einfach: 21,538 Grammes.

Es wurde bereits weiter oben erwähnt, dass das Grammegewicht, welches in Frankreich das allein gesetzliche ist, einem allgemeinen Uebereinkommen zufolge das in der ganzen wissenschaftlichen Welt adoptirte darstelle.



Vorzüge des  
französi-  
schen Ge-  
wichtssy-  
stems.

Die Hauptvorzüge desselben sind folgende: Es ist ein rationelles Gewicht, da es nicht willkürlich angenommen, sondern von einem Unveränderlichen, dem Längenmaasse der Erde, abgeleitet ist. Es entspricht dem Decimalsystem; die Rechnungen damit werden daher ausserordentlich einfach und bequem, da alles Rechnen mit gemeinen Brüchen wegfällt, und es steht in der innigsten und einfachsten Beziehung zum Körpermaasse. 1 Litre sind 1000 C. C. (Kubikcentimeter). 1 C. C. Wasser bei  $+ 4^{\circ}$  C. wiegt 1 Gramme, folglich wiegt 1 Litre Wasser bei  $+ 4^{\circ}$  C. genau 1 Kilogramme. Aus dem Maasse einer Flüssigkeit können wir daher, wenn uns ihre Dichtigkeit (siehe unten) bekannt ist, ohne alle Schwierigkeit ihr Gewicht mit aller Genauigkeit berechnen.

### Specifisches Gewicht.

Absolutes  
und speci-  
fisches Ge-  
wicht.

Das Gewicht eines Körpers an und für sich, so wie wir es durch die Wage ermitteln, nennen wir sein absolutes Gewicht. Wenn wir sagen, ein goldener Ring wäge ein halbes Loth, eine Kanonenkugel 24 Pfund und eine Flintenkugel zwei Loth, so bezeichnen wir damit das absolute Gewicht dieser Gegenstände. Wenn wir aber nun sagen, Gold sei schwerer als Blei, und Blei schwerer als Eisen, so können wir sicherlich damit nicht meinen, dass ein goldener Fingerring schwerer sei, als eine 24pfündige Kanonenkugel von Eisen, und eine Blei-Flintenkugel schwerer, wie eine eiserne Kanonenkugel, sondern wir meinen damit etwas ganz Anderes. Wir meinen damit, dass, wenn wir uns von Gold, Blei und Eisen genau gleich grosse Kugeln oder Stangen oder Ringe u. s. w. anfertigen lassen, dann die Goldkugel u. s. w. schwerer sein wird, wie die Bleikugel, und diese schwerer, wie die Eisenkugel. Mit andern Worten: dass gleiche Volumina dieser Körper ein verschiedenes Gewicht besitzen. Wenn wir die verschiedenen Körper mit einander vergleichen, so finden wir die That- sache, dass gleiche Volumina oder Raumeinheiten derselben ein verschiedenes Gewicht zeigen.

Die Gewichte gleicher Volumina verschiedener Körper sind ihre specifischen Gewichte.

Diese Gewichte stehen zu einander stets in einem bestimmten Ver- hältnisse, und sind eine beständige charakteristische Eigenschaft der Körper.

Wenn wir uns vier ganz gleich grosse Gefässe von gleichem Raum- inhalt machen lassen, welche genau 100 Grammes Wasser fassen und wir füllen das eine derselben mit Wasser, ein anderes mit Weingeist, ein drittes mit Vitriolöl, und das vierte mit Quecksilber, so haben wir nun gleiche Volumina dieser verschiedenen Flüssigkeiten. Bestimmen wir nun ihr Gewicht, so finden wir, dass das Wasser 100 Grms. wägt, der Weingeist aber nur 80, das Vitriolöl 185 und das Quecksilber 1350 Grms. Die Zah- len 100, 80, 185, 1350 drücken also die respectiven Gewichte gleicher Volumina Wassers, Weingeists, Vitriolöls und Quecksilbers aus, und das



Verhältniss dieser Zahlen wird sich natürlich ganz gleich bleiben, wenn die Gefässe nur so gross sind, dass sie 1 Grm. Wasser fassen. Es wird dann der Weingeist 0,8 Grm., das Vitriolöl 1,85 Grm. und das Quecksilber 13,5 Grm. wägen. Mögen die gleichen Volumina betragen, was sie wollen, stets wird der Weingeist um  $\frac{2}{10}$  leichter sein, wie das Wasser, das Quecksilber aber 13,5 mal und das Vitriolöl  $\frac{85}{100}$  mal schwerer.

Unter Dichtigkeit der Körper verstehen wir die Menge ihrer Massentheilen oder Moleküle in einem bestimmten Volumen, oder was dasselbe ist, das Verhältniss ihres Gewichtes zu ihrem Volumen. Ein Körper besitzt eine um so grössere Dichtigkeit, je schwerer ein gewisses Volumen desselben ist, d. h. je grösser die Anzahl seiner Massentheilen in einem bestimmten Volumen. Ein Volumen Gold ist schwerer wie ein gleiches Volumen Wasser; Gold ist also dichter wie Wasser, oder, was dasselbe sagt, Gold ist specifisch schwerer wie Wasser. Die Begriffe von Dichtigkeit und specifischem Gewicht fallen sonach hier zusammen.

Die Dichtigkeit fällt mit dem Begriffe des specifischen Gewichtes zusammen.

Wenn wir angeben wollen, welches das specifische Gewicht eines Körpers sei, so können wir das nur, indem wir ein bestimmtes Volumen desselben mit einem gleichen Volumen eines anderen Körpers vergleichen, und angeben, wie vielmal das eine schwerer oder leichter ist wie das andere. Um gemeinverständliche Resultate zu gewinnen, ist es aber unstreitig am zweckmässigsten, wenn wir das Volumen eines Körpers = 1 setzen und ermitteln, wie vielmal schwerer oder leichter gleiche Volumina aller übrigen Körper sind.

Man ist übereingekommen, für alle festen und flüssigen Körper das Wasser = 1 zu setzen, und anzugeben, wie vielmal schwerer oder leichter alle übrigen festen oder flüssigen Körper sind, wenn ein ihnen gleiches Volumen Wasser 1 wägt. Wenn wir sonach sagen, das specifische Gewicht des Quecksilbers sei 13,5, so heisst das, das Quecksilber sei  $13\frac{1}{2}$  mal schwerer wie ein ihm gleiches Volumen Wasser; wenn wir ferner sagen, das specifische Gewicht des Goldes sei = 19,5, so heisst das, das Gold sei  $19\frac{1}{2}$  mal schwerer, wie Wasser.

Für die specifischen Gewichte aller festen und flüssigen Körper wird das Wasser = 1 gesetzt, als Einheit angenommen.

Das specifische Gewicht eines festen oder flüssigen Körpers ermitteln, heisst sonach: ermitteln, wie viel ein bestimmtes Volumen dieses Körpers wägt, wenn ein gleiches Volumen Wasser 1 wägt. Und man ermittelt dies, indem man das Gewicht des Körpers durch jenes des Wassers dividirt. Wägt ein Stück Zinn z. B. 70 Grms. und ein ihm gleiches Volumen Wasser 10 Grms., so ist das specifische Gewicht des

$$\text{Zinns } \frac{70}{10} = 7, \text{ denn es verhalten sich}$$

$$10 : 70 = 1 : x = 7.$$

Das specifische Gewicht der Körper ist ausserordentlich verschieden, und namentlich das der Gase ausserordentlich gering, d. h. die Gase sind sehr leichte Körper. Nachstehende Zusammenstellung macht dies anschaulich.

Es wiegen:

Ein Kubikcentimeter

Platin . . . . .	21,500	Grammes
Gold . . . . .	19,361	"
Blei . . . . .	11,445	"
Eisen . . . . .	7,788	"
Wasser . . . . .	1,000	"
Kalium . . . . .	0,865	"
Atmosphärische Luft . . . . .	0,00129	"
Wasserstoff . . . . .	0,000089	"

Für die specifischen Gewichte aller Gase wird die atmosphärische Luft als Einheit angenommen.

Wasserstoff ist also 241573 mal leichter wie Platin und  $14\frac{1}{2}$  mal leichter wie atmosphärische Luft. Es leuchtet ein, dass bei dem geringen specifischen Gewichte der Gase, wenn wir das Wasser = 1 setzen, die für die specifischen Gewichte derselben sich ergebenden Zahlen ungemain kleinwerthige Brüche darstellen würden, ebenso unbequem auszusprechen, als zu schreiben.

Aus diesem Grunde hat man sich dahin geeinigt, das Wasser als Einheit nur für feste und tropfbarflüssige Körper gelten zu lassen, für die Gase aber als Einheit das Gewicht der atmosphärischen Luft anzunehmen. Wir sagen sonach nicht, das specifische Gewicht des Wasserstoffs sei 0,000089 (indem wir es mit dem des Wassers vergleichen), sondern wir sagen, das specifische Gewicht des Wasserstoffs sei = 0,0692, d. h. wenn ein Volumen atmosphärischer Luft 1 wägt, so wägt ein gleich grosses Volumen Wasserstoff nur 0,0692. Und wenn wir sagen, das specifische Gewicht des Kohlensäuregases sei 1,529, so meinen wir damit, es sei um die Hälfte und etwas darüber schwerer, wie atmosphärische Luft. Das specifische Gewicht eines Gases ermitteln, heisst sonach bestimmen, um welche Grösse dasselbe schwerer oder leichter ist, wie das der atmosphärischen Luft (= 1 gesetzt).

Das specifische Gewicht der Körper ist abhängig von der Temperatur.

Durch die Wärme werden, wie oben ausführlich auseinandergesetzt wurde, alle Körper ausgedehnt, d. h. der Raum, den sie erfüllen: ihr Volumen, wird grösser, weil sich ihre Moleküle von einander entfernen. Dabei verändert sich aber ihr absolutes Gewicht nicht, d. h. sie werden dadurch weder schwerer noch leichter an und für sich, wohl aber bezieht sich dieses Gewicht dann auf ein verschiedenes Volumen. Eine Gramme Wasser nimmt bei + 4° C. einen Raum von einem Kubikcentimeter ein, bei + 20° C. aber einen Raum von 1,00154 Kubikcentimeter. Ein Kubikcentimeter Wasser also von + 4° C. wägt 1 Gramme, und 1,00154 C. C. Wasser von + 20° C. 1 Gramme; 1 C. C. Wasser von 20° C. muss sonach weniger wägen wie 1 Gramme, und zwar in dem Verhältnisse von  $1,00154 : 1,00000 = 1 : x = 0,99845$ .

1 C. C. Wasser von 20° C. wird sonach 0,99845 Grammes wiegen.

Nach obiger Definition sind die specifischen Gewichte die absoluten Gewichte gleicher Volumina verschiedener Körper. Da aber die Volumina derselben bei verschiedener Temperatur verschieden sind, so sind



auch die specifischen Gewichte derselben je nach der Temperatur verschieden. Je höher die Temperatur, desto grösser wird das Volumen eines Körpers von einem gewissen absoluten Gewichte sein, und umgekehrt. Je grösser aber das Volumen eines Körpers bei gleichbleibendem absoluten Gewichte desselben, desto geringer ist seine Dichtigkeit oder sein specifisches Gewicht.

Das specifische Gewicht des Wassers bei  $+ 4^{\circ}$  C. ist = 1. Wird das Wasser bis auf  $+ 20^{\circ}$  C. erwärmt, so dehnt es sich um einen gewissen Volumenbetrag aus, und es ist dann sein specifisches Gewicht nur noch 0,99845. Ein Kubikcentimeter Wasser bei  $+ 4^{\circ}$  C. wägt genau 1 Gramme; ein Kubikcentimeter Wasser aber bei  $+ 20^{\circ}$  C. wägt nur 0,99845 Gramme.

Das specifische Gewicht der Körper verhält sich ihrer durch Temperaturerhöhung hervorgerufenen Volumenvermehrung umgekehrt proportional. Je höher die Temperatur des Körpers, desto geringer ist sein specifisches Gewicht, und je niedriger die Temperatur, desto höher sein specifisches Gewicht. Man kann daher aus der Volumenvermehrung das dieser Temperatur entsprechende specifische Gewicht, und umgekehrt aber auch aus der Verminderung des specifischen Gewichts den Betrag der Ausdehnung, die Volumenvermehrung der Körper, berechnen.

Nach dem Vorhergehenden bedarf es keiner weiteren Erläuterung, dass bei specifischen Gewichtsbestimmungen stets auf die Temperatur Rücksicht zu nehmen ist. Da ferner das Volumen der Gase ausser der Temperatur auch von dem Drucke abhängig ist, unter dem sie sich befinden, wie weiter oben des Näheren auseinandergesetzt wurde, so ist bei specifischen Gewichtsbestimmungen von Gasen stets auch der auf ihnen lastende Druck, namentlich der Luftdruck, zu berücksichtigen.

Eine genaue Beschreibung der Methoden, deren wir uns zur Bestimmung des specifischen Gewichts der Körper bedienen, gehört in das Gebiet der Physik und der praktischen Chemie, in welcher specifische Gewichtsbestimmungen eine wichtige Rolle spielen. Wir wollen daher hier nur die allgemeinen Grundzüge dieser Methoden näher ins Auge fassen.

Um das specifische Gewicht flüssiger Körper zu ermitteln, wendet man vorzugsweise zwei Methoden an.

Die eine besteht darin, dass man ein Glasgefäss genau wägt, hierauf mit Wasser füllt, aussen sorgfältig abtrocknet, und hierauf wieder wägt. Zieht man von dem Gewichte des mit Wasser gefüllten Gefässes das des Gefässes ab, so hat man das Gewicht des Wassers. Hierauf füllt man das Gefäss mit der Flüssigkeit, deren specifisches Gewicht zu bestimmen ist, und wägt abermals. Zieht man von dem gefundenen Gewichte das des Fläschchens für sich ab, so hat man das Gewicht eines Volumens der Flüssigkeit, welches dem des Wassers gleich ist. Man hat die absoluten Gewichte gleicher Volumina des Wassers und der fraglichen Flüssigkeit. Theilt man daher mit dem gefundenen Gewichte des Wassers in das der Flüssigkeit, so erhält man als Quotienten das specifische Gewicht der letzteren, d. h. die Verhältnisszahl, welche anzeigt, wie vielmal dieselbe

Das specifische Gewicht der Körper verhält sich ihrer durch Temperaturerhöhung hervorgerufenen Volumenvermehrung umgekehrt proportional.

Das specifische Gewicht der Gase ist auch abhängig von dem Drucke, unter welchem sie sich befinden.

Ermittlung des specifischen Gewichts von Flüssigkeiten.

schwerer oder leichter ist als Wasser, letzteres natürlich gleich 1 gesetzt. Ein Beispiel wird dies erläutern.

Gesetzt, wir wollten das specifische Gewicht des Vitriolöles ermitteln.

Das leere Glasgefäss wägt . . . . .	56,916 Grm.
Das Glasgefäss mit Wasser . . . . .	84,066 "
Sonach wägt das Wasser 84,066 — 56,916 = 27,150 Grm.	
Das Glasgefäss mit Vitriolöl wägt . . . . .	107,142 "
Das Glasgefäss allein . . . . .	56,916 "
Sonach wägt das Vitriolöl . . . . . 50,226 Grm.	

Die Zahlen 27,150 und 50,226 stellen sonach die respectiven Gewichte gleicher Volumina Wasser und Vitriolöl dar. Setzen wir nun Wasser gleich 1, so haben wir die Proportion:

$$27,150 : 50,226 = 1 : x,$$

oder, was dasselbe ist, wir theilen 50,226 durch 27,150:

$$\frac{50,226}{27,150} = 1,85 \text{ specif. Gewicht des Vitriolöls.}$$

Die Glasgefässe, die man zu dergleichen Bestimmungen anwendet, sind Fläschchen mit eingeriebenem Glasstöpsel, der zweckmässig aus einem Theile einer Thermometerröhre besteht und in der Mitte durchbohrt ist.

Aräometrie.

Eine andere Methode der Bestimmung des specifischen Gewichtes von Flüssigkeiten ist die aräometrische. Sie beruht auf der Anwendung von Instrumenten, welche man Aräometer oder Senkwagen heisst. Die Aräometer sind aus sehr dünnem Glase gefertigte, inwendig hohle Instrumente, an welchen drei Theile unterschieden werden können: der unterste, kugelförmig ausgeblasene Theil, welcher auch die Kugel heisst, und mit Bleischrot oder mit Quecksilber gefüllt ist, ferner ein gewöhnlich cylindrischer zuweilen aber auch birnförmig erweiterter Theil, auf die Kugel folgend, und der Körper genannt, und endlich der Hals des Instrumentes, eine engere, oben verschlossene Glasröhre, in welcher eine Scale angebracht ist. Mittelst dieser Instrumente bestimmt man das specifische Gewicht von Flüssigkeiten, indem man ermittelt, wie tief das Aräometer in die Flüssigkeit einsinkt. Je tiefer es einsinkt, desto geringer ist das specifische Gewicht der Flüssigkeit, und je weniger es einsinkt, desto höher ist es.

Das Princip, worauf sich die Anwendung dieser Instrumente gründet, findet in der Physik seine ausführliche Erörterung, es lässt sich kurz in dem Satze aussprechen, dass die eingesunkenen Volumina schwimmender Körper sich umgekehrt proportional verhalten dem specifischen Gewichte der Flüssigkeiten, in welchen sie schwimmen.

Die Aräometer sind entweder mit sogenannten empirischen Scaln versehen, auf denen sich die verschiedenen specifischen Gewichte durch



empirisch angenommene Grade angezeigt finden (Baumé, Beck) welche bestimmten in Tabellen angezeigten specifischen Gewichten entsprechen, oder sie sind rationale Scalen, solche, auf welchen sich gleich die specifischen Gewichte selbst aufgetragen finden.

Die ganze Lehre von den Aräometern und ihrer Anwendung fasst man unter der Bezeichnung Aräometrie zusammen.

Wegen der Schnelligkeit, mit der man die Resultate erhält, hat die aräometrische Methode in der chemischen, pharmaceutischen und technischen Praxis ausgedehnte Anwendung gefunden, sie liefert aber in der Regel keine so genauen Resultate, wie die vorher beschriebene Methode.

Zur Ermittlung des specifischen Gewichtes von festen Körpern können ebenfalls zwei Methoden in Anwendung gezogen werden.

Ermittlung  
des specifischen  
Gewichtes  
fester Körper.

Die eine Methode besteht im Wesentlichen darin, dass man den Körper, dessen specifisches Gewicht man bestimmen will, in geeigneter Form, zuerst für sich an der Luft wägt, und dann in ein mit Wasser vollständig gefülltes Fläschchen bringt, dessen Gewicht vorher bestimmt wurde, und nun abermals wägt. Das Gewicht des Körpers für sich gewogen, und das des Fläschchens mit dem Wasser zusammen addirt, beträgt mehr, wie das Gewicht des Fläschchens mit dem Wasser und dem zu bestimmenden Körper darin, denn indem man den Körper in das Wasser brachte, hat er natürlich ein dem seinigen gleiches Volumen Wasser aus dem Fläschchen, welches ja vorher schon gestrichen gefüllt war, verdrängt, und es enthält nun das Fläschchen ein Volumen Wasser weniger, welches dem des Körpers absolut gleich ist. Um so viel nun, als dieses verdrängte Volumen Wasser wägt, ist das Gewicht des Fläschchens mit Wasser und dem darin befindlichen Körper geringer, wie das Gewicht des Fläschchens mit Wasser plus dem Gewichte des an der Luft gewogenen Körpers. Dieses minus des Gewichtes ist sonach das Gewicht eines Volumens Wasser, welches dem des Körpers absolut gleich ist. Indem wir sonach mit dem Gewichte dieses Wassers, oder mit dem gefundenen Gewichtsverluste in das Gewicht des an der Luft gewogenen Körpers dividiren, erhalten wir als Quotienten das specifische Gewicht desselben. Ein Beispiel zur Erläuterung:

Goldkörner, an der Luft gewogen, wägen . . . . .	9,700 Grm.
Das Fläschchen mit Wasser gefüllt . . . . .	84,066 „
Summe . . . . .	93,766 Grm.

Das Fläschchen mit Wasser gefüllt und den Goldkörnern darin wägt . . . . . 93,266 „

$93,766 - 93,266 = 0,500$  Grm. Gewichtsverlust, entsprechend dem durch die Goldkörner verdrängten Wasser.

Es verhält sich sonach  $0,500 : 9,700 = 1 : x = 19,4$  das specifische Gewicht des Goldes.

Diese Methode gründet sich sonach auf die Thatsache, dass ein in ein mit Wasser vollkommen gefülltes Gefäß gebrachter fester Körper ein dem seinigen gleiches Volumen Wasser verdrängt.

Sind die festen Körper, deren specifische Gewichte man auf diese Weise bestimmen will, in Wasser löslich, so wägt man sie unter einer Flüssigkeit, in der sie nicht löslich sind oder verändert werden, und deren specifisches Gewicht man kennt.

Hydrosta-  
tische Wage.

Auf dem Principe, dass ein Körper, unter Wasser gewogen, so viel von seinem Gewichte verliert, als ein ihm gleiches Volumen Wasser wägt, beruht die hydrostatische Wage, und die Anwendung derselben zur specifischen Gewichtsbestimmung fester Körper.

Die hydrostatische Wage ist eine gewöhnliche feinziehende Wage, deren eine Wagschale sehr kurz aufgehängt und auf der unteren Fläche mit einem Häckchen versehen ist. Bei der Anwendung dieser Wage hängt man den zu bestimmenden Körper an einem Pferdehaar befestigt an das Häckchen der kurzen Wagschale und wägt in der Luft. Hierauf bringt man mittelst einer passenden Vorrichtung unter den aufgehängten Körper ein Gefäss mit Wasser derart, dass der Körper nun frei im Wasser hängt und wägt abermals. Er wird nun weniger wägen, und zwar um so viel, als ein ihm gleiches Volumen Wasser. Der Gewichtsverlust ist daher das Gewicht eines ihm gleichen Volumens Wasser. Man theilt mit diesem Gewichtsverluste in das Gewicht des an der Luft gewogenen Körpers. Der Quotient ist sein specifisches Gewicht.

Bei Körpern, die leichter sind wie Wasser und daher auf selbem schwimmen, muss man sie, nachdem sie an der Luft gewogen sind, mittelst eines angehängten Metalls unter Wasser bringen und das Gewicht des Metalls in Rechnung ziehen. Man bestimmt zuerst den Gewichtsverlust, welchen das Metall allein beim Wägen unter Wasser erleidet, und zieht diesen von dem Verluste, welchen Metall und Körper zusammen erleiden, ab.

Ermittelung  
des specifi-  
schen Ge-  
wichtes von  
Gasen.

Die Bestimmung des specifischen Gewichtes gasförmiger Körper ist eine Operation, welche bei ihrer Ausführung grosse Genauigkeit erfordert, und im Wesentlichen stets darin besteht, dass mit der genauesten Berücksichtigung der Temperatur und Druckverhältnisse und aller sonst nöthigen Correcturen ein passendes Gefäss, dessen Capacität, d. h. dessen Rauminhalt genau gekannt ist, zuerst luftleer, dann mit dem trocknen Gase gefüllt gewogen wird. Nach Abzug des Gewichtes des luftleeren Gefässes erhält man das des Gases, dessen Volumen, da die Capacität des Gefässes ermittelt ist, ebenfalls bekannt ist. Dividirt man nun in dieses Gewicht mit dem eines gleichen Volumens atmosphärischer Luft, so ist der Quotient das specifische Gewicht des Gases, das der atmosphärischen Luft = 1 gesetzt.

Das specifische Gewicht ist eine der für die Charakteristik der Körper wichtigsten Eigenschaften.

#### Chemische Verwandtschaft oder Affinität.

Die Körper sind entweder zusammengesetzt oder einfach.

wir,  
z. B.  
Körper  
dieser  
werde  
Fälle  
zerfal  
nenne  
Rad i  
indem  
zerleg  
Zinno  
silber  
fache  
unser  
wir k  
Chlor  
nennt  
geset  
Kali  
zusam  
legen  
Sauer  
lium  
stoff  
lunge  
Stoffe  
mitte  
Einf  
könn  
Mitte  
gehal  
Kali,  
wähn  
wenig  
kein  
gelan  
finden  
ähnlic  
kann



Wenn wir die Körper einem näheren Studium unterwerfen, so finden wir, dass die meisten derselben, indem wir sie gewissen Einwirkungen, z. B. der Wärme, des Lichtes, der Elektrizität, der Einwirkung anderer Körper nach den Principien chemischer Forschung aussetzen, — in Folge dieser Einwirkungen in zwei oder mehrere andere Stoffe zerfallen, zerlegt werden; solche Körper nennen wir zusammengesetzte.

Die Körper sind einfach oder zusammengesetzt.

Andere Körper dagegen können, wir mögen sie mit allen für solche Fälle geeigneten Hilfsmitteln behandeln, nicht weiter zerlegt werden, sie zerfallen nicht in andere Stoffe. Sie sind unzerlegbar. Solche Körper nennen wir einfache oder auch wohl Elemente, Grundstoffe, Radicale.

Die einfachen Körper heißen auch Grundstoffe, Elemente.

So können wir z. B. den Zinnober, jene bekannte schöne rothe Farbe, indem wir ihn gewissen Behandlungen unterwerfen, in zwei andere Körper zerlegen, wir erhalten nämlich daraus Schwefel und Quecksilber. Der Zinnober ist also ein zusammengesetzter Körper. Schwefel und Quecksilber aber können wir nicht weiter zerlegen, diese Stoffe sind daher einfache oder Grundstoffe. Unser Kochsalz, dessen wir uns zum Würzen unserer Speisen bedienen, ist ebenfalls ein zusammengesetzter Körper, denn wir können es in zwei andere Substanzen, in Chlor und Natrium, zerlegen, Chlor und Natrium aber konnten bisher nicht weiter zerlegt werden; man nennt sie daher einfach. Ebenso sind z. B. Kreide und Salpeter zusammengesetzte Körper. Erstere lässt sich in Kohlensäure und Kalk, letzterer in Kali und Salpetersäure zerlegen. Die Kohlensäure aber ist selbst wieder zusammengesetzt, denn man kann sie in Kohlenstoff und Sauerstoff zerlegen, ebenso zerfällt der Kalk bei geeigneter Behandlung in Calcium und Sauerstoff, die Salpetersäure in Stickstoff und Sauerstoff; das Kali in Kalium und Sauerstoff; Kohlenstoff, Sauerstoff, Kalium, Calcium und Stickstoff aber nennen wir einfache Körper, weil es uns bisher noch nicht gelungen ist, sie weiter zu zerlegen.

Aus allen angeführten Beispielen geht hervor, dass wir diejenigen Stoffe, die wir mit den uns gegenwärtig zu Gebote stehenden Hilfsmitteln nicht weiter zerlegen können, einfache nennen. Es ist daher die Einfachheit der Körper nur ein relativer Begriff, da wir nicht behaupten können, dass bei dem Fortschreiten der Wissenschaft wir nicht vielleicht Mittel kennen lernen werden, durch welche wir viele der nun für einfach gehaltenen Körper noch weiter zerlegen werden. So hielt man z. B. das Kali, einen zusammengesetzten Körper, dessen in obigen Beispielen Erwähnung geschah, bis 1807 für einen einfachen Körper, oder man konnte wenigstens seine Zusammengesetztheit nicht beweisen, da wir bis dahin kein Mittel kannten, ihn weiter zu zerlegen. Im gedachten Jahre aber gelang es H. Davy in starken galvanischen Strömen das Mittel aufzufinden, durch welches er nicht nur das Kali, sondern auch andere ihm ähnliche Körper als zusammengesetzt erkannte, und in bis dahin unbekannte Metalle und Sauerstoff zerlegte.

Der Begriff der Einfachheit ist nur ein relativer.

Die Zahl der gegenwärtig für einfach gehaltenen Körper oder Grund-



Die Zahl der Elemente oder Grundstoffe ist eine verhältnissmässig geringe.

Die einfachen Körper sind Bestandtheile der zusammengesetzten.

Affinität oder chemische Verwandtschaft.

Unterschied derselben von der Cohäsion.

stoffe beträgt 64, eine geringe Zahl, wenn man die vielen Tausende und abermals Tausende derjenigen Körper damit vergleicht, welche wir als zusammengesetzte erkannt haben.

Die zusammengesetzten Körper lassen sich, wie bereits weiter oben auseinandergesetzt wurde, in einfache zerlegen, und die Zerlegung zusammengesetzter Körper ist der gewöhnliche Weg, um die einfachen Körper zu erhalten, denn verhältnissmässig nur wenige von den wenigen einfachen Körpern finden sich als solche in der Natur.

Die Erfahrung hat gelehrt, dass die zusammengesetzten Körper sich nicht allein in die einfachen zerlegen lassen, sondern dass sie auch aus den einfachen Körpern, in die sie sich zerlegen lassen, entstehen. Die zusammengesetzten Körper bestehen also aus einfachen, oder die einfachen Körper sind Bestandtheile der zusammengesetzten.

Die zusammengesetzten Körper entstehen bei der gegenseitigen Einwirkung der einfachen, in Folge einer den letzteren immanenten Eigenschaft der Anziehung, welche wir Affinität oder Verwandtschaft nennen. Diese Anziehung ist thätig zwischen ungleichartigen Körpern, und unterscheidet sich dadurch von jener Anziehung, die man Cohäsion nennt, und die man sich zwischen den einzelnen Molekülen eines Körpers thätig denkt, und von der der Aggregatzustand derselben abhängig ist. Die Affinität ist also eine Eigenschaft der verschiedenen Körper, in Folge deren sie sich gegenseitig anziehen und zu zusammengesetzten Körpern vereinigen, während die Cohäsion die Anziehung ist, in Folge deren die Theilchen eines und desselben Körpers mit einer gewissen Kraft zusammengehalten werden. Beispiele werden diese Sätze erläutern.

Bereits weiter oben wurde erwähnt, dass unser Küchensalz ein zusammengesetzter Körper sei, und in zwei einfache: Chlor und Natrium, zerlegt werden könne. Das Küchensalz ist ein weisser krystallisirter, salzig schmeckender, in Wasser löslicher Körper. Chlor aber ist ein grüngelbes, sehr giftiges unathembares Gas, und Natrium ein weiches, weisses, silberglänzendes Metall. Die Körper also, in welche sich das Kochsalz zerlegen lässt, besitzen nicht die geringste Aehnlichkeit mit selbem. Dem Chlor aber und dem Natrium, zwei einfachen Körpern, ist die Eigenschaft immanent, bei ihrer gegenseitigen Berührung sich anzu ziehen, sich mit einander zu vereinigen, und das Product dieser Vereinigung ist Kochsalz. In der That, wenn wir Chlor und Natrium in gegenseitige Berührung bringen, so findet eine plötzliche Feuererscheinung statt, und nach Beendigung derselben ist nun kein Chlor und kein Natrium mehr vorhanden, sondern Kochsalz mit allen Eigenschaften dieses Körpers. Ebenso kann der Zinnober, der in Quecksilber und Schwefel zerlegt werden kann, durch gegenseitige Einwirkung dieser beiden letzteren Stoffe in Folge ihrer Affinität oder gegenseitigen Anziehung erhalten werden, und wenn wir Kreide, einen zusammengesetzten Körper, der, wie bereits weiter oben erwähnt wurde, aus Kohlensäure und Kalk besteht, erhalten wollen, so haben wir nichts weiter nöthig, als Kohlensäure und Kalk in

gegen  
selbst  
spiele  
nen,  
zukon

stand  
der A  
salz-,  
Anzie  
Schw  
Kalk

alle  
vollk  
chara  
im K  
wesen  
Chlor  
dami  
halte  
Chlor  
erhal  
kung

Affin  
Vere  
Körp

man  
Ordn  
theile  
erster  
einig  
ist z.  
Verbi

v.



gegenseitige Berührung zu bringen. Kohlensäure und Kalk aber sind selbst zusammengesetzte Körper, und es ergibt sich daher aus diesem Beispiele, dass diejenige Eigenschaft der Materie, welche wir Affinität nennen, nicht nur den einfachen, sondern auch zusammengesetzten Körpern zukommt.

Kochsalz, Zinnober, Kreide sind feste Körper. Dieser Aggregatzustand derselben ist aber abhängig von der Cohäsion, d. h. von der Kraft der Anziehung oder des Aneinanderhaftens, welche zwischen den Kochsalz-, Zinnober- und Kreidetheilchen thätig ist. Die Affinität aber ist die Anziehung, in Folge deren das Chlor mit dem Natrium im Kochsalz, der Schwefel mit dem Quecksilber im Zinnober, und die Kohlensäure mit dem Kalk in der Kreide vereinigt ist.

Diese Vereinigung aber ist stets eine derartige, dass durch dieselbe alle Eigenschaften der sich vereinigenden Körper verschwinden und ein vollkommen neuer Körper mit ganz neuen Eigenschaften entsteht. Von den charakteristischen Eigenschaften des Chlors und des Natriums findet sich im Kochsalze keine einzige wieder, die Eigenschaften des Kochsalzes sind wesentlich andere, wie die seiner Bestandtheile. Wenn man daher sagt, Chlor und Natrium seien die Bestandtheile des Kochsalzes, so meint man damit nicht, sie seien als solche mit ihren Eigenschaften im Kochsalz enthalten, sondern man meint damit, Kochsalz lasse sich in Natrium und Chlor zerlegen, und könne durch die Einwirkung von Chlor auf Natrium erhalten werden. Denn es ist ja eben eine Eigenthümlichkeit der Wirkung der Affinität, dass sie die Bildung neuer Körper hervorruft.

Wenn bei der Berührung zweier oder mehrerer Körper durch ihre Affinität ein dritter neuer entsteht, so nennt man dies chemische Vereinigung, und das Product dieser Vereinigung, der entstandene neue Körper, heisst eine chemische Verbindung.

Chemische  
Verbindung.

Eine chemische Vereinigung durch Affinität kann stattfinden:

1. Zwischen zwei einfachen Körpern. Ein Körper  $A$  und ein Körper  $B$  vereinigen sich zu einem Körper  $AB$ .
2. Zwischen zwei zusammengesetzten Körpern. Ein Körper  $AB$  und ein Körper  $CD$  vereinigen sich mit einander zu einem zusammengesetzteren Körper  $ABCD$ .
3. Zusammengesetztere Körper endlich können sich mit zusammengesetzteren zu noch zusammengesetzteren vereinigen. Ein Körper  $ABC$  kann sich mit einem anderen  $ABD$  vereinigen.

Wenn sich zwei einfache Körper mit einander vereinigen, so heisst man die daraus entstehende chemische Verbindung eine Verbindung erster Ordnung. Eine solche Verbindung ist z. B. der Zinnober, dessen Bestandtheile Schwefel und Quecksilber sind. Wenn sich zwei Verbindungen erster Ordnung mit einander vereinigen, so ist das Product dieser Vereinigung eine Verbindung zweiter Ordnung. Eine solche Verbindung ist z. B. das schwefelsaure Kali, welches aus Schwefelsäure und Kali, zwei Verbindungen erster Ordnung, und die schwefelsaure Thonerde, welche

Chemische  
Verbindungen  
erster  
Ordnung.

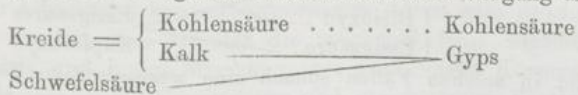
Chemische  
Verbindungen  
zweiter  
Ordnung.





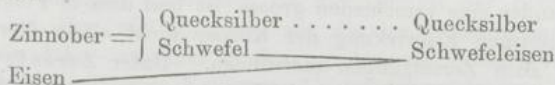


säure zu einem Körper, den wir Gyps nennen, und die Kohlensäure wird ausgetrieben. Folgendes Schema macht den Vorgang anschaulich:



Kreide und Schwefelsäure also zusammengebracht, geben Gyps und Kohlensäure.

Bereits weiter oben wurde erwähnt, dass die Bestandtheile derjenigen chemischen Verbindung, die wir Zinnober nennen, Schwefel und Quecksilber seien. Wenn wir mit Zinnober Eisen unter geeigneten Bedingungen in Berührung bringen, so wird der Zinnober zersetzt, d. h. der Schwefel desselben vereinigt sich mit dem Eisen, da er zu diesem eine stärkere Verwandtschaft besitzt, wie Quecksilber, und letzteres wird daher in Freiheit gesetzt.

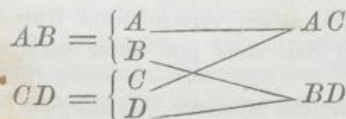


Zinnober und Eisen geben sonach einen Körper, der Schwefeleisen heisst, und Quecksilber.

Die Affinitätswirkung, in Folge deren ein auf eine chemische Verbindung einwirkender Körper dieselbe in der Art zersetzt, dass er sich mit einem Bestandtheile derselben selbst verbindet, während der andere Bestandtheil dadurch in Freiheit gesetzt wird, nennt man auch wohl einfache Wahlverwandtschaft.

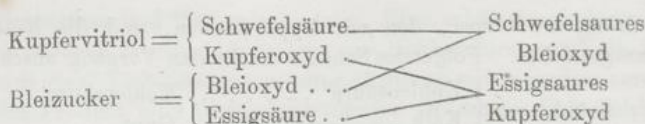
Wenn ein aus zwei Bestandtheilen bestehender Körper *AB* mit einem anderen *CD* in Berührung kommt, und der Bestandtheil *A* des einen Körpers besitzt eine grössere Affinität zu dem Bestandtheil *C* des anderen Körpers, wie diejenige ist, mittelst deren er an *B* gebunden ist, so vereinigt er sich mit *C* zu einer neuen Verbindung *AC*, und *B* und *D* werden in Freiheit gesetzt. So wie letztere aber frei werden, verbinden sie sich ebenfalls mit einander zu einer neuen Verbindung *BD*. Diesen Vorgang macht nachstehendes Schema anschaulich:

Doppelte  
Wahlverwandtschaft.



Der Kupfervitriol ist eine chemische Verbindung von zwei Körpern, von denen der eine Schwefelsäure und der andere Kupferoxyd heisst; der Bleizucker dagegen eine Verbindung von Essigsäure und Bleioxyd. Bringt man Kupfervitriol und Bleizucker zusammen, so erfolgt eine wechselseitige Zersetzung, indem die Schwefelsäure an das Bleioxyd und die Essigsäure an das Kupferoxyd tritt.





Es findet in solchen Fällen sonach eine wechselseitige Zersetzung statt, in Folge deren aus zwei Verbindungen durch Austausch der Bestandtheile zwei neue entstehen, ein Vorgang, der sich bildlich durch ähnliche Vorgänge im Leben versinnlichen lässt, wo alte Bande sich lösen und neue geknüpft werden.

Letztere Modalität der Affinitätswirkung hat man doppelte Wahlverwandtschaft genannt, weil bei derselben die Körper diejenigen gewissermassen auszuwählen scheinen, zu welchen sie die grösste Verwandtschaft besitzen.

Aus Vorstehendem ergibt sich, dass die Affinität der verschiedenen Körper zu einander eine verschiedenen grosse ist und dass in Folge dessen bei der gegenseitigen Einwirkung der Körper nicht allein Vereinigungen, sondern auch Zersetzungen stattfinden. Unter Zersetzung im chemischen Sinne versteht man stets Zusammensetzungsveränderungen der Körper.

Zersetzungen chemischer Verbindungen.

Wir schliessen auf den Cohäsionsgrad eines Körpers aus der Kraft, die nöthig ist, die Cohäsion desselben zu überwinden. In ähnlicher Weise schliessen wir auf die Stärke der Affinität, die Affinitätsgrösse, aus der grösseren oder geringeren Leichtigkeit, mit der eine chemische Verbindung zersetzt wird. Wenn wir z. B. eine Verbindung, die wir Bleioxyd nennen und die aus Blei und Sauerstoff besteht, erhitzen, so verändert sie ihre Zusammensetzung nicht; wenn wir dagegen Silberoxyd, eine chemische Verbindung, deren Bestandtheile Silber und Sauerstoff sind, erhitzen, so zerfällt die Verbindung in ihre Bestandtheile, in Silber und Sauerstoff. Wir sagen daher die Affinität des Bleies zum Sauerstoff sei grösser, wie die des Silbers zum Sauerstoff, da die des letzteren durch Wärme überwunden wird, die des ersteren aber nicht.

Die Affinitätsgrösse ist aber bei denselben Körpern keineswegs immer gleich, sondern unter verschiedenen Verhältnissen kann dieselbe bei einem und demselben Körper eine sehr wechselnde sein. Wenn man daher die Verwandtschaftsgrössen verschiedener Körper mit einander vergleichen will, so darf das stets nur unter gleichen Verhältnissen geschehen.

Momente, welche auf die Affinität Einfluss ausüben.

Der Aggregatzustand.

Es sind sehr zahlreiche Momente, welche jene Eigenschaft der Körper, welche wir Affinität nennen, und ihre Stärke beeinflussen. Zu den wichtigeren dieser Momente gehören folgende:

1. Der Aggregatzustand und die Innigkeit der Berührung der auf einander einwirkenden Körper. Die Affinität äussert ihre Wirkungen stets nur dann, wenn die Körper in unmittelbare Berührung kommen. Je vollständiger und inniger diese Berührung, desto eher kommen die Affinitäten der sich berührenden Körper zur Thätigkeit. Alles was da-



her eine innige Berührung der Körper herbeiführt, steigert die Affinität. Der flüssige Aggregatzustand der Körper ist daher einer der mächtigsten Hebel der Affinitätswirkungen (*corpora non agunt nisi fluida*); bei festen Körpern steigert ihre Affinität die möglichst feine Vertheilung durch Pulverisiren und innige Mischung, bei gasförmigen Körpern ihre Diffusion, d. h. ihre innige Vermischung und gleichmässige Vertheilung.

2. Wenn von zwei Bestandtheilen einer chemischen Verbindung der eine im freien Zustande flüchtig ist, so wird durch jene Momente, welche die Verflüchtigung überhaupt begünstigen, die Affinität des flüchtigen Körpers zum anderen, an welchen er in der Verbindung gebunden ist, leichter überwunden. So ist die Verwandtschaft der Kohlensäure zum Kalk eine ziemlich grosse, wenn wir aber die Verbindung beider, die Kreide, stark erhitzen, so wird die Affinität der Kohlensäure zum Kalk überwunden und die Kohlensäure wird aus der Verbindung ausgetrieben. Unter gewöhnlichen Umständen ist die Affinität der Schwefelsäure zum Kaliumoxyd eine viel grössere, wie die der Borsäure zum Kaliumoxyd. Wenn wir daher zu einer Auflösung der chemischen Verbindung der Schwefelsäure mit dem Kaliumoxyd, des schwefelsauren Kaliumoxydes, Borsäure bringen, so wird das schwefelsaure Kaliumoxyd nicht zersetzt. Wenn wir aber Borsäure auf schwefelsaures Kaliumoxyd in starker Hitze einwirken lassen, so wird die Schwefelsäure, obgleich sie unter gewöhnlichen Bedingungen eine viel stärkere Affinität besitzt wie die Borsäure, doch wegen ihrer Flüchtigkeit in hoher Temperatur von der Borsäure, die feuerbeständig ist, ausgetrieben.

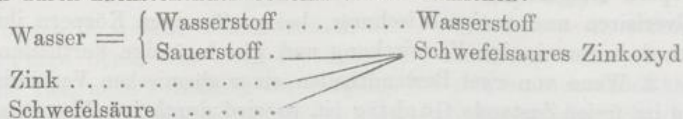
Die Flüchtigkeit.

3. Ein wichtiges Moment für die Erregung der Affinität ist in gewissen Fällen der Einfluss disponirender Körper. Zuweilen ist es der Fall, dass die Affinität eines Körpers  $C$  nicht stark genug ist, um einen Körper  $AB$  zu zersetzen. Wenn aber zu  $C$  und  $AB$  ein dritter Körper  $D$  kommt, der eine grosse Affinität zu derjenigen Verbindung, wir wollen sagen  $AC$  besitzt, die sich bilden würde, wenn  $C$  für sich vermögend wäre, sich mit  $A$  zur selben zu vereinigen, so steigert  $D$  die Affinität von  $C$  zu  $A$  derart, dass  $C$  mit  $A$  sich wirklich zu  $AC$  vereinigt, worauf sich dann  $D$  mit  $AC$  verbindet;  $B$  wird in Freiheit gesetzt. Das Wasser ist eine chemische Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff. Wenn wir zu Wasser metallisches Zink bringen, so erfolgt durchaus keine Veränderung. Das Zink besitzt zwar Affinität zu Sauerstoff, allein diese Affinität ist nicht gross genug, um diejenige des Wasserstoffs zum Sauerstoff zu überwinden. Bringen wir aber nun zu dem Gemenge von Wasser und Zink Schwefelsäure, so findet sogleich eine Zersetzung statt, und der Wasserstoff des Wassers wird in Freiheit gesetzt. Die Schwefelsäure, die eine grosse Affinität zu Zinkoxyd besitzt: der Verbindung von Zink und Sauerstoff, die sich bilden würde, wenn die Affinität des Zinks zum Sauerstoff grösser wäre, wie diejenige des Wasserstoffs zum Sauerstoff, — steigert die Affinität des Zinks zum Sauerstoff derart, dass die des Wasserstoffs zum Sauerstoff wirklich überwunden wird, letzterer sich mit Zink

Disponirende Körper und disponirende Verwandtschaft.



zu Zinkoxyd vereinigt und der Wasserstoff in Freiheit gesetzt wird. Die Schwefelsäure aber verbindet sich nun mit dem Zinkoxyd zu einem Körper, der schwefelsaures Zinkoxyd oder Zinkvitriol heisst. Der Vorgang lässt sich durch nachstehendes Schema veranschaulichen:



Die Schwefelsäure also disponirt gewissermassen das Zink zur Zersetzung des Wassers, um sich selbst mit einem der Producte der Zersetzung vereinigen zu können.

Man nennt aus diesem Grunde derartige Affinitätsäusserungen prädisponirende Verwandtschaft.

4. Die Affinität gasförmiger Körper oder zweier Körper, von denen einer gasförmig ist, wird in bestimmten Fällen durch die Gegenwart eines dritten festen Körpers in einer höchst merkwürdigen Weise erregt und dadurch die chemische Vereinigung derselben veranlasst, ohne dass der dritte feste Körper dabei in irgend einer Weise dauernd verändert wird, ohne dass er also durch seine eigene Affinität zu wirken scheint. Solche Wirkungen, in Folge deren ein Körper die chemische Vereinigung zweier anderer Körper veranlasst, ohne dass er dabei selbst eine nachweisbare Veränderung erleidet, nennen wir *Contactwirkungen*; sind es Zersetzungen, die durch die Gegenwart solcher Körper hervorgerufen werden, so nennen wir derartige Wirkungen auch wohl *Katalytische* oder *Katalyse*. Derartige *Contactwirkungen* werden erfahrungsgemäss besonders gern von festen Körpern in sehr feiner Vertheilung, von fein zertheiltem Platin, Kohle, zerstoßenem Glase u. dgl. m., hervorgerufen. Wasserstoff und Sauerstoff sind im freien unverbundenen Zustande beide gasförmige Körper. Mischen wir diese beiden Gase mit einander, so erfolgt keine chemische Vereinigung derselben. Die Affinität der beiden Körper ist sonach unter gewöhnlichen Bedingungen nicht gross genug, um ihre chemische Vereinigung zu bewirken. Bringt man aber in das Gemenge der beiden Gase ein sehr dünnes Platinblech oder einen sehr dünnen Platindraht mit reiner Oberfläche, oder noch besser Platin in jenem porösen fein vertheilten Zustande, in welchem wir es Platinschwamm nennen, so erfolgt die Vereinigung der beiden Gase zu Wasser augenblicklich unter Explosion. Eine ähnliche Wirkung wird auch durch feines Glaspulver hervorgebracht.

Contact-  
wirkungen.

Unlöslich-  
keit.

5. Sehr bemerkenswerth ist der Einfluss der Unlöslichkeit auf die Stärke der Affinität. Dieser Einfluss äussert sich dadurch, dass, wenn zwei in Lösung befindliche zusammengesetzte Körper in gegenseitige Berührung gebracht, d. h. mit einander vermischt werden und eines von den Producten, welches sich möglicherweise durch Wahlverwandtschaft bilden könnte, unlöslich ist, dieses Product stets gebildet wird, abgesehen von den sonstigen Affinitätsverhältnissen. Unter gewöhnlichen Bedingungen

z. B.  
zur  
ren  
die  
in  
geke  
welch  
wird  
kohl  
Kohl  
als  
geset  
eines  
Körp

von  
stat  
komm  
so se  
rend  
gar  
Was  
mit  
sogle  
Was  
Mom  
einer  
ande  
ande

S

V

S

serst  
unter  
einig

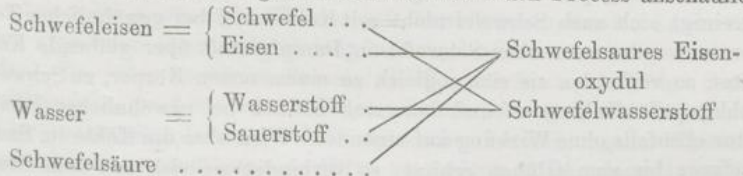
gend



z. B. ist die Affinität des Kalis zur Essigsäure grösser, wie die des Kalis zur Kohlensäure; wenn wir daher eine wässrige Auflösung des kohlen-sauren Kalis mit Essigsäure vermischen, so wird die Kohlensäure frei und die Essigsäure verbindet sich mit dem Kali. Leitet man aber Kohlensäure in in Weingeist aufgelöstes essigsäures Kali, so findet gerade das Umgekehrte statt, es verbindet sich nämlich die Kohlensäure mit dem Kali, welches als in Weingeist unlöslich zu Boden fällt, und die Essigsäure wird in Freiheit gesetzt. Offenbar, weil wegen der Unlöslichkeit des kohlen-sauren Kalis in Alkohol unter diesen Umständen die Affinität der Kohlensäure zum Kali jene der Essigsäure zum Kali überwiegt. Es kann als allgemeines Gesetz gelten, dass man zwei auflöslche zusammengesetzte Körper in Lösung nicht ohne Zerlegung mischen kann, wenn eines von den Producten, welche sich bilden können, ein unlöslicher Körper ist.

6. Wenn zwei Körper in dem Momente, in welchem sie in Folge von stattfindenden Zersetzungen aus ihren Verbindungen frei werden, *in statu nascendi*, wie die Chemiker sagen, mit einander in Berührung kommen, so ist ihre gegenseitige Affinität in diesem Zustande gewöhnlich so sehr gesteigert, dass sie sich unmittelbar miteinander vereinigen, während sie, unter anderen Bedingungen zusammengebracht, eine geringe oder gar keine Wirkung auf einander ausüben. Wenn wir z. B. Schwefeleisen, Wasser und Schwefelsäure zusammenbringen, so vereinigt sich das Eisen mit dem Sauerstoff des Wassers zu Eisenoxydul, und dieses verbindet sich sogleich mit der Schwefelsäure zu Eisenvitriol, dadurch wird aus dem Wasser der Wasserstoff, aus dem Schwefeleisen der Schwefel frei; im Momente ihres Freiwerdens aber verbinden sich diese beiden Stoffe zu einer chemischen Verbindung, dem Schwefelwasserstoff, während sie unter anderen Bedingungen direct mit einander in Berührung gebracht, auf einander nicht einwirken. Folgendes Schema macht den Process anschaulich:

Status nascendi.

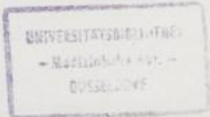


Aehnlich verhalten sich Antimon und Wasserstoff, Arsen und Wasserstoff und viele andere Stoffe, welche sich *in statu nascendi* sehr leicht, unter anderen Verhältnissen aber nicht oder schwierig mit einander vereinigen.

Als allgemeine Gesetze, denen die Affinitätsgrösse folgt, können folgende angesehen werden:

Allgemeine Gesetze, denen die Affinitätsgrösse folgt.

1. Nimmt ein Körper A verschiedene Mengen eines Körpers B in chemischer Vereinigung auf, so bindet er die erste Menge von B mit grösserer Kraft als die zweite, diese mit grösserer Kraft als die dritte u. s. f.





2. Einfache Stoffe zeigen die stärksten Affinitäten gegen einander. Hierauf folgen die Verbindungen erster Ordnung; noch schwächer sind die Affinitäten der Verbindungen zweiter und der dritten Ordnung.
3. Je entgegengesetzter die Stoffe in ihren physikalischen Eigenschaften sind, desto grösser ist im Ganzen ihre Affinität.

Aus den vorhergehenden Erörterungen erhellt, dass die Affinität von einer Menge von Umständen abhängig ist, und dass wir daher, wenn wir die Affinitätsgrösse der verschiedenen Stoffe mit einander vergleichen wollen, dabei von gewissen gleichen Bedingungen ausgehen müssen.

#### Beziehungen der Wärme, des Lichtes und der Elektrizität zur Affinität.

##### a. Wärme.

Beziehungen der Wärme zur Affinität.

Die Wärme, welche so zahlreiche Veränderungen der Körper veranlasst, ist auch vom wesentlichsten Einflusse auf jene Eigenschaft derselben, welche wir Affinität nennen.

Die Wärme begünstigt die chemische Vereinigung der Körper.

Es kann als eine allgemeine Regel gelten, dass Erwärmung die Affinität der Körper steigert. Sehr viele Körper, die sich bei gewöhnlicher Temperatur nicht mit einander vereinigen, verbinden sich sogleich, wenn sie erwärmt werden. In vielen Fällen ist zur Einleitung der Vereinigung Erwärmung unumgänglich, in allen Fällen beschleunigt und begünstigt sie dieselbe.

So verbinden sich Schwefel und Eisen bei gewöhnlicher Temperatur nicht mit einander, die Vereinigung zu Schwefeleisen erfolgt aber sogleich, wenn das feingepulverte Gemenge der beiden Körper erwärmt wird. So vereinigt sich auch Schwefel nicht mit Kohlenstoff bei gewöhnlicher Temperatur, wenn man aber Schwefel in Dampfgestalt über glühende Kohle leitet, so verbinden sie sich sogleich zu einem neuen Körper, zu Schwefelkohlenstoff. Kohlenstoff und Sauerstoff bleiben bei gewöhnlicher Temperatur ebenfalls ohne Wirkung auf einander. Wird aber die Kohle im Sauerstoffgase bis zum Glühen erhitzt, so verbindet sie sich mit dem Sauerstoffe, sie verbrennt. Das Gleiche gilt vom Wasserstoffe, der mit dem Sauerstoffe, wenn die beiden Gase gemengt werden, sich bei gewöhnlicher Temperatur nicht vereinigt, alsbald aber beim Erwärmen.

Auch die Wirkungen der sogenannten Wahlverwandtschaft treten zuweilen nur bei Mithilfe der Wärme ein. So bleiben Zinnober, eine chemische Verbindung von Schwefel und Quecksilber, und Eisen bei gewöhnlicher Temperatur gemengt, ohne Wirkung auf einander. Wird aber das Gemenge erhitzt, so steigert sich die Affinität des Schwefels zum Eisen dergestalt, dass sich diese beiden Körper mit einander vereinigen und das Quecksilber in Freiheit gesetzt wird.



Erhellet aus diesen Beispielen, dass durch die Wärme die Affinität der Körper zu einander gesteigert wird, so giebt es andererseits auch Beispiele, wo heftige Hitze die Affinitäten zweier zu einem zusammengesetzten Körper verbundenen Stoffe aufhebt, und den zusammengesetzten Körper in seine Bestandtheile zerfallen macht. So zerfällt das Quecksilberoxyd beim Glühen in seine beiden Bestandtheile, in Quecksilber und Sauerstoff, die Kreide: kohlensaure Kalkerde, in freie Kohlensäure und Kalkerde. Während bei gewöhnlicher Temperatur die Affinität zwischen Kohlensäure und Kalkerde beträchtlich gross ist, ist sie in der Glühhitze gleich Null. Wenn übrigens durch starke Hitze, ohne dass dabei Wahlfaffinität ins Spiel kommt, Verbindungen in ihre Bestandtheile zerlegt werden, so kommt dabei gewöhnlich der weiter oben erörterte Einfluss der Flüchtigkeit (Seite 37) in Betracht, weshalb wir auf diese Erörterung hier verweisen.

Unter gewissen Bedingungen wird durch Wärme die Affinität aufgehoben.

Die Wärme aber bewirkt nicht allein chemische Vereinigungen und Zersetzungen, sondern sie steht zur Affinität auch noch in einer andern sehr nahen Beziehung: Die Affinitätswirkungen sind nächst den Sonnenstrahlen die mächtigste und allgemeinste Wärmequelle. Bei jeder chemischen Vereinigung, sei dieselbe mit oder ohne Zersetzung vor sich gehend, bei der Bildung jeder chemischen Verbindung, sonach bei jedem chemischen Prozesse, entsteht eine mehr oder weniger bedeutende Wärme, die sich bisweilen bis zur gleichzeitigen Lichtentwicklung: bis zur Verbrennung, steigert. Im Allgemeinen ist die durch chemische Vereinigung entwickelte Wärme um so bedeutender, je stärker die Affinitäten der sich vereinigenden Körper, und je entgegengesetzter ihre chemische Natur.

Affinitätswirkungen gehören zu den mächtigsten Wärmequellen.

Zuweilen ist die durch die chemische Vereinigung zweier oder mehrerer Körper entstehende Wärme so gross, dass sie nicht allein durch das Gefühl sogleich wahrgenommen wird, sondern dass mit ihr keine auf anderem Wege erzeugte Wärme entfernt verglichen werden kann, zuweilen aber kann sie nur durch empfindliche Instrumente nachgewiesen werden. Da jeder chemische Process ein Beispiel für die in Folge der Affinitätswirkungen frei werdende Wärme liefert, so mag es vorläufig genügen, hier anzuführen, dass die bei der chemischen Vereinigung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff erzeugte Hitze so bedeutend ist, dass dadurch die schwerst schmelzbaren Körper, die der Einwirkung des heftigsten Gebläse-, Essen- oder Hochofenfeuers widerstehen, wie Wachs schmelzen, und viele sonst ganz feuerbeständige Körper sich verflüchtigen. Sehr starke Wärmeentwickelungen finden ferner statt bei der Vereinigung des Sauerstoffs mit Metallen und anderen, sogenannten brennbaren Körpern. Jede in der Luft oder auch in reinem Sauerstoffe vor sich gehende sogenannte Verbrennung ist ein Beispiel hierfür: jede brennende Lampe, jede brennende Kerze, jedes Scheit Holz, jede Kohle, welche wir in unseren Oefen, auf unseren Heerden brennen, alle diese Verbrennungen sind die von Licht- und Wärmeentwicklung begleiteten chemischen Ver-



einigungen des Sauerstoffs der Luft mit brennbaren Körpern. Also die Wärme, die wir uns in unseren Oefen, Kaminen, Kochheerden, Schmiedeeisen, Lampen etc. dienstbar machen, ist stets eine chemische Affinitätsvorgänge begleitende Erscheinung. Auch andere dem Sauerstoff ähnliche Stoffe, wie das Chlor, bewirken bei ihrer chemischen Vereinigung mit anderen Stoffen sehr beträchtliche Wärmeentwickelungen. Ein auch dem Laien sehr zugängliches Beispiel von Wärmeentwickelung bei der chemischen Vereinigung zweier Körper ist das sogenannte Kalklöschen. Wenn nämlich der gebrannte Kalk mit Wasser übergossen wird, so vereinigt sich das Wasser mit dem Kalk unter heftiger Wärmeentwickelung. Etwas Aehnliches findet statt beim Vermischen des Vitriolöls mit Wasser, wo in Folge der chemischen Vereinigung der beiden Stoffe das Gemisch sich sehr heftig erhitzt.

Gestützt auf die Thatsache, dass die Wärmeentwickelung bei der chemischen Vereinigung um so grösser ist, je stärker die Affinitäten der sich vereinigenden Körper, hat man versucht, aus der Wärmeentwickelung bei der chemischen Verbindung die Affinitätsgrössen zu bestimmen.

Der Einfluss der Wärme auf Affinitätswirkungen lässt sich in folgende Sätze zusammenfassen:

- I. a. Die Wärme steigert die Affinität und begünstigt die chemische Vereinigung der Körper.
- b. Sie hebt in einzelnen Fällen die Affinitäten auf und bewirkt dadurch das Zerfallen eines zusammengesetzten Körpers in seine Bestandtheile.
- II. Die chemische Vereinigung der Körper ist eine der mächtigsten Wärmequellen.

Das Verhältniss der Wärme zur Affinität ist ein wesentlich anderes, wie das zur Cohäsion.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dass das Verhältniss der Wärme zur Affinität ein wesentlich anderes ist, wie das zur Cohäsion. Die Wärme bewirkt stets eine Verminderung der Cohäsion und eine dadurch bedingte Aenderung des Aggregatzustandes, dabei wird aber stets ein Theil der Wärme gebunden oder latent, er verschwindet für unser Gefühl, und wird erst dann wieder frei, wenn der Körper seine frühere Cohäsion, seinen früheren Aggregatzustand, wieder annimmt. Dies hat Veranlassung gegeben, die Hypothese aufzustellen, dass alle Flüssigkeiten und Gase Verbindungen seien von wägbaren Stoffen und einer gewissen Wärmemenge. Wenn feste Körper flüssig, und flüssige gasförmig werden, verbinde sich eine gewisse Wärmemenge mit ihnen, und werde dadurch gebunden. Im gebundenen Zustande aber sei sie weder durch Gefühl, noch durch Thermometer mehr zu bemerken, da nur der freien Wärme eine Wirkung auf Gefühl und Thermometer zukomme. Kehre der Körper wieder in seinen früheren Aggregatzustand zurück, so werde seine Verbindung mit der Wärme ganz oder zum Theil aufgehoben, und es werde die vorher gebundene Wärme wieder frei und durch ihre Eigenschaften erkennbar.



## b. Licht.

Auch das Licht steht in innigster Wechselbeziehung zur Affinität.

In gewissen Fällen erfolgt die chemische Vereinigung zweier Körper durch den Einfluss des Lichtes. So vereinigen sich Chlor und Wasserstoff bei gewöhnlicher Temperatur im Dunkeln nicht, wohl aber im Lichte. Jod vereinigt sich mit ölbildendem Gase im Sonnenlicht, Chlor mit Kohlenoxydgas ebenso. So vereinigt sich ferner der Sauerstoff bei Einwirkung des Sonnenlichtes mit gewissen gefärbten organischen Stoffen zu ungefärbten Verbindungen, und hierauf beruht die bleichende Wirkung des Lichtes.

Auch die Wirkungen der Wahlverwandtschaft erfolgen zuweilen durch den Einfluss des Lichtes. So zersetzt Chlor das Wasser, einen aus Wasserstoff und Sauerstoff bestehenden Körper, im Dunkeln nicht, wenn aber eine Auflösung des Chlors in Wasser, das Chlorwasser, dem Lichte ausgesetzt wird, so wird durch letzteres die Affinität des Chlors zu dem im Wasser enthaltenen Wasserstoff darart gesteigert, dass sich das Chlor mit dem Wasserstoffe zu einem neuen Körper, der Salzsäure, vereinigt, und der Sauerstoff in Freiheit gesetzt wird.

Viel häufiger sind aber die Fälle, wo durch die Einwirkung des Lichtes die Affinität aufgehoben, und Trennungen, Zersetzungen chemischer Verbindungen bewirkt werden.

So zerfällt unter dem Einflusse des Lichtes Quecksilberoxydul in Quecksilber und Sauerstoff, Silberoxyd in Silber und Sauerstoff; Chlor-silber, ein weisser aus Chlor und Silber bestehender Körper, färbt sich am Lichte sehr bald violett, dann schwarz, indem es einen Theil seines Chlors verliert; ähnlich verhält sich Jodsilber; Salpetersäure zersetzt sich im Lichte in Untersalpetersäure und Sauerstoff, Jodblei in Blei und Jod.

Die Erfahrung, dass sich gewisse chemische Verbindungen am Lichte färben und schwärzen, indem sie dabei zersetzt werden, hat man in sehr interessanter Weise in der Photographie verwerthet. Die Methoden, sogenannte Lichtbilder zu erzeugen, beruhen darauf, dass man eigens präparirte Flächen: gewöhnlich Glasplatten, die mit einer Schicht für das Licht sehr empfindlicher, und in Folge der zersetzenden Wirkung des Lichtes sich schwärzender Stoffe, meist Silberverbindungen, überzogen sind, in der Camera obscura einige Zeit lang der Lichteinwirkung des auf sie geworfenen und wohlbeleuchteten Bildes aussetzt, wodurch die vom Lichte getroffenen Stellen der Platte eine chemische Veränderung erleiden, in Folge deren, wenn man nachher die Platte mit gewissen Silberverbindungen stark reducirenden Flüssigkeiten (Hervorrufungsflüssigkeiten) behandelt, das Bild des Gegenstandes scharf hervortritt, indem nun die beleuchteten Stellen geschwärzt werden. Das so erhaltene Bild heisst ein negatives, weil die Schatten hell, und die Lichter dunkel erscheinen. Durch ein eigenthümliches Verfahren, dessen Beschreibung nicht hierher gehört, werden die negativen Bilder fixirt, d. h. bleibend gemacht. Durch das sogenannte Copirverfahren

Beziehungen des Lichtes zur Affinität.

Das Licht bewirkt chemische Verbindungen.

Hierauf beruht unter Anderem die bleichende Wirkung des Lichtes.

Das Licht bewirkt Trennungen und Zersetzungen.

Hierauf beruht die Farbenveränderung und Schwärzung gewisser Verbindungen am Lichte.

Photographie.



erhält man mit Hülfe des Negativs die positiven Bilder, gewöhnlich auf Papier; man legt nämlich das negative Bild auf mit Chlorsilber: einer am Lichte sich schwärzenden Verbindung getränktes Papier, und setzt wieder dem Lichte aus. In Folge der Einwirkung des letzteren werden nun jene Theile des Chlorsilberpapiere, welche unter den lichten Stellen des Negativs zu liegen kommen, geschwärzt, während die durch die dunklen Stellen des Negativs vor dem Lichte geschützten Parthien des Papiers unverändert, daher weiss bleiben. Auch die Copieen werden durch eigenthümliche Methoden fixirt, und das überschüssige Chlorsilber daraus hinweggenommen.

Lichtentwicklung ist eine häufige Folge der chemischen Vereinigung.

So wie die chemische Vereinigung der Körper eine sehr mächtige Wärmequelle ist, so ist auch Lichterscheinung eine sehr häufige Folge der chemischen Vereinigung. Sehr viele mit starken Affinitäten begabte Stoffe, namentlich einfache, entwickeln im Momente ihrer chemischen Vereinigung Licht, zugleich aber auch Wärme. Jede von Licht- und Wärmeentwicklung begleitete chemische Vereinigung heisst Verbrennung. Einige Stoffe sind ganz besonders geneigt, bei ihrer chemischen Vereinigung mit andern Licht und Wärme zu entwickeln; es sind dies Sauerstoff, Chlor, Jod, Brom, Selen, Schwefel und Phosphor. Die Beispiele für den Satz, dass die chemische Vereinigung unter Licht- und Wärmeentwicklung erfolgt, sind daher äusserst zahlreich. Wir bemerken hier nur, dass jede sogenannte Verbrennung, jede Gas-, Kerzen- und Lampenflamme, jedes brennende Holz, jede glühende Kohle hierher gehört. Die lebhaftesten Lichtentwickelungen finden statt bei der Vereinigung des Sauerstoffs mit anderen Stoffen. Dem Sauerstoff zunächst steht das Chlor.

Wahrscheinlich auch Folge chemischer Vereinigungen und Zersetzungen, sonach Folge von Affinitätswirkungen ist das Leuchten lebender Thiere, lebender Pflanzen, und die sogenannte Phosphorescenz faulender Thiere und Pflanzen.

Die Beziehungen des Lichtes zur Affinität lassen sich sonach in folgende Sätze zusammenfassen:

- I. Das Licht bewirkt chemische Vereinigungen.
- II. Es bewirkt chemische Zersetzungen.
- III. Es ist Lichtentwicklung eine häufige Folge chemischer Vereinigung.

#### c. Elektrizität.

Durch die Elektrizität wird in vielen Fällen die chemische Vereinigung von Stoffen bewirkt. Es gehört hierher die Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff durch den elektrischen Funken, die Vereinigung von Chlor und Wasserstoff durch dasselbe Agens, die Verbrennung von Kohle, Metallen und anderen brennbaren Körpern durch Elektrizität, die Vereinigung von Stickstoff und Sauerstoff, indem man längere Zeit durch das Gemenge der beiden Gase elektrische Funken schlagen lässt, und andere

Beziehungen der Elektrizität zur Affinität.

Sie bewirkt chemische Verbindungen



Beispiele mehr. Viel häufiger aber ist es der Fall, dass durch Elektrizität und Zer-  
die Affinität der zu einem zusammengesetzten Körper verbundenen Körper setzungen.  
aufgehoben, und sonach das Zerfallen desselben in seine Bestandtheile  
bewirkt wird.

Lässt man die beiden Elektrizitäten (+ und - Elektrizität) in einen Elektrolyse.  
zusammengesetzten festen, tropfbarflüssigen oder gasförmigen Körper  
treten, der kein vollkommener Leiter ist, so wird derselbe häufig in seine  
Bestandtheile zerlegt.

Wir kennen kein mächtigeres Mittel, zusammengesetzte Körper in  
ihre Bestandtheile zu zerlegen, wie den galvanischen Strom, und man hat  
durch dieses Mittel Verbindungen zerlegt, die allen übrigen Versuchen  
der Zerlegung bis dahin einen unbesiegbaren Widerstand entgegengesetzt  
hatten. Die Zerlegung eines zusammengesetzten Körpers, oder einer che-  
mischen Verbindung durch den galvanischen Strom wird Elektrolyse  
genannt, oder auch wohl elektrolytische Zerlegung.

Sie erfolgt stets in der Art, dass chemische Verbindungen, die sich Elektroly-  
entweder im geschmolzenen, oder mittelst eines Auflösungsmittels im tisches Ge-  
flüssigen Zustande befinden, durch den galvanischen Strom so zersetzt setz.  
werden, dass sich der eine Bestandtheil der Verbindung an der Eintritts-  
stelle des Stroms in die Flüssigkeit, der andere Bestandtheil dagegen an  
der Austrittsstelle des Stroms ausscheidet, oder was dasselbe ist, der  
eine Bestandtheil sich am + Pole, der andere am - Pole ansammelt.  
Diejenigen Bestandtheile, welche sich am + Pole abscheiden, heißen  
elektro-negative, jene, welche sich am - Pole abscheiden, elektro-  
positive. Faraday nennt den durch Elektrolyse zu zerlegenden Kör-  
per Elektrolyt, und die beiden Pole der Batterie, die zur Zerlegung  
dient: Elektroden. Der positive oder + Pol heisst Anode, der  
negative oder - Pol Kathode. Die Bestandtheile des Elektrolyten  
werden Ionen genannt, und zwar der am + Pol oder der Anode sich  
ausscheidende Anion, und der am - Pol oder der Kathode sich an-  
sammelnde Kathion. Diese Beziehungen der Elektrizität zur Affinität  
werden unter der Bezeichnung elektrolytisches Gesetz zusam-  
mengefasst.

Eine sehr merkwürdige Beziehung der Elektrizität zur Affinität er-  
giebt sich ferner aus der Theorie der einfachen galvanischen Kette.

Kommen mit einer unvollkommen leitenden zusammengesetzten Flüssigkeit Einfache  
zwei Metalle in Berührung, von denen wir das eine *A* und das galvanische  
andere *B* nennen wollen, die an irgend einem Punkte ausserhalb oder Kette.  
innerhalb der Flüssigkeit durch einen guten Leiter (Draht) verbunden  
sind, und hat das Metall *A* die Fähigkeit, die Flüssigkeit durch Wahl-  
verwandtschaft in der Art zu zersetzen, dass es sich mit einem der Be-  
standtheile der Flüssigkeit verbinden kann, während dem Metalle *B* die  
Fähigkeit nicht, oder in geringerem Grade zukommt, so erfolgt:

1. diese Zersetzung und Bildung einer neuen Verbindung nur am  
Metalle *A*;



2. sie erfolgt rascher, als wenn das Metall *A* sich allein in der Flüssigkeit befände;
3. der durch die Zersetzung in Freiheit gesetzte Bestandtheil der Flüssigkeit scheidet sich nicht da, wo er gebildet wird, sondern auf der Oberfläche des Metalles *B* ab;
4. es entsteht dadurch ein starker galvanischer Strom.

Auch bei dem Zustandekommen chemischer Verbindungen treten Elektrizitätsentwickelungen auf, die aber gewöhnlich so schwach sind, dass sie nur durch empfindliche Instrumente nachgewiesen werden können.

### Theorie der chemischen Aequivalente. Stöchiometrie.

Theorie der  
chemischen  
Aequiva-  
lente.

Zusammengesetzte Körper entstehen in Folge der gegenseitigen Einwirkung einfacher unter dem Einflusse derjenigen Eigenschaft der Materie, welche wir Affinität nennen. Zusammengesetzte Körper können ferner in ihre Bestandtheile zerlegt werden. Sind nun die Bestandtheile einer chemischen Verbindung, d. h. eines zusammengesetzten Körpers, erkannt, so ist die nächste, sich Jedem von selbst aufdrängende Frage die, in welchem Gewichtsverhältnisse sind in den durch die Affinität erzeugten zusammengesetzten Körpern die Bestandtheile enthalten? Ferner, wenn durch die chemische Vereinigung zweier Körper ein dritter neuer entsteht, enthält dieser neue Körper die Bestandtheile stets in demselben Gewichtsverhältnisse, oder ist dieses Gewichtsverhältniss ein veränderliches, unbestimmtes, oder mit anderen Worten: kommt es bei der Bildung eines zusammengesetzten Körpers auf die Mengen der dazu erforderlichen Bestandtheile nicht an, und sind dieselben wechselnd?

Sie ist die  
Folge der  
durch die  
Anwendung  
der Wage  
ermittelten  
wichtigen  
Thatsachen.

Die Beantwortung dieser Fragen wurde erst durch die Einführung der Wage in das Studium der Chemie ermöglicht, und die dadurch erzielten wichtigen Thatsachen bewirkten eine vollständige Umgestaltung aller bis dahin herrschenden Ansichten.

In Bezug auf obige Fragen haben sich durch die Anwendung der Wage folgende höchst wichtige Thatsachen ergeben:

Alle Körper  
vereinigen  
sich in be-  
stimmten  
unveränder-  
lichen Ge-  
wichtsver-  
hältnissen  
mit einander  
zu chemi-  
schen Ver-  
bindungen.

- I. Das Gewichtsverhältniss der in einer chemischen Verbindung enthaltenen Bestandtheile ist ein unveränderliches; wenn Körper unter dem Einflusse der Affinität sich zu neuen zusammengesetzten Körpern vereinigen, so geschieht dies stets nach bestimmten, unveränderlichen relativen Gewichtsmengen ihrer Bestandtheile.

Wenn man die vielen Tausende und abermals Tausende chemischer Verbindungen analysirt, so kommt man stets zu dem Resultate, dass eine und dieselbe Verbindung, man mag sie analysiren, so oft man will,



von ihren Bestandtheilen stets gleiche Gewichtsmengen enthält, wenn wir das Gewichtsverhältniss der Bestandtheile natürlich stets auf die gleiche Gewichtsmenge der Verbindung berechnen, und dass unter allen Umständen das Zahlenverhältniss, in welchem die Gewichtsmengen der Bestandtheile stehen, dasselbe bleibt. Gerade in dieser Unveränderlichkeit der Gewichtsverhältnisse der Bestandtheile liegt ein sehr bezeichnender Unterschied einer chemischen Verbindung und eines Gemenges, in welchem die Bestandtheile in veränderlichen, ganz unbestimmten und willkürlichen Verhältnissen zugegen sein können.

Die Unveränderlichkeit des Gewichtsverhältnisses der Bestandtheile ist eine besonders charakteristische Eigenschaft chemischer Verbindungen.

Wenn wir folgende chemische Verbindungen: Wasser, Salzsäure, Schwefelwasserstoffgas, ölbildendes Gas und Jodwasserstoff analysiren, d. h. in ihre Bestandtheile zerlegen, und das Gewichtsverhältniss der letzteren mittelst der uns zu Gebote stehenden Methoden bestimmen, so finden wir stets, dass in 100 Gewichtstheilen dieser Verbindungen enthalten sind:

In 100 Gewichtstheilen:		
Wasser	Salzsäure	Schwefelwasserstoff
Sauerstoff . . 88,89	Chlor . . . 91,6	Schwefel . . 94,12
Wasserstoff . 11,11	Wasserstoff . 2,74	Wasserstoff . 5,88
100,00	100,00	100,00
Ölbildendes Gas		Jodwasserstoff
Kohlenstoff . 85,71		Jod . . . . 99,21
Wasserstoff . 14,29		Wasserstoff . 0,79
100,00		100,00

In 50 Gewichtstheilen Wasser sind enthalten:

Sauerstoff . . 44,45
Wasserstoff . . 5,55
50,000

In 25 Gewichtstheilen Wasser: In 10 Gewichtstheilen:

Sauerstoff . . 22,22	Sauerstoff . . 8,89
Wasserstoff . . 2,78	Wasserstoff . . 1,11
25,00	10,00

In 9 Gewichtstheilen Wasser:

Sauerstoff . . . 8
Wasserstoff . . . 1
9

Der Sauerstoff zum Wasserstoff verhält sich:

In 100 Gewichtstheilen Wasser =	88,89 : 11,11
" 50 " =	44,45 : 5,55
" 25 " =	22,22 : 2,78
" 10 " =	8,89 : 1,11
" 9 " =	8 : 1.



Man sieht leicht, dass diese Zahlen alle auf das gleiche Verhältniss zurückführen, welches am einfachsten ausgedrückt wird, wenn wir sagen dass im Wasser auf 1 Gewichtstheil Wasserstoff 8 Gewichtstheile Sauerstoff enthalten sind.

Das Gewichtsverhältniss, in welchem die Bestandtheile sich in einer chemischen Verbindung finden, ist auch dasjenige, in welchem allein die chemische Vereinigung der Bestandtheile zu der neuen chemischen Verbindung erfolgt.

Wenn sich daher Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser vereinigt, so vereinigt sich stets 1 Gewichtstheil Wasserstoff mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff, oder was dasselbe ist, 1,11 Wasserstoff mit 8,89 Sauerstoff, oder 2,78 mit 22,22, oder 5,55 mit 44,45, oder 11,11 mit 88,89 Gewichtstheilen. Zu Salzsäure vereinigen sich stets je 2,74 Gewichtstheile Wasserstoff mit je 97,26 Gewichtstheilen Chlor, oder was dasselbe ist, je 1 Gewichtstheil Wasserstoff mit 35,5 Gewichtstheilen Chlor. Setzen wir überhaupt in den obigen Beispielen den Wasserstoff = 1 und ermitteln die Gewichtsmengen der Bestandtheile, welche sich mit 1 Gewichtstheil Wasserstoff in den obigen Verbindungen vereinigen, so finden wir:

1 G.-Thl. Wasserstoff mit	8	Sauerstoff verbindet sich zu Wasser.
1 " " "	35,5	Chlor " " " Salzsäure
1 " " "	16	Schwefel " " " Schwefelwasserstoff.
1 " " "	6	Kohlenstoff " " " Oelbildendem Gase.
1 " " "	127	Jod " " " Jodwasserstoff.

Bringen wir daher, wenn wir diese Verbindungen erzeugen wollen, ihre Bestandtheile unter sonstigen geeigneten Bedingungen genau in dem oben angegebenen Gewichtsverhältnisse zusammen, so vereinigen sie sich geradeauf. Wenn wir daher Schwefelwasserstoff erzeugen wollen, so müssen wir auf 16 Theile Schwefel 1 Theil Wasserstoff nehmen, oder was dasselbe ist, auf 46 Schwefel z. B. 2,88 Wasserstoff u. s. f. Was aber geschieht, wird man vielleicht fragen, wenn man zwei Körper, die sich mit einander durch Affinität zu einer chemischen Verbindung vereinigen können, nicht in den Gewichtsverhältnissen zusammenbringt, in welchen allein die Vereinigung erfolgt? Es vereinigen sich dann nur solche Mengen der Bestandtheile, welche dem gedachten Gewichtsverhältnisse entsprechen und das Uebrige bleibt unverbunden.

Wenn wir z. B. 2 Gewichtstheile Wasserstoff mit 8 Sauerstoff zusammenbringen, so vereinigt sich 1 Gewichtstheil Wasserstoff mit den 8 Sauerstoff und 1 Gewichtstheil Wasserstoff bleibt übrig.

Nehmen wir auf 1 Wasserstoff 9 Sauerstoff, so bleibt 1 Gewichtstheil Sauerstoff übrig.



Nehmen wir auf 1 Wasserstoff 6 Sauerstoff, so verbinden sich diese 6 Sauerstoff mit 0,75 Wasserstoff, denn es verhält sich

$$8 : 1 = 6 : 0,75,$$

und 0,25 Gewichtstheile Wasserstoff bleiben unverbunden.

Man hat sich immer daran zu erinnern, dass die Gewichtszahlen, in welchen sich die Körper mit einander vereinigen, keine absoluten, sondern nur relative, d. h. Verhältnisszahlen sind. Dass daher, um Wasser zu bilden, man nicht nöthig hat, gerade 1 Theil Wasserstoff und 8 Sauerstoff zu nehmen, sondern nur Gewichtsmengen, welche diesem Verhältnisse entsprechen. Wenn man 8 Pfd. Sauerstoff mit 1 Pfd. Wasserstoff zusammenbringt, so erhält man daraus 9 Pfd. Wasser. Nimmt man 11,11 Pfd. Wasserstoff und 88,89 Pfd. Sauerstoff, so erhält man 100 Pfd. Wasser. Nimmt man aber nur 0,33 Pfd. Sauerstoff, so muss man 0,04 Pfd. Wasserstoff nehmen, um 0,37 Pfd. Wasser zu erhalten.

Alles hier Gesagte gilt natürlich nicht bloss von den beispielsweise angeführten chemischen Verbindungen, sondern von allen.

II. Das Gewichtsverhältniss, in welchem sich die Körper mit einander vereinigen, ist auch dasjenige, in welchem sich die Körper in Verbindungen gegenseitig vertreten. Wenn nämlich chemische Verbindungen durch einfache, doppelte oder sogenannte disponirende Wahlverwandtschaft zerlegt werden, so erfolgt der Austausch (die Vertretung) und die Verdrängung der Bestandtheile stets in demselben Gewichtsverhältniss, in welchem sich die Körper verbinden.

Das Gewichtsverhältniss, in welchem sich die Körper vereinigen, ist auch dasjenige, in welchem sich dieselben in Verbindungen gegenseitig vertreten.

Wenn z. B. in einer Sauerstoffverbindung der Sauerstoff ausgeschieden wird und Wasserstoff an seine Stelle tritt, so werden für je 88,89 Gewichtstheile Sauerstoff, welche austreten, genau und unabänderlich 11,11 Gewichtstheile Wasserstoff eintreten, oder, was dasselbe ist, für 8 Gewichtstheile austretenden Sauerstoffs wird 1 Gewichtstheil Wasserstoff aufgenommen. In derselben Weise werden 2,74 Gewichtstheile Wasserstoff in einer Verbindung vertreten und ersetzt durch 97,26 Gewichtstheile Chlor, oder, was dasselbe Verhältniss einfacher ausdrückt, für 1 Gewichtstheil Wasserstoff, der austritt, werden 35,5 Gewichtstheile Chlor aufgenommen; 14,29 Gewichtstheile Wasserstoff werden ferner vertreten und ersetzt durch 85,71 Gewichtstheile Kohlenstoff, oder, was dasselbe ist, 1 Gewichtstheil Wasserstoff wird vertreten durch 6 Gewichtstheile Kohlenstoff. Vertretung findet aber dann statt, wenn ein zu einer chemischen Verbindung hinzutretender Körper, zu einem Bestandtheil der ersteren eine grössere Affinität besitzend, sich mit diesem verbindet (einfache Wahlverwandtschaft) und den anderen in Freiheit setzt, oder wenn zwei zusammengesetzte Körper ihre Bestandtheile gegenseitig austauschen und dadurch zwei neue Verbindungen entstehen. Die Vertretung ist also gleichbedeutend mit Verbin-



dung; d. h. wenn ein Körper, in eine Verbindung eintretend, einen andern verdrängt, so verbindet er sich mit dem Bestandtheile, an welchen früher der andere gebunden war. Wenn sonach die Vertretung in demselben Gewichtsverhältnisse stattfindet, in welchem sich die Körper verbinden, so drücken diese Gewichtsverhältnisse in der That auch die Gewichtszahlen aus, in welchen sich alle Körper unter einander verbinden. Beispiele werden dies klarer machen.

Wenn in einer Verbindung der Wasserstoff durch Chlor vertreten wird, so werden auf 1 Gewichtstheil austretenden Wasserstoffs 35,5 Gewichtstheile Chlor aufgenommen. Wasserstoff und Kohlenstoff z. B. verbinden sich in einem Verhältnisse, welches durch die Zahlen 1 und 6 seinen einfachsten Ausdruck findet.

Wasserstoff . . . 1	vertreten durch	35,5 Chlor
Kohlenstoff . . . 6	" "	6 Kohlenstoff
Kohlenwasserstoff . 7		41,5 Chlorkohlenstoff.

Treten dazu 35,5 Chlor, so verbinden sich 35,5 Chlor mit 6 Kohlenstoff zu 41,5, einer Verbindung, welche wir Chlorkohlenstoff heissen wollen, indem diese 35,5 Chlor an die Stelle von dem 1 Gewichtstheil Wasserstoff treten (ihn vertreten), und 1 Gewichtstheil Wasserstoff wird in Freiheit gesetzt. Die Zahlen 1 und 35,5 geben also das Verhältniss an, in welchem sich Wasserstoff und Chlor mit einander verbinden, zugleich aber auch dasjenige, in welchem sie sich gegenseitig vertreten. Indem sich aber im obigen Beispiele in Folge dieser Vertretung 35,5 Gewichtstheile Chlor mit 6 Gewichtstheilen Kohlenstoff vereinigen, so drücken die Zahlen 35,5 und 6 das Gewichtsverhältniss aus, in welchem sich Kohlenstoff und Chlor mit einander verbinden.

1 Wasserstoff vertreten durch	6 Kohlenstoff
8 Sauerstoff " "	8 Sauerstoff
9 Wasser	14 Kohlenoxyd.

Die Zahlen 1 und 6 drücken sonach das Verhältniss aus, in welchem sich Kohlenstoff und Wasserstoff gegenseitig vertreten und in welchem sie sich verbinden; die Zahlen 6 und 8 das Gewichtsverhältniss, in welchem sich Kohlenstoff und Sauerstoff mit einander verbinden.

Kennt man sonach das Verhältniss, in welchem sich ein Körper mit allen übrigen verbindet, so kennt man auch das Verhältniss, in welchem sich alle übrigen unter sich verbinden oder vertreten.

Dieses Verhältniss ist in der sogenannten procentischen Zusammensetzung ausgesprochen. Die procentische Zusammensetzung aber ist, wie bereits oben auseinandergesetzt wurde, nicht der einfachste Ausdruck dafür. Den einfachsten Ausdruck dafür erhält man, wenn man einen Körper willkürlich = 1 setzt, und die Gewichtsmengen der übrigen Körper damit vergleicht, welche sich mit diesem einen Gewichtstheil der angenommenen Einheit vereinigen.

Das Verhältniss, in welchem sich die Körper mit einander verbinden, und in welchem sie sich vertreten, ist in der procent-



Vergleicht man z. B., wie viele Gewichtstheile nachstehender Körper sich mit 1 Gewichtstheil Wasserstoff vereinigen, so findet man:

Mit Wasserstoff = 1 verbinden sich:

Sauerstoff	=	8	Theile,
Schwefel	=	16	"
Stickstoff	=	14	"
Kohlenstoff	=	6	"
Chlor	=	35,5	"
Kupfer	=	31,7	"
Blei	=	103,5	"
Silber	=	108	"
Quecksilber	=	100	"
Jod	=	127	" u. s. w.

tischen Zusammensetzung ausgesprochen. Die procentische Zusammensetzung ist aber nicht der einfachste Ausdruck dafür.

Diese Tabelle bedarf keiner weiteren Erklärung. Die Zahlen 8, 16, 14, 6 u. s. w. drücken aus, dass sich mit 1 Gewichtstheil Wasserstoff 8, 16, 14, 6 Gewichtstheile Sauerstoff, Schwefel, Stickstoff, Kohlenstoff vereinigen; sie drücken aber auch das Gewichtsverhältniss aus, in welchem sich alle diese Stoffe unter einander verbinden oder vertreten. Also 100 Quecksilber verbinden sich mit 16 Schwefel, mit 8 Sauerstoff, 31,7 Kupfer mit 127 Jod u. s. w.

Die Zahlen, welche man erhält, wenn man einen Körper als Einheit annimmt, und vergleicht, welche Gewichtsmengen der übrigen Körper sich mit dieser Einheit vereinigen, heisst man Mischungsgewichte oder Aequivalente. Mischungsgewichte, oder besser Verbindungsgewichte deshalb, weil diese Zahlen das Verhältniss anzeigen, in welchem sich die Körper mit einander verbinden (mischen), und Aequivalente, weil sie das Verhältniss, in welchem sich die Körper unter einander vertreten, ausdrücken, sonach Zahlen von gleichem Wirkungswerthe darstellen. Wenn ich, um irgend eine chemische Wirkung hervorzubringen, 8 Gewichtstheile Sauerstoff nöthig habe, so brauche ich, wenn ich zu einer ähnlichen Wirkung Schwefel verwenden kann, von letzterem 16 Gewichtstheile u. s. f. Die Zahlen 8 und 16 sind sonach für einen bestimmten Zweck gleichwerthig.

Mischungsgewichte oder Aequivalente.

Die Einheit, von der man bei der Festsetzung der Mischungsgewichte ausgeht, ist conventionell, d. h. sie beruht einzig und allein auf durch gewisse Zweckmässigkeitsgründe bestimmter Uebereinkunft. Durch solche Zweckmässigkeitsgründe hat man sich veranlasst gesehen, dem Wasserstoff die Zahl 1 zu geben, gerade so, wie man aus Zweckmässigkeitsgründen bei den specifischen Gewichtsangaben fester und flüssiger Körper das Wasser = 1 setzt. Würde man bei der Festsetzung des specifischen Gewichtes der Körper dem Schwefel z. B. die Zahl 1 geben, so würden natürlich für die specifischen Gewichte der Körper ganz andere Zahlen sich ergeben; allein diese Zahlen hätten genau denselben Werth, wie die nun

Bei der Feststellung der Aequivalente giebt man entweder dem Wasserstoff die Zahl 1, oder dem Sauerstoff die Zahl 100 (als Einheit).



üblichen, sie würden genau in demselben Verhältnisse zu einander stehen, wie diese. Ebenso würde es an der Sache durchaus nichts ändern, wenn man bei der Festsetzung der Aequivalente nicht dem Wasserstoffe die Zahl 1, sondern dem Sauerstoffe z. B. die Zahl 100 gäbe, wie man es in der That theilweise thut, indem man vergleicht, wie viel Gewichtstheile der verschiedenen Körper sich mit 100 Gewichtstheilen Sauerstoff verbinden. Die Zahlen werden dadurch an und für sich ganz andere, allein ihr Verhältniss zu einander bleibt natürlich das gleiche. Ein Beispiel wird das vollkommen klar machen. Es verbinden sich mit 100 Gewichtstheilen Sauerstoff:

Schwefel	=	200	Gewichtstheile,
Stickstoff	=	175	"
Kohlenstoff	=	75	"
Chlor	=	443,75	"
Kupfer	=	396,2	"
Blei	=	1293	"
Silber	=	1350	"
Quecksilber	=	1250	"
Jod	=	1587,5	"
Wasserstoff	=	12,5	"

Stellen wir damit die Zahlen obiger Körper zusammen, welche dieselben erhalten, wenn man den Wasserstoff = 1 setzt, so haben wir:

Sauerstoff = 100.	Wasserstoff = 1.
Sauerstoff = 100	Sauerstoff = 8
Schwefel = 200	Schwefel = 16
Stickstoff = 175	Stickstoff = 14
Kohlenstoff = 75	Kohlenstoff = 6
Chlor = 443,75	Chlor = 35,5
Kupfer = 396,2	Kupfer = 31,7
Blei = 1293	Blei = 103,5
Silber = 1350	Silber = 108
Quecksilber = 1250	Quecksilber = 100
Jod = 1587,5	Jod = 127
Wasserstoff = 12,5	Wasserstoff = 1

Es verhält sich aber:

$$\begin{aligned}
 100 : 200 &= 8 : 16 \\
 200 : 175 &= 16 : 14 \\
 175 : 75 &= 14 : 6 \\
 75 : 443,75 &= 6 : 35,5 \\
 100 : 12,5 &= 8 : 1 \quad \text{n. s. w.}
 \end{aligned}$$

Um die Aequivalente und ihre Bedeutung richtig zu verstehen, muss man sich daher immer daran erinnern, dass es reine Verhältnisszahlen sind,



die von einer angenommenen Einheit abgeleitet sind, und man muss die Einheit ferner kennen, auf die sie sich beziehen. Es ist sonach mit den Aequivalenten genau derselbe Fall, wie mit den specifischen Gewichten, die ebenfalls unverständlich sind, wenn man nicht weiss, dass die Zahlen ausdrücken, um wie vielmal schwerer oder leichter ein Körper ist als Wasser, oder wenn es ein Gas ist, als atmosphärische Luft. Kaum anders ist es mit den Temperaturgraden. Wenn man nicht weiss, was 0° ist, kann man eine Temperaturangabe unmöglich verstehen.

Nach dem bisher Mitgetheilten entsteht von selbst die Frage: Verbinden sich zwei Körper stets nur in einem einzigen Verhältnisse zu einer und derselben Verbindung, oder giebt es nicht auch Fälle, wo zwei Körper sich mit einander in mehreren verschiedenen Verhältnissen zu natürlich verschiedenen chemischen Verbindungen vereinigen können, wo also die Verschiedenheit der Verbindungen nicht durch die qualitative Verschiedenheit der Bestandtheile, sondern durch das verschiedene Gewichtsverhältniss derselben bedingt wird?

Auch auf diese Frage giebt die Erfahrung genügende Antwort.

III. Zwei Körper können sich unter ungleichen Umständen in mehr als einem Verhältnisse zu natürlich verschiedenen Verbindungen vereinigen. Betrachtet man aber diese verschiedenen Verhältnisse näher, so findet man stets, dass sie Multipla der Aequivalente nach einfachen Zahlen darstellen.

Gesetz der multiplen Proportionen.

Man nennt dieses Gesetz das Gesetz der multiplen Proportionen, und drückt es auch wohl so aus, dass man sagt:

Die Grundstoffe vereinigen sich mit einander nach ihren Aequivalenten oder nach Multiplen derselben.

Dieses Gesetz lässt sich sehr anschaulich durch die Verbindungen des Stickstoffs mit dem Sauerstoff erläutern. Der Stickstoff verbindet sich mit dem Sauerstoff in nicht weniger wie fünf Verhältnissen zu fünf verschiedenen chemischen Verbindungen. Das Aequivalent des Stickstoffs ist, wie aus obigen Beispielen erhellt, 14, und das des Sauerstoffs 8 (Wasserstoff = 1). Es verbinden sich nun:

Nach demselben vereinigen sich die Körper nicht nur nach dem einfachen Verhältnisse ihrer Mischungsgewichte, sondern auch nach Multiplen derselben.

14	Gewichtstheile Stickstoff mit	8	Gewichtstheilen Sauerstoff,
14	"	16	"
14	"	24	"
14	"	32	"
14	"	40	"

Jede dieser Verbindungen besitzt andere Eigenschaften. Betrachtet man nun aber die verschiedenen Gewichtsmengen Sauerstoff, welche sich mit einer und derselben Gewichtsmenge Stickstoff, mit 14 Gewichtstheilen Stickstoff, in den verschiedenen Verbindungen vereinigt finden, so zeigt



es sich, dass diese verschiedenen Gewichtsmengen Sauerstoff zu einander in einem sehr einfachen Verhältnisse stehen; sie verhalten sich nämlich zu einander wie 1 : 2 : 3 : 4 : 5; oder es verbinden sich 14 Gewichtstheile Stickstoff mit 8, mit zweimal 8, mit dreimal 8, mit viermal 8, endlich mit fünfmal 8 Gewichtstheilen Sauerstoff. Alle Gewichtsverhältnisse des Sauerstoffs in diesen Verbindungen sind also ganz einfach Multipla des niedersten (8). Ein Mischungsgewicht, 14 Stickstoff, kann sich daher mit 1, 2, 3, 4 und 5 Mischungsgewichten Sauerstoff ( $8, 2 \times 8, 3 \times 8, 4 \times 8, 5 \times 8$ ) zu verschiedenen chemischen Verbindungen vereinigen.

So vereinigt sich auch das Eisen mit Sauerstoff in mehreren Verhältnissen. Es vereinigen sich

28	Gewichtstheile Eisen mit	8	Gewichtstheilen Sauerstoff,
56	"	"	" 24
84	"	"	" 32
28	"	"	" 24

Es vereinigen sich sonach 28 Gewichtstheile Eisen mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff,  $2 \times 28$  Gewichtstheile mit  $3 \times 8$  Gewichtstheilen Sauerstoff,  $3 \times 28$  Gewichtstheile mit  $4 \times 8$  Sauerstoff, endlich 28 Eisen mit  $3 \times 8$  Sauerstoff. 28 und 8 stellen die niedrigsten Gewichtsverhältnisse dar, in welchen sich Eisen und Sauerstoff mit einander verbinden; es sind die einfachen Mischungsgewichte, alle übrigen Verhältnisse aber sind ganz einfach Multipla derselben, und es verbinden sich sonach:

1	Aequivalent Eisen mit	1	Aequivalent Sauerstoff,
2	"	"	" 3
3	"	"	" 4
1	"	"	" 3

Das Gesetz der multiplen Proportionen widerspricht sonach nicht nur nicht der Theorie der Mischungsgewichte, sondern ist vielmehr eine weitere Bestätigung derselben, indem es lehrt, dass auch in den Fällen, wo zwei Körper in verschiedenen Gewichtsverhältnissen vereinigt, verschiedene chemische Verbindungen bilden, sich also in mehr wie einem einzigen Gewichtsverhältnisse mit einander vereinigen, diese verschiedenen Gewichtsverhältnisse stets einfache Multipla der Mischungsgewichte, des einfachsten Gewichtsverhältnisses sind.

Dieses Gesetz ist ohne Ausnahme. Wir kennen keine einzige chemische Verbindung, welche ihm nicht folgen würde, und ebenso wenig, als wir einen Körper als chemische Verbindung zu betrachten berechtigt wären, welcher die Bestandtheile in veränderlichen willkürlichen, wechselnden Gewichtsverhältnissen enthielte, ebenso wenig dürften wir einen solchen als chemische Verbindung betrachten, dessen Bestandtheile in einem Gewichtsverhältnisse vorliegen, welches weder das der Mischungsgewichte, noch das Vielfacher dieser Mischungsgewichte ist, und zwar in einfachen



ganzen Zahlen. Ein Aequivalent des einen Körpers kann sich wohl mit  $2 \times 1$ ,  $3 \times 1$ ,  $4 \times 1$  u. s. w. Aequivalenten eines anderen vereinigen, nicht aber mit  $1\frac{1}{2}$ ,  $1\frac{1}{3}$ , mit  $2\frac{3}{5}$  u. s. w.

Die obigen Beispiele beziehen sich alle auf sogenannte Verbindungen erster Ordnung, d. h. auf Verbindungen von Elementen unter einander. Weiter oben wurde aber auseinandergesetzt, dass die Verbindungen erster Ordnung unter sich ebenfalls wieder Verbindungen eingehen können, dass sonach zusammengesetzte Körper sich mit anderen zusammengesetzten Körpern zu sogenannten Verbindungen zweiter Ordnung vereinigen (vergl. S. 33). In welchen Gewichtsverhältnissen verbinden sich nun diese?

IV. Zusammengesetzte Körper vereinigen sich mit anderen zusammengesetzten ebenfalls nach unveränderlichen relativen Gewichtsmengen ihrer Bestandtheile, nach Aequivalenten, in welchen sie sich auch in Verbindungen vertreten. Das Aequivalent eines zusammengesetzten Körpers ist aber gleich der Summe der Aequivalente seiner Bestandtheile.

Das Aequivalent eines zusammengesetzten Körpers erhält man durch die Addition der Aequivalente seiner Bestandtheile.

Das Wasser z. B. ist ein zusammengesetzter Körper, eine chemische Verbindung, bestehend aus Wasserstoff und Sauerstoff, und zwar:

1	Wasserstoff
8	Sauerstoff
<hr/>	
9	

Das Aequivalent, d. h. das Gewichtsverhältniss, in welchem sich das Wasser mit anderen zusammengesetzten Verbindungen vereinigt, ist 9, d. h.  $8 + 1$ .

Die Schwefelsäure ist eine chemische Verbindung von Schwefel und Sauerstoff, und zwar enthält die Schwefelsäure:

1	Aequivalent	=	16	Gewichtstheile	Schwefel
3	"	=	$3 \times 8 = 24$	"	Sauerstoff
<hr/>					
1 Aequivalent		=	40 Gewichtstheile Schwefelsäure.		

Wenn sich nun Wasser und Schwefelsäure mit einander vereinigen, so geschieht dies stets im Verhältniss von 9 Gewichtstheilen Wasser zu 40 Gewichtstheilen Schwefelsäure.

Das Bleioxyd ist eine Verbindung von 1 Aequivalent Blei und einem Aequivalent Sauerstoff. Es besteht sonach aus

1	Aequivalent	=	103,5	Gewichtstheile	Blei
1	"	=	8	"	Sauerstoff
<hr/>					
1 Aequivalent		=	111,5 Gewichtstheile Bleioxyd.		

Wenn sich Bleioxyd mit Wasser vereinigt, so geschieht dies stets in dem Gewichtsverhältniss von 111,5 Gewichtstheilen zu 9 Gewichts-



theilen, und wenn sich Bleioxyd mit Schwefelsäure vereinigt, so geschieht es in dem Verhältniss von 111,5 zu 40 Gewichtstheilen.

V. Wenn eine chemische Verbindung durch den galvanischen Strom zersetzt wird, so verhalten sich die in gleichen Zeiten abgeschiedenen Gewichtsmengen der Bestandtheile proportional ihren Aequivalenten.

Dieses Gesetz ist ein Theil des sogenannten elektrolytischen, von Faraday erschlossenen Gesetzes, und bedarf keiner weiteren Erläuterung.

Die Gesetze von den chemischen Proportionen oder Aequivalenten sind der Ausdruck reiner, durch vielfältige genaue Beobachtung auf das Vollständigste erhärteter Thatsachen. Sie sind das Resultat von vielen genauen Untersuchungen und Analysen, und es liegt daher in ihnen gar nichts Hypothetisches. Demungeachtet bedurfte es lange Zeit, bis diese Gesetze in ihrer gegenwärtigen Abrundung aus dem Schachte der Beobachtungen erschlossen waren, und damit der Grund zu einer mehr wissenschaftlichen Behandlung der Chemie gelegt wurde. Der Entdecker des Gesetzes von den chemischen Proportionen ist ein Deutscher: Richter.

Alle diese Gesetze aber und ihre Anwendung fasst man unter der Bezeichnung Stöchiometrie oder chemische Messkunst zusammen.

Mit der Theorie der Aequivalente stehen in mehr oder minder innigem Zusammenhange die atomistische Lehre, die Volumtheorie, die Lehre vom Atomvolumen und von der specifischen Wärme: Theorien von hoher Bedeutung, auf die wir theils im Verlaufe dieses Werkes, theils erst am Schlusse desselben näher eingehen werden. Die Theorie der Aequivalente hat ferner zu einer chemischen Zeichensprache geführt, die es dem Chemiker möglich macht, in einer höchst einfachen Form die Zusammensetzung einer Verbindung, und die Wirkungen der Wahlverwandtschaft auszudrücken.

Man ist übereingekommen, jedem Grundstoffe ein Zeichen, ein sogenanntes Symbol zu geben, und hat dazu die oder den Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen Benennung gewählt. Dieses Symbol aber bedeutet dem Chemiker nicht nur den betreffenden Grundstoff, sondern stets ein Mischungsgewicht desselben (welches von allen genauer studirten Elementen bekannt ist). So bedeutet *O* Sauerstoff (von Oxygenium), aber zugleich 8 Gewichtstheile Sauerstoff, *H* Wasserstoff (von Hydrogenium) und zwar 1 Gewichtstheil, *S* Schwefel (von Sulphur) und zwar 16 Gewichtstheile, *N* Stickstoff (von Nitrogenium), und zwar 14 Gewichtstheile u. s. f. Da nun das Wasser aus 1 Gewichtstheil Wasserstoff und 8 Gewichtstheilen Sauerstoff besteht, so drückt der Chemiker die Zusammensetzung des Wassers aus durch *HO*; die doppelte Menge, indem er vor diese Zeichen 2 setzt, also 2 *HO*, die dreifache 3 *HO*, die sechsfache 6 *HO* u. s. w. Verbindet sich ein Element mit einem andern in mehr wie einem Verhältnisse, so drückt der Chemiker dies aus, indem er zur Rechten des Symbols des Körpers, dessen Menge irgend ein Multiplum

Auch das elektrolytische Gesetz entspricht der Theorie der Aequivalente.

Theoretische Wichtigkeit der Lehre von den Aequivalenten.

Chemische Zeichen.

Werth derselben für die Vereinfachung des Ausdrucks für chemische Verbindungen.



seines Mischungsgewichts beträgt, die Zahl setzt, welche dieses Multiplum ausdrückt. So bedeutet

$NO$	14 : 8
$NO_2$	14 : 8 $\times$ 2
$NO_3$	14 : 8 $\times$ 3
$NO_4$	14 : 8 $\times$ 4
$NO_5$	14 : 8 $\times$ 5

Einen derartigen Ausdruck für eine chemische Verbindung heisst man eine chemische Formel. Es leuchtet ein, wie grosse Bequemlichkeit eine solche Ausdrucksweise darbietet. Sie enthebt uns der Nothwendigkeit, ganze Worte und Zahlen auszuschreiben, und im Gedächtnisse die procentische Zusammensetzung von Hunderten von chemischen Verbindungen zu behalten, was auch geradezu unmöglich wäre, während es dagegen leicht ist, die Zeichen und ihre Bedeutung zu merken; und selbst wenn Einem eine Aequivalentzahl nicht gerade gegenwärtig wäre, genügt ein Blick in eine Aequivalententabelle, um die ganze Bedeutung des Zeichens und der Formel zu verstehen.

Chemische  
Formeln.

Wenn wir die Formel



betrachten, so sehen wir sogleich, dass sie eine Verbindung von einem Mischungsgewicht Schwefel und drei Mischungsgewichten Sauerstoff bedeutet; aus jeder Aequivalententafel entnehmen wir aber, dass diese Verbindung auf 16 Gewichtstheile Schwefel 24 Gewichtstheile Sauerstoff enthält. Wollen wir chemische Verbindungen zweiter Ordnung in einer Formel ausdrücken, d. h. solche, die durch Vereinigung von an und für sich schon zusammengesetzten Körpern entstanden sind, so thun wir dies, indem wir die zu einer Verbindung zweiter Ordnung vereinigten Verbindungen, durch ein Komma getrennt, nebeneinander schreiben. Ein Aequivalent der Verbindung  $SO_3$  vereinigt sich z. B. mit einem Aequivalent Wasser zu einer sogenannten Verbindung zweiter Ordnung: dem Schwefelsäurehydrat. Wir drücken diese Verbindung aus durch die Formel



Die chemischen Formeln gestatten uns ferner, die Wirkungen der Wahlverwandtschaft, oder überhaupt chemische Zersetzungen in sehr einfacher Weise in sogenannten Formelgleichungen auszudrücken. So haben wir z. B. weiter oben bei der Erläuterung der Wahlverwandtschaft (S. 35) angegeben, dass wenn Zinnober (Schwefelquecksilber) und Eisen auf einander einwirken, sich Schwefeleisen bilde und Quecksilber frei werde. Viel kürzer wie dort drücken wir nun diesen Vorgang durch folgende Formelgleichung aus:

Formelgleichungen.



welche zugleich das Gewichtsverhältniss angiebt, in welchem die Zersetzung erfolgt. Da das Aequivalent des Quecksilbers = 100, das des



Schwefels = 16, so ist das Aequivalent des Zinnober ( $Hg S$ ) = 116; das des Eisens ist = 28.

Zinnober	{	$Hg = 100$		$Fe = 28$	} Schwefeleisen
		$S = 16$	=	$S = 16$	
Eisen		$Fe = 28$		$Hg = 100$	
		144		144	

Man erfährt also aus obiger Formelgleichung, das z. B. auf je 116 Pfd. Zinnober, den man in Arbeit nimmt, je 100 Pfd. Quecksilber gewonnen werden, und dass man auf je 116 Pfd. Zinnober 28 Pfd. Eisen nehmen muss, welche man als 44 Pfd. Schwefeleisen wieder erhält.

Letztgewähltes Beispiel kann in gleicher Weise dazu dienen, die grosse praktische Bedeutung der Aequivalente zu erläutern.

Praktische  
Wichtigkeit  
der Lehre  
von den  
Aequivalen-  
ten.

Bei den Darstellungen chemischer Präparate, die alle auf einfachen oder reciproken Affinitätswirkungen beruhen, gestattet uns die Theorie der Aequivalente das passendste Gewichtsverhältniss der Materialien, so wie die Ausbeute, d. h. die Menge eines Präparates, die durch einen gewissen chemischen Vorgang erhalten wird, in vorhinein zu berechnen, ein Umstand, der für die gewinnbringende Herstellung der technisch angewandten Chemikalien im chemischen Fabrikbetriebe von höchster Wichtigkeit ist. Da nämlich alle Zersetzungen und Verbindungen nur nach Aequivalenten erfolgen, so ergiebt jedes andere als das richtige auf die Aequivalente fussende Gewichtsverhältniss entweder eine schlechtere Ausbeute des Präparats, als sonst erhalten würde, oder es werden die Materialien rein verschleudert, da nur so viel zur Wirkung kommt, als den Aequivalenten entspricht. Wenn wir z. B. in obigem Beispiele statt auf 116 Pfd. Zinnober 28 Pfd. Eisen zu nehmen, nur 20 Pfd. Eisen nehmen, so erhält man aus dem Zinnober nicht alles darin enthaltene Quecksilber, d. h. 100 Pfd., sondern nur 71,4 Pfd. ( $28 : 100 = 20 : x = 71,4$ ), und das übrige Quecksilber bleibt in dem unzersetzten Zinnober: 33,2 Pfd., welche 28,6 Pfd. Quecksilber enthalten; nehmen wir mehr Eisen wie 28 Pfd., so kommt das plus nicht zur Wirkung, es ist rein überflüssig.

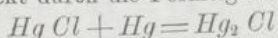
Ein in der Medicin sehr wichtiges und kostspieliges Quecksilberpräparat ist der sogenannte Calomel, eine chemische Verbindung von Quecksilber und Chlor, zusammengesetzt nach der Formel:



Man erhält diese Verbindung, indem man eine andere Verbindung des Quecksilbers mit Chlor: den sogenannten Sublimat, dessen Formel



ist, mit Quecksilber sublimirt. Indem nämlich der Sublimat noch ein Aequivalent Quecksilber aufnimmt, verwandelt er sich in Calomel. Der Vorgang wird ausgedrückt durch die Formelgleichung:



Da nun das Aequivalent des Quecksilbers = 100, und jenes des Chlors



= 35,5 ist, so verwandeln sich 135,5 Gewichtstheile Sublimat durch Aufnahme von 100 Gewichtstheilen Quecksilber in 235,5 Gewichtstheile Calomel. Bei der Darstellung dieses Präparats im Grossen wird man daher nur dann mit Vortheil arbeiten können, wenn man diese Gewichtsverhältnisse sich zur Richtschnur nimmt, denn man erhält auf diese Weise die grösstmögliche Ausbeute, und die ganze Menge der angewandten Materialien kommt zur Wirkung. Hält man dieses Verhältniss nicht ein, und nimmt z. B. auf 135,5 Pfd. Sublimat nicht 100 sondern 40 Pfd. Quecksilber, so wird nur eine diesen 40 Pfd. Quecksilber entsprechende Menge von Sublimat in Calomel verwandelt, nämlich 54,2 Pfd. ( $100 : 135,5 = 40 : x = 54,2$ ), und die übrige Menge des Sublimats; 81,3 Pfd., bleibt unzersetzt; nehmen wir ferner auf 135,5 Pfd. Sublimat statt 100 Pfd. Quecksilber 183 Pfd. z. B., so gehen 83 Pfd. rein verloren, sie kommen nicht zur Realisation, es ist gerade so, wie wenn wir diese Menge Quecksilber weggeworfen hätten.

Diese Beispiele werden genügen, um zu zeigen, dass die Theorie der Aequivalente nicht allein für die theoretische Ausbildung der Chemie von höchster Wichtigkeit geworden ist, sondern auch eine der Hauptlehren der angewandten Chemie darstellt, und für die Praxis von eben so grosser Bedeutung ist als für die Theorie.

Die Lehre von der Affinität, die nun gewissermassen jene von den Aequivalenten in sich schliesst, ist der Grundpfeiler unserer heutigen Chemie, wie man denn auch in der That die Chemie definiren könnte als die Lehre von den Affinitätswirkungen.

Nachstehende Tabelle enthält die Symbole, Mischungsgewichte und Namen der sogenannten Grundstoffe oder Elemente, wie und so weit sie gegenwärtig festgestellt sind.

Die Chemie kann definiert werden als die Lehre von den Affinitätswirkungen.

Aequivalente der Grundstoffe.

Name.	Symbol.	H = 1.	O = 100.
Sauerstoff . . . . .	O	8	100
Schwefel . . . . .	S	16	200
Selen . . . . .	Se	39,75	4996,9
Tellur . . . . .	Te	64,5	800,6
Stickstoff . . . . .	N	14	175
Phosphor . . . . .	P	31	387,5
Arsen . . . . .	As	75	937,5
Antimon . . . . .	Sb	122	1525
Chlor . . . . .	Cl	35,5	443,75
Brom . . . . .	Br	80	1000
Jod . . . . .	J	127	1587,5
Fluor . . . . .	Fl	19	237,5
Kohlenstoff . . . . .	C	6	75
Bor . . . . .	B	11	137,5

Aequivalente der Grundstoffe. H = 1, und O = 100 angenommen.



Name.	Symbol.	H = 1.	O = 100.
Kiesel . . . . .	Si	14	175
Kalium . . . . .	K	39,2	490
Rubidium . . . . .	Rb	85,36	1067
Caesium . . . . .	Cs	123,35	1537,5
Natrium . . . . .	Na	23	287,5
Lithium . . . . .	Li	7	87,5
Baryum . . . . .	Ba	68,5	856,2
Strontium . . . . .	Sr	43,75	546,9
Calcium . . . . .	Ca	20	250
Magnesium . . . . .	Mg	12	150
Aluminium . . . . .	Al	13,75	171,9
Beryllium . . . . .	Be	7	87,5
Yttrium . . . . .	Y	35	437,5
Terbium . . . . .	T	?	?
Erbium . . . . .	E	?	?
Zirconium . . . . .	Z	44,8	560
Norium . . . . .	No	?	?
Thorium . . . . .	Th	59,5	743,7
Lanthan . . . . .	La	46	575
Didym . . . . .	D	48	600
Cerium . . . . .	Ce	46	575
Mangan . . . . .	Mn	27,5	343,7
Chrom . . . . .	Cr	26,2	327,5
Uran . . . . .	U	60	750
Eisen . . . . .	Fe	28	350
Nickel . . . . .	Ni	29,5	368,7
Kobalt . . . . .	Co	29,5	368,7
Zink . . . . .	Zn	32,5	406,2
Kadmium . . . . .	Cd	56	700
Zinn . . . . .	Su	59	737,5
Titan . . . . .	Ti	25	312,5
Wismuth . . . . .	Bi	210	2625
Kupfer . . . . .	Cu	31,7	396,2
Blei . . . . .	Pb	103,5	1293
Thallium . . . . .	Tl	204	2550
Quecksilber . . . . .	Hg	100	1250
Silber . . . . .	Ag	108	1350
Palladium . . . . .	Pd	53	662,5
Ruthenium . . . . .	Ru	52	650
Rhodium . . . . .	R	52	650
Platin . . . . .	Pt	99	1237,5
Iridium . . . . .	Ir	98,6	1232,5
Gold . . . . .	Au	197	2462,5
Osmium . . . . .	Os	100	1250
Wolfram . . . . .	W	92	1150
Molybdän . . . . .	Mo	48	600
Vanadium . . . . .	V	68,5	856,2
Tantal . . . . .	Ta	68,8	860
Niobium . . . . .	Nb	?	?
Wasserstoff . . . . .	H	1	12,5

die ge  
Körper  
da in  
zu han  
die Za  
zu han  
liegt in  
gen ei  
E  
nämlic  
stoffs  
es sin  
bei W

Raum

V

schieh

nach A

Volum

E

einfach

einigu

Verhä

Gase.

I

samm

I

entst

Sum

einfach

Wasse

sich s

Chlor

entste

stoffig

oxydg

Sauer

Volum

theile

damp

Sauer



Die sogenannten Wasserstoff-Aequivalente ( $H=1$ ) sind gegenwärtig die gewöhnlicheren. Da der Wasserstoff der leichteste aller bekannten Körper ist, so empfahl sich gerade dadurch der Wasserstoff als Einheit, da in Folge dessen die Aequivalentzahlen klein werden und daher leicht zu handhaben sind. Wenn man vom Sauerstoff  $= 100$  ausgeht, werden die Zahlen sehr gross, wie obige Tabelle zeigt, und sind daher unbequem zu handhaben. Der Grund für die Aufstellung des Sauerstoffs als Einheit liegt in dem Umstande, dass der Sauerstoff die zahlreichsten Verbindungen eingeht.

Ein Grund, den man für die Wasserstoffäquivalente auch wohl anführte, nämlich der, dass alle Aequivalente Multipla des Aequivalents des Wasserstoffs seien, hat sich nicht als stichhaltig gezeigt, wie obige Tabelle lehrt; es sind wohl viele Aequivalente einfach Multipla des Wasserstoffs, aber bei Weitem nicht alle.

#### Raumverhältnisse bei der chemischen Vereinigung von Gasen.

Wenn sich gasförmige Körper mit einander vereinigen, so geschieht dies nicht nur nach unveränderlichen relativen Gewichtsmengen: nach Aequivalenten, sondern auch nach bestimmten einfachen Raum- oder Volumverhältnissen.

Gasförmige Körper verbinden sich auch nach bestimmten einfachen Raumverhältnissen.

Bei der Vereinigung zweier Gase stehen die Volumina derselben in einfachem Zahlenverhältnisse, und auch das Volumen der durch die Vereinigung entstandenen gasförmigen Verbindung steht in einem einfachen Verhältnisse zu der Summe der Volumina der in Verbindung getretenen Gase.

Dieses Gesetz gilt für alle Gase, für die einfachen wie für die zusammengesetzten, für die permanenten wie für die coerciblen.

Das Volumen einer durch chemische Vereinigung von Gasen entstandenen gasförmigen Verbindung ist entweder gleich der Summe der Volumina der Bestandtheile, oder es ist in einem einfachen Verhältnisse verkleinert.

Das Volumen einer gasförmigen chemischen Verbindung ist entweder gleich der Summe der Volumina der Bestandtheile, oder es ist in einem einfachen Verhältnisse verkleinert.

Beispiele werden diese allgemeinen Sätze klarer machen. Wenn sich Wasserstoffgas mit Chlorgas zu Chlorwasserstoffgas vereinigt, so vereinigen sich stets 2 Volumina Wasserstoffgas und 2 Volumina Chlorgas zu 4 Vol. Chlorwasserstoffgas, oder, was dasselbe ist, 1 Volumen Chlorwasserstoffgas entsteht aus der Vereinigung von  $\frac{1}{2}$  Vol. Chlorgas und  $\frac{1}{2}$  Vol. Wasserstoffgas. Wenn sich ferner Stickstoffgas mit Sauerstoffgas zu Stickstoffoxydgas verbindet, so vereinigen sich stets 2 Vol. Stickstoffgas mit 2 Vol. Sauerstoffgas zu 4 Vol. Stickstoffoxyd. In diesen Fällen ist also das Volumen der Verbindung gleich der Summe der Volumina der Bestandtheile. Wenn sich dagegen Wasserstoffgas mit Sauerstoffgas zu Wasserdampf vereinigt, so vereinigen sich stets 2 Vol. Wasserstoff mit 1 Vol. Sauerstoff, und das Volumen der Verbindung beträgt dann nicht 3 Volumina,



sondern nur 2 Vol. Es hat, wie man sich ausdrückt Condensation stattgefunden. In ähnlicher Weise vereinigen sich 2 Vol. Stickstoff mit 1 Vol. Sauerstoff zu 2 Vol. Stickstoffoxydul, 2 Vol. Stickstoff mit 6 Vol. Wasserstoff zu 4 Vol. Ammoniakgas, oder was dasselbe ist, ein Volumen Ammoniakgas entsteht durch Verdichtung von  $1\frac{1}{2}$  Vol. Wasserstoff und  $\frac{1}{2}$  Vol. Stickstoffgas.

Im Allgemeinen ergeben sich für die Volumverhältnisse gasförmiger Verbindungen folgende Gesetzmässigkeiten:

1. Vereinigen sich zwei einfache Gase zu gleichen Volum- oder Raumtheilen, so ist das Volum der Verbindung gleich der Summe der Volumina der in Verbindung getretenen Gase.

2. Vereinigen sich zwei Gase in dem Volumverhältniss von 2 : 1, so beträgt das Volumen der Verbindung  $\frac{2}{3}$  von der Summe der Volumina der Bestandtheile, d. h. 3 Volumina verdichten sich zu 2 Vol.

Die specifischen Gewichte der sich mit einander verbindenden Gase drücken zugleich die relativen Gewichtsmengen aus, in welchen sich die Gase verbinden. Die Volumina stehen sonach in nächster Beziehung zu den Aequivalenten.

Da die Gase, wie alle Körper sich nach bestimmten Gewichtsverhältnissen mit einander verbinden, so ist klar, dass die Volumina der sich verbindenden Gase den Aequivalenten entsprechen, sonach zu ihnen in Beziehung stehen müssen. Da z. B. das Wasser aus 1 Aeq. Wasserstoff und 1 Aeq. Sauerstoff besteht, sich aber dem Raume nach 2 Vol. Wasserstoff mit 1 Vol. Sauerstoff zu Wasserdampf vereinigen, so ist klar, dass 1 Aeq. Wasserstoff 2 Vol. und 1 Aeq. Sauerstoff 1 Vol., das Aequivalent des Wassers aber 2 Vol. entspricht. Es muss sich sonach das Gewicht von 2 Vol. Wasserstoff zu dem Gewichte von 1 Vol. Sauerstoff verhalten, wie das Aequivalent des Wasserstoffs zu dem des Sauerstoffs, d. h. wie 1 : 8.

In der That drücken die specifischen Gewichte der sich mit einander verbindenden Gase zugleich die relativen Gewichtsmengen aus, in welchen sich die Gase mit einander verbinden.

Wählen wir obiges Beispiel: Das specifische Gewicht des Wasserstoffs ist = 0,0692, das des Sauerstoffs, 1,1056; da sich nun dem Volumen nach 2 Vol. Wasserstoff mit 1 Vol. Sauerstoff zu Wasser verbinden, so vereinigen sich dem Gewichte nach  $2 \times 0,0692 = 0,1384$  Wasserstoff mit 1,1056 Sauerstoff und bilden 1,244 Wasserdampf. Es verhält sich aber:  $0,1384 : 1,1056 = 1$  das Aequivalent des Wasserstoffs : 8, Aequivalent des Sauerstoffs.

Da ferner nach Obigem in 1,2440 Gewthln. Wasserdampf 0,1384 Wasserstoff, und 1,1056 Sauerstoff enthalten sind, so hat man in 100 Thln. Wasser folgende Gewichtsverhältnisse:

$$\begin{array}{l} 1,2440 : 0,1384 = 100 : x = 11,12 \text{ Wasserstoff} \\ 1,2440 : 1,1056 = 100 : x = 88,88 \text{ Sauerstoff} \\ \hline 100,00 \end{array}$$

Dies ist aber in der That die procentische Zusammensetzung des Wassers.



Diese innigen Beziehungen der Volumverhältnisse gasförmiger Verbindungen zu den Aequivalenten sind eine Hauptstütze der atomistischen Theorie.

Von den Eigenschaften der Körper, die zu ihrer Erkennung und Charakteristik dienen.

Die Körper erkennt man an ihren Eigenschaften. Um die Wiedererkennung eines einmal aufgefundenen Körpers zu ermöglichen, müssen seine charakteristischen, d. h. diejenigen seiner Eigenschaften festgestellt und beschrieben werden, durch welche er sich von anderen vorzugsweise unterscheidet. Die Ermittlung aller Eigenschaften eines Körpers ist stets die Aufgabe, die der Naturforscher sich stellt, wenn er einen solchen neuen Körper aufgefunden hat, allein zur Wiedererkennung eines schon bekannten dienen immer vorzugsweise gewisse besonders charakteristische Eigenschaften.

Von den Kennzeichen der Körper.

Die Eigenschaften, die zur Erkennung und Charakteristik chemischer Verbindungen dienen, sind vor Allem solche, welche sich auf das chemische Verhalten und die chemische Zusammensetzung beziehen, sonach chemische. Von ihnen wird im Verlaufe dieses Werkes natürlich insbesondere die Rede sein, aber es sind auch solche, die sich auf die äussere Erscheinung, auf das physikalische Verhalten beziehen: physikalische Kennzeichen.

Chemische Kennzeichen.

Die physikalischen Kennzeichen sind:

Physikalische Kennzeichen.

- a. Kennzeichen der Gestalt: Krystallisation, Amorphie, Cohärenz, Structur, Spaltbarkeit, Bruch (Aussehen der Bruchflächen), Härte, Sprödigkeit, Geschmeidigkeit, Dehnbarkeit, Elasticität;
- b. optische Eigenschaften: Farbe, Glanz, Durchsichtigkeit, Lichtbrechung, Lichtschein, Fluorescenz, Phosphorescenz, Dichroismus;
- c. Kennzeichen der Schwere: specifisches Gewicht;
- d. elektro-magnetische Eigenschaften: Leitungsfähigkeit, Stellung in der elektro-magnetischen Reihe, magnetischer Zustand;
- e. organoleptische Charaktere: Geschmack, Geruch, Anfühlen (Einwirkung auf den Tastsinn);
- f. solche Charaktere, die sich auf den Aggregatzustand und seine Aenderung beziehen: Flüchtigkeit, Nichtflüchtigkeit, Siedpunkt, Schmelzpunkt, Erstarrungs-, Verdichtungstemperatur.

Von einigen dieser Eigenschaften, wie vom specifischen Gewichte und von der Aenderung des Aggregatzustandes ist schon ausführlich die Rede gewesen, die Beschreibung der übrigen fällt mehr oder weniger vollständig in das Gebiet der Physik.

Es wird daher genügen, hier nur einige Verhältnisse der Gestalt ins Auge zu fassen, die für die Chemie eine hervorragende Bedeutung besitzen.



## Von den Krystallen.

Krystall und  
Krystalli-  
sation.

Sehr viele gleichartige Körper, seien es Elemente oder chemische Verbindungen, besitzen die Fähigkeit, wenn sie aus dem flüssigen oder gasförmigen Zustand in den festen übergehen, regelmässige, bestimmten Symmetriegesetzen entsprechende Gestalten anzunehmen, die von ebenen, unter bestimmten Winkeln sich schneidenden Flächen begränzt sind.

Einen so regelmässig gestalteten Körper, der eine bestimmte geometrische Form besitzt, nennen wir einen Krystall.

Körper, die die Fähigkeit besitzen, regelmässige Gestalt anzunehmen, heissen krystallisirbare oder krystallisationsfähige, und den Vorgang der Ausscheidung gelöster oder feurig-flüssiger, d. h. geschmolzener Körper in regelmässigen Gestalten heissen wir Krystallisation.

Die Bildung von Krystallen, die Krystallisation, erfolgt zuweilen auch bei festen Körpern, die vorher nicht krystallisirt waren, also ohne Aenderung des Aggregatzustandes, am häufigsten aber beim Uebergange der Körper aus dem gasförmigen oder flüssigen Zustande in den festen. Dieser Uebergang gasförmiger Körper oder flüssiger in den festen Zustand kann aber durch alle diejenigen Momente bewirkt werden, die auf den Aggregatzustand verdichtend wirken, sonach durch Erniedrigung der Temperatur und erhöhten Druck. Dies gilt namentlich von den coërciblen Gasen, den Dämpfen und geschmolzenen festen Körpern. Wenn ein fester Körper durch Hitze in Dampf verwandelt ist, und der Dampf wird abgekühlt, so verdichten sich die Dämpfe zu dem ursprünglichen festen Körper, und wenn derselbe krystallisirbar ist, in Krystallen. In gleicher Weise erhalten wir Krystalle, wenn ein geschmolzener, d. h. durch Hitze flüssig gewordener Körper durch Abkühlung allmählich wieder erstarrt.

Wenn dagegen der krystallisirbare Körper dadurch flüssig geworden ist, dass man ihn in einem Lösungsmittel, z. B. in Wasser, gelöst hat, so erfolgt die Ausscheidung, d. h. die Krystallisation, erst, wenn man die Ursache seines flüssigen Zustandes: das Lösungsmittel entfernt. Dies geschieht, wenn das Lösungsmittel flüchtig ist, durch Verdampfen. War es vorzugsweise die Wärme, welche den festen Körper in grösserer Menge in einer Flüssigkeit löslich machte, so scheidet sich beim Erkalten der Lösung gewöhnlich ein Theil des festen Körpers in Krystallen aus, den derselbe bei der erniedrigten Temperatur nicht mehr aufgelöst halten kann. War dagegen die Lösung ohne Mithülfe von Wärme bereitet worden, so erfolgt die Ausscheidung erst, wenn soviel des Lösungsmittels durch Verdampfen entfernt ist, dass das noch zurückbleibende nicht mehr hinreicht, um die ganze Menge des Körpers gelöst zu erhalten.

Auch dadurch endlich kann man die Ausscheidung eines festen Körpers aus seiner Auflösung bewirken, dass man das Lösungsmittel durch



einen anderen Stoff entzieht. Gyps z. B. in Wasser aufgelöst, scheidet sich in Krystallen aus, wenn man der Lösung Weingeist zusetzt, in dem der Gyps unlöslich ist, und der das Lösungsmittel: das Wasser, entzieht.

Wenn ein Theil eines festen, in einer Flüssigkeit gelöst gewesenen Körpers aus selber zum Theil oder ganz herauskrystallisirt, so bleibt eine Flüssigkeit zurück, die die Mutterlauge genannt wird. Aus dieser kann, wenn nicht die ganze Menge des Körpers auskrystallisirt ist, durch weiteres Verdunsten eine abermalige Krystallisation, unter Umständen eine dritte u. s. w., erhalten werden. Von dieser Flüssigkeit, der Mutterlauge, werden aber häufig, namentlich wenn das Krystallisiren rasch erfolgt, in den Krystallen selbst veränderliche Mengen eingeschlossen; dieses in den Krystallen mechanisch eingeschlossene Wasser heisst Zerknisterungs- oder Decrepitationswasser, und ist Ursache, dass derartige Krystalle beim Erhitzen zerknistern oder decrepitiren, d. h. durch die sich entwickelnden Wasserdämpfe zersprengt werden. Von dem mechanisch eingeschlossenen Wasser ist das Krystallwasser wohl zu unterscheiden, welches mit dem krystallisirenden Körper im Momente seiner Ausscheidung sich chemisch verbindet, und von dem weiter unten ausführlicher die Rede sein wird.

Mutterlauge  
und Decre-  
pitations-  
wasser.

Eine allgemeine Regel bei der Krystallisation ist es, dass, je langsamer dieselbe stattfindet, je langsamer der flüssig gemachte Stoff in den festen Aggregatzustand zurückkehrt, und je ruhiger die Flüssigkeit steht, desto grössere und deutlichere Krystalle sich bilden. Je schneller man dagegen erkaltet, oder das Lösungsmittel entzieht, und je mehr die Flüssigkeit bewegt wird, desto mehr aber undeutlichere und kleinere bilden sich: gestörte Krystallisation.

Gestörte  
Krystallisa-  
tion.

Jede Krystallbildung ist mit Wärmeentwicklung verbunden, in einzelnen Fällen auch mit Lichtentwicklung.

Die bei chemischen Grundstoffen und Verbindungen beobachteten Krystallformen sind ausserordentlich mannigfaltig, sie gehen in die Tausende. Alle diese Formen aber lassen sich auf wenige Grundformen und Gruppen, auf sogenannte Krystallsysteme, zurückführen, deren nähere Entwicklung den Gegenstand der Krystallographie ausmacht.

Das gegenwärtig so ziemlich allgemein angenommene System fasst sämtliche Krystallformen in sechs Hauptgruppen oder Krystallsysteme zusammen, indem es dabei von dem Verhältnisse der Linear-dimensionen der Krystalle, der Axen, ausgeht. In jeder Gruppe lassen sich nach diesen Principien alle Formen auf gewisse Grundgestalten zurückführen. Die Krystalle werden begrenzt von Ebenen oder Flächen. Durch die Vereinigung zweier Flächen unter einem Winkel entsteht eine Kante, durch Zusammentreten von drei oder mehreren Flächen in einem Punkte entsteht eine Ecke. Unter Axen versteht man bei Krystallen die geraden Linien, welche man sich von einer Ecke oder von der Mitte einer Fläche oder Kante durch den Krystallmittelpunkt nach den gegenüberstehenden gleichnamigen Theilen gezogen denkt.

Krystallsy-  
steme.



In dem Mittelpunkt des Krystalles schneiden sich sämmtliche Axen unter rechten oder schiefen Winkeln. Hierauf, sowie auf der verschiedenen Länge der Axen beruht die Aufstellung der verschiedenen Krystallsysteme. Man unterscheidet zwischen Haupt- und Nebenaxen. Hauptaxe nennt man gewöhnlich diejenige, die keine analoge im Axensysteme hat. Sie ist meist auch die längste.

Die aus diesen Verhältnissen abgeleiteten sechs Krystallsysteme sind: I. das reguläre, tesserale System, II. das quadratische; tetragonale System, III. das rhomboëdrische, hexagonale System, IV. das rhombische, orthotype System, V. das monoklinoëdrische, hemiorthotype System, VI. das triklinoëdrische, anorthotype System.

Die nähere Beschreibung, Entwicklung und mathematische Begründung der Krystallsysteme ist in den Hand- und Lehrbüchern der Krystallographie nachzusehen.

Wichtigkeit der Krystallographie und der Krystallformen für den Chemiker.

Die Krystallographie ist eine für die Mineralogie unentbehrliche Hilfswissenschaft, sie ist aber auch für die Chemie in hohem Grade wichtig, da die Krystallform keine zufällige, sondern eine wesentliche Eigenschaft der Körper ist und zu ihrer Zusammensetzung in nächster Beziehung steht. Wir bemerken nämlich, dass eine und dieselbe Substanz unter gleichen Umständen bei der jedesmaligen Krystallisation eine gleiche Krystallform annimmt, so dass die letztere als ein sehr wichtiges Kennzeichen zur Charakterisirung der Körper und als ein Mittel erscheint, sie von einander zu unterscheiden.

Ein und derselbe Körper krystallisirt gewöhnlich in bestimmten Krystallformen, die alle demselben Systeme entsprechen.

Ein und derselbe Körper kann zwar unter ungleichen Umständen in verschiedenen Krystallformen krystallisiren, allein diese verschiedenen Formen gehören dann in der Regel einem und demselben Krystallsysteme an, und lassen sich von gemeinschaftlichen Grundformen ableiten. So krystallisirt der Bleiglanz in mehr wie zehn Krystallformen, welche aber alle dem I., dem tesserale Systeme angehören und auf die Grundformen dieses Systems, auf den Würfel und das reguläre Octaëder zurückzuführen sind. Beim Kalkspath kommen sogar mehrere hundert verschiedene Krystallformen vor, deren Grundform aber immer ein stumpfes Rhomboëder des hexagonalen (III.) Systems ist.

Diese Regel erleidet jedoch gewisse Ausnahmen, indem einige Körper unter gewissen Umständen in verschiedenen Krystallsystemen zu krystallisiren fähig sind (s. unten).

Die Bestimmung der Krystallform eines Körpers ist ein sehr wesentliches Moment seiner Beschreibung. Dieselbe bietet aber zuweilen nicht geringe Schwierigkeiten dar. Bei den irregulären Systemen sind das Unterscheidende grössere oder geringere Winkelverschiedenheiten der Krystalle, und insofern sind Winkelmessungen zur Constatirung der Identität der Krystallform zuweilen unerlässlich.

Die genaue Bestimmung der Krystallform durch Winkelmessungen geschieht mittelst eigener Instrumente, der sogenannten Goniometer.



## Heteromorphie. Polymorphie.

Unter dieser Bezeichnung versteht man die oben bereits angedeutete Eigenschaft gewisser Körper, unter Umständen in Formen zu krystallisiren, die sich nicht von einem Krystallsystem ableiten lassen, sondern verschiedenen Krystallsystemen angehören. Solche Körper nennt man heteromorphe oder polymorphe.

Heteromorphie.

Dimorph nennt man einen Körper, der in Formen krystallisiren kann, die zwei verschiedenen Krystallsystemen angehören, trimorph einen solchen, der in drei Krystallsystemen krystallisirt. So ist der Schwefel dimorph, er krystallisirt in Formen, welche dem V. Krystallsysteme, und in solchen, welche dem IV. angehören. So ist der kohlen-saure Kalk dimorph, das schwefelsaure Nickeloxydul aber ist trimorph; es erscheint in rhombischen, tetragonalen und monoklinoëdrischen Krystallformen.

Dimorphie.

Die Heteromorphie ist eine Ausnahme von der Regel, wonach die Körper auf ein Krystallsystem reducirbare Formen zeigen. Diese Ausnahme findet aber immer nur dann statt, wenn die Verhältnisse, unter welchen die Krystallisation erfolgt, verschiedene sind, wenn z. B. die Temperaturen, die Lösungsmittel u. s. w. andere sind.

Die Heteromorphie findet nur dann statt, wenn die Umstände, unter welchen die Krystallisation erfolgt, verschiedene sind.

Woher die Erscheinung der Heteromorphie kommt, ist noch nicht ausgemittelt. Einen hervorragenden Einfluss scheint dabei die Temperatur auszuüben.

## Isomorphie.

Sowie es Fälle gibt, wo ein und derselbe Körper in verschiedenen Krystallsystemen zu krystallisiren vermag, so gibt es auch solche, wo verschiedene Körper nicht allein in gleichen Krystallsystemen, sondern auch in nahezu oder absolut gleichen Krystallformen krystallisiren.

Isomorphie.

Solche Körper, welche die Eigenschaft zeigen, in gleichen oder so nahe übereinstimmenden Krystallformen desselben Systems zu krystallisiren, dass die Unterschiede in den absoluten Werthen ihrer Winkel ausserordentlich gering sind, nennt man isomorph, und die Erscheinung selbst Isomorphie.

Man versteht darunter die Eigenschaft chemisch-differenter Körper, in gleichen Krystallformen zu krystallisiren.

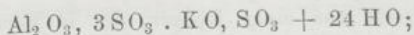
Ein näheres Studium dieser Erscheinung hat ergeben, dass zusammengesetzte Körper, d. h. chemische Verbindungen, welche isomorph sind, auch eine analoge chemische Zusammensetzung besitzen, aus einer gleichen Aequivalentenzahl in gleicher Weise verbundener Bestandtheile bestehen, und sonach die Krystallform in einer sehr innigen Beziehung zur chemischen Zusammensetzung stehe. Sie erscheint aber weniger abhängig von der chemischen Natur, als vielmehr von der Anzahl der Aequivalente, und der relativen Stellung, Gruppierung der Bestandtheile.



Einem gleichen Typus der Zusammensetzung entspricht gleiche Krystallform.

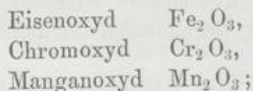
Es hat sich ferner ergeben, dass solche Substanzen von verschiedener chemischer Natur, aber analoger correspondirender Zusammensetzung, Stoffe, welche eine gleiche Anzahl in gleicher Weise verbundener Aequivalente ihrer Bestandtheile enthalten und gleiche Krystallform besitzen, sich auch in Verbindungen gegenseitig vertreten, ersetzen, austauschen können, ohne dass die Krystallform der Verbindung dadurch eine andere wird.

So ist z. B. die Zusammensetzung des Alauns folgende:

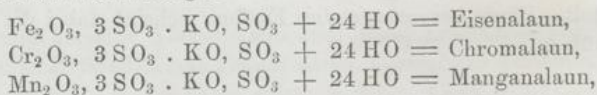


er besteht aus einer Verbindung von Thonerde,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , mit Schwefelsäure,  $\text{SO}_3$ , und Kaliumoxyd,  $\text{KO}$ , mit Schwefelsäure, und 24 Aeq. sogenanntem Krystallwasser.

Der Thonerde,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , sind aber isomorph:



wie man sieht, Verbindungen, die genau denselben Typus der Zusammensetzung, gleichviel Aequivalente ihrer Bestandtheile in gleicher Weise vereinigt enthalten. Alle diese Verbindungen können die Thonerde im Alaun vertreten oder ersetzen, ohne dass die Krystallform derselben sich ändert, und die Verbindungen



zeigen genau dieselben Krystallformen, wie der gewöhnliche Alaun.

Isomorphe Körper vermögen sich in Verbindungen Aequivalent für Aequivalent zu vertreten ohne Aenderung der Krystallform.

Die Isomorphie ist eine Hauptstütze der atomistischen Theorie.

Zum Begriff der Isomorphie genügt sonach nicht die übereinstimmende Krystallform verschiedener Körper, sondern es gehört dazu auch das Vermögen derselben, sich gegenseitig zu vertreten, zu ersetzen in Verbindungen, deren Krystallform dadurch sich nicht ändert. Die Isomorphie, deren Gesetzmässigkeit zunächst von Mitscherlich begründet wurde, ist für die theoretische Entwicklung der Chemie von höchster Wichtigkeit geworden, und eine Hauptstütze der atomistischen Theorie. Die allgemeinen Beziehungen derselben werden daher auch am Schlusse des Werkes näher erörtert werden.

#### Amorphie.

Amorphie.

Unter Amorphie oder Amorphismus versteht man denjenigen Zustand fester Körper, in welchem ihnen nicht nur die äussere Krystallform abgeht, sondern auch bis auf ihre kleinsten wahrnehmbaren Theilchen jede regelmässige krystallische Gestaltung und Textur. Es giebt nämlich Körper, die, obgleich auf den ersten Blick ohne bestimmte regelmässige Form, bei näherer, unter Umständen mittelst des Mikroskopes stattfindenden



der Betrachtung ihrer kleinsten Theile sich aus ganz kleinen, oft nur unvollkommen ausgebildeten Kryställchen bestehend erweisen, die ein scheinbar formloses Aggregat bilden, und an den Bruchflächen ein körniges Aussehen veranlassen. Bei anderen dagegen lässt sich auch mittelst der stärksten Vergrößerung keine irgendwie regelmässige Gestaltung ihrer kleinsten Theile nachweisen; solche Substanzen zeigen keinen körnigen, sondern einen sogenannten muschligen Bruch, keine Spaltbarkeit nach bestimmten Richtungen, keine doppelte Strahlenbrechung. Man nennt sie *amorph*.

Je nach Umständen ist ein und derselbe Körper bald krystallisirt und bald *amorph*, so dass die Amorphie keine ausschliessende Eigenthümlichkeit der Körper ist, doch haben gewisse Substanzen eine grössere Neigung zur Krystallisation, und andere zum *amorph*en Zustande. Wieder andere kennt man nur in einem von diesen Zuständen. So kennt man den Kohlenstoff in krystallisirtem und *amorph*em Zustande, ebenso den Schwefel, den Phosphor, die arsenige Säure und andere Körper, während das Gummi z. B. nur *amorph* bekannt ist.

Ein und derselbe Körper kann unter Umständen bald *amorph*, bald krystallisirt sein.

Der *amorphe* Zustand der Körper kann durch Schmelzung, Abdampfen der Lösung und Fällung hervorgerufen werden. Alle Körper, die nach dem Schmelzen *amorph* erstarren, zeigen einen zähen Fluss und bleiben nach dem Erkalten gewöhnlich durchsichtig und glasartig, während sie, wenn sie beim Erstarren krystallinische Textur annehmen, beim Erkalten trübe und undurchsichtig werden. Sehr merkwürdig ist es, dass gewisse *amorphe* Substanzen zuweilen von selbst, ohne alles Zuthun, allmählich in den krystallisirten Zustand übergehen. Auch hierbei bemerkt man mitunter ein Undurchsichtigwerden des vorher durchsichtigen Körpers.

### Allotropie.

Allotropie nennt man die bisher noch vollkommen unerklärte Eigenthümlichkeit gewisser Elemente, in verschiedenen Zuständen ganz abweichende Eigenschaften zu zeigen, so dass, wenn man von dem inneren Wesen absieht, sie als ganz verschiedene Körper erscheinen. So zeigt der Kohlenstoff die Erscheinung der Allotropie; das einmahl tritt er als Diamant, das anderemahl als gewöhnliche Kohle auf. Die Eigenschaften dieser allotropischen Modificationen sind so verschieden, dass man nur aus der vollkommenen Identität der Verbindungen, welche sie eingehen, erkennt, dass sie beide dem inneren Wesen nach Kohlenstoff sind. Ein ähnliches Beispiel von Allotropie bietet der Phosphor dar.

Allotropie.

Von den Begriffen der Isomerie, Metamerie und Polymerie wird im zweiten Bande die Rede sein.

### Specifische Wärme.

Sowie die verschiedenen Körper in ihrem Vermögen, die Wärme zu leiten und fortzupflanzen oder abzugeben, sehr grosse Verschiedenheiten



zeigen, so bedürfen sie auch, um sich um gleiche Temperaturunterschiede, natürlich ein gleiches Gewicht derselben vorausgesetzt, zu erwärmen, sehr verschiedener Wärmemengen. Um z. B. ein Kilogramm Wasser von  $0^{\circ}$  bis auf  $100^{\circ}$  zu erwärmen, brauche ich eine viel grössere Wärmemenge, als diejenige, welche nöthig ist, um 1 Kilogramm Quecksilber von  $0^{\circ}$  auf  $100^{\circ}$  zu erwärmen.

Die relativen Wärmemengen nun, welche erfordert werden, um eine bestimmte Gewichtseinheit der verschiedenen Körper (1 Kilogr., 1 Grm. etc.) um 1 Temperaturgrad, oder von  $0^{\circ}$  auf  $100^{\circ}$  u. s. w. zu erwärmen, nennt man ihre specifische Wärme oder Wärmecapacität. Gewöhnlich setzt man die specifische Wärme eines Kilogramm Wassers = 1, d. h. man versteht darunter als Einheit diejenige Wärme, welche 1 Kilogramm Wasser nöthig hat, um von 0 auf  $1^{\circ}$  erwärmt zu werden. Wenn ich daher sage, die specifische Wärme des Eisens sei 0,111, so heisst das, wenn 1 Kilogr. Wasser um von  $0^{\circ}$  auf  $1^{\circ}$  erwärmt zu werden eine Wärmemenge = 1 braucht, so ist diese Wärmemenge beim Eisen nur 0,111, das ist sonach 10mal so gering. Hieraus folgt die Bedeutung aller ähnlichen Angaben von selbst. Z. B. specifische Wärme des Quecksilbers 0,033, des Schwefels 0,234 u. s. w.

Die specifische Wärme der Körper steht in einer sehr merkwürdigen Beziehung zu ihren Aequivalenten, auf die am Schlusse des Werkes hingewiesen wird.