universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Lehrbuch der allgemeinen, physikalischen und theoretischen Chemie

in elementarer Darstellung für Chemiker, Mediziner, Botaniker, Geologen und Mineralogen

Stöchiometrie und chemische Mechanik

Küster, Friedrich W.
Thiel, Alfred

1913

Einleitendes

urn:nbn:at:at-ubi:2-6924

Einleitendes.

1. Die Naturwissenschaften, ihr Gebiet und ihre Einteilung. Die das Weltall zusammensetzenden Gegenstände üben aufeinander Wirkungen aus, die dem Menschen zum Teil durch Vermittlung seiner Sinneswerkzeuge zum Bewußtsein kommen. Diese Wechselwirkungen sind unendlich mannigfaltig, ihre Zahl ist unendlich groß. Sie wären deshalb für jeden Menschengeist unübersehbar und unfaßbar, wenn es nicht gelänge, sie auf verhältnismäßig einfache und verhältnismäßig wenige Grundwirkungen zurückzuführen. Durch qualitativen und quantitativen Wechsel bei der Kombination dieser Grundwirkungen kommt dann das unendlich mannigfaltige Bild der Außenwelt zustande, das analytisch und synthetisch darzustellen Aufgabe der Naturwissenschaft ist.

Zu lehren, wie die Erscheinungen der Welt einerseits zu zerlegen, andererseits wieder aufzubauen sind, heißt aber zu lehren, die Welt zu begreifen. Mit dieser Aufgabe also beschäftigt sich die Naturwissenschaft im weitesten Sinne.

Schon frühe hat man die Naturwissenschaft aus Zweckmäßigkeitsgründen in einzelne Unterabteilungen zerlegt, deren eine die Chemie ist. So sehr diese Zerlegung auch gerechtfertigt erscheint im Interesse der Übersichtlichkeit und der Kapazität des menschlichen Geistes, so bleibt sie doch stets eine künstliche und deshalb mangelhafte. Nie wird es gelingen, so scharfe Grenzen zu ziehen, daß man über die Zuteilung vieler Erscheinungen zu den verschiedenen Gebieten nicht zweifelhaft sein wird. Die Einteilung bleibt mehr oder weniger Definitionssache, neue Gebiete entstehen und schieben sich ein, andere werden durch die Nachbargebiete aufgesaugt. Es ist deshalb auch nicht möglich, das Gebiet der Chemie scharf zu umgrenzen, doch wird es möglich sein, die Merkmale für dasselbe so weit anzugeben, daß es im allgemeinen gelingen wird zu entscheiden, ob eine in Frage stehende Erscheinung eine chemische ist oder nicht.

Wie oben gesagt, beschäftigt sich die Naturwissenschaft mit den Wirkungen, welche die das Weltall zusammensetzenden Gegenstände aufeinander ausüben. Diese Beschäftigung kann nun in mancherlei Hinsicht erfolgen. Das Nächstliegende ist, die Wirkungen, so weit sie uns direkt oder indirekt wahrnehmbar sind, zu beschreiben. Diese Beschreibung erweist sich sofort als etwas sehr Nützliches, denn es zeigt sich, daß unter der verwirrend großen Anzahl von Gegenständen, die uns umgeben, viele sind, deren Wirkungen zum Verwechseln gleich oder doch wenigstens sehr ähnlich sind, so daß diese vielen einzelnen Gegenstände

in unserer Vorstellung durch eine einzige große Gruppe, durch einen umfassenderen Begriff ersetzt werden können. Weiterhin ergibt sich, daß mehr oder minder zahlreiche so entstandener Gruppen wieder noch in einer zwar beschränkteren, aber doch noch sehr großen Zahl von Merkmalen übereinstimmen, wodurch größere Gruppen, umfassendere Begriffe gebildet werden. Es liegt auf der Hand, wie durch eine von solchen Gesichtspunkten aus erfolgende Einteilung und Beschreibung die Möglichkeit einer Übersicht über die zunächst verwirrende Mannigfaltigkeit des Weltalls geschaffen wird, indem Gleichartiges zusammengestellt, Ungleichartiges getrennt wird. Dieser beschreibende Teil der Naturwissenschaften ist deshalb ein sehr wichtiger und schon lange und eifrig, zunächst unbewußt, gepflegter.

Der beschreibende Teil der Naturwissenschaften zerfällt in Astronomie, Mineralogie, Zoologie und Botanik, jedoch ist zu betonen, daß diese Wissenschaften einerseits keineswegs lediglich als beschreibende behandelt werden, wie andererseits die anderen Naturwissenschaften der Beschreibung nicht entraten können.

Mit der Beschreibung des Zustandes der Gegenstände ist nun aber unsere Kenntnis derselben noch nicht erschöpft, denn wir nehmen wahr, daß sie ihren Zustand ändern, daß sie aufeinander einwirken, daß sie Beziehungen zueinander haben und verändern. Mit solchen Vorgängen, solchen Erscheinungen und Beziehungen befassen sich andere Unterabteilungen der Naturwissenschaft, die Chemie und die Physik, von welch ersterer aus Zweckmäßigkeitsgründen noch die Biologie abgetrennt wird. Diese Wissenschaften beschreiben jedoch nicht nur die an den Gegenständen wahrzunehmenden Vorgänge, sie betrachten es vielmehr als ihre Hauptaufgabe die Gesetze zu ermitteln, nach denen die Erscheinungen eintreten und verlaufen. Daß dies möglich sei, hat zur Voraussetzung, daß die Gesetze unveränderlich sind — eine Voraussetzung, die durch die Erfahrung so weitgehend Bestätigung gefunden hat, daß sie mit Recht zu den Fundamenten der Naturwissenschaften überhaupt gerechnet wird.

Vielen erscheint die Kenntnis der das Naturgeschehen beherrschenden Gesetze als letztes Ziel der Naturwissenschaft, sie begnügen sich, wenn sie an der Hand dieser Gesetze von einem ihnen gegenwärtig bekannten System aussagen können, in welchem Zustande es sich nach einer gegebenen Zeit befinden wird. Andere jedoch finden sich hierdurch noch nicht vollständig zufriedengestellt, sie suchen vielmehr nach Vorstellungen über das Wesen der Dinge, aus denen sich deren Eigenschaften und Verhalten ableiten, verstehen, erklären, vorhersagen lassen. Es werden Annahmen gemacht, Hypothesen aufgestellt. Aus diesen Hypothesen lassen sich an der Hand schon erforschter Gesetze Schlüsse ziehen, deren Zulässigkeit durch Vergleich mit der Wirklichkeit geprüft wird. Stimmt Schluß und Wirklichkeit miteinander überein, so kann die Hypothese so lange als zulässig gelten, bis eine Tatsache bekannt wird, die mit ihr in Widerspruch steht. Ein anfänglicher Widerspruch kann oft durch Modifikation oder weiteren Ausbau der Hypothese gehoben werden. Stellt sich nachträglich heraus, daß die Hypothese dazu dienen kann, auch ganz andere Erscheinungsgruppen zu erklären und vorherzusagen als die, zu deren Erklärung sie ursprünglich ersonnen wurde, so gewinnt sie dadurch sehr an Berechtigung, Bedeutung und wohlverdientem Ansehen, und sie wird zur Grundlage einer Theorie der Erschei-

nungen werden. Die Ausarbeitung derartiger Theorien gehört zu den reizvollsten Aufgaben der Naturwissenschaft — wenn auch, wie die Geschichte der Wissenschaften lehrt, der besten und umfassendsten Theorie nie die Bedeutung des unverrückbar feststehenden Naturgesetzes zukommt.

Die Biologie beschäftigt sich mit den Erscheinungen des Lebens und grenzt sich dadurch verhältnismäßig scharf ab von Chemie und Physik, die nur Vorgänge an leblosen Gegenständen behandeln. Aber schwer, wenn nicht geradezu unmöglich, ist es, die Gebiete der Chemie und Physik scharf gegeneinander abzugrenzen. So leicht und sicher es ist, den einen Vorgang als einen rein physikalischen, einen anderen als einen rein chemischen zu bezeichnen, so sicher ist es, daß man wieder andere Vorgänge mit demselben Recht den chemischen wie den physikalischen zuzählen kann. Zudem sind oft unstreitig physikalische Vorgänge mit unstreitig chemischen Vorgängen, und umgekehrt, auf das innigste und untrennbar verbunden. Wenn deshalb auch auf eine scharfe Trennung der Gebiete verzichtet werden muß, so ist eine Abgrenzung bis zu einem gewissen Grade doch immerhin möglich.

Wenn wir die Vorgänge, die sich an den uns umgebenden Gegenständen abspielen, näher ins Auge fassen, so sehen wir, daß sie im allgemeinen leicht einer von zwei großen Gruppen zugeteilt werden können. Bei der einen Gruppe ändern Gegenstände Eigenschaften stetig, und mit diesen stetigen Änderungen einer Eigenschaft sind oft auch stetige Änderungen einiger anderer Eigenschaften verbunden, während noch andere Eigenschaften, namentlich die von Zeit, Ort, Masse und Umgrenzung unabhängigen, erhalten bleiben.

Diese Vorgänge gehören in das Gebiet der Physik.

Bei anderen Vorgängen aber ändern sich viele Eigenschaften gleichzeitig durchgreifend und unstetig, so daß Körper verschwinden und andere mit ganz anderen Eigenschaften ihre Stelle einnehmen.

Diese Vorgänge gehören in das Gebiet der Chemie.

2. Chemie, die Naturwissenschaft der Stoffe. Die von Zeit, Ort, Masse und Umgrenzung unabhängigen Eigenschaften nennt man die Eigenschaften des Stoffes. Die Chemie ist demnach die Naturwissenschaft der Stoffe, während in der Physik die Vorgänge an den Stoffen abgehandelt werden, die sich ohne dauernde Veränderung an diesen vollziehen. An einem Beispiel wird sich zeigen, daß diese Definition, gerade so wenig wie irgendeine andere, eine scharfe Grenze zwischen Physik und Chemie herstellt.

Wenn ein Stück Schwefel angestoßen, gerieben, mäßig erwärmt, mit verschiedenen Lichtarten beleuchtet wird, so ändern sich einige seiner Eigenschaften und Beziehungen zu der Umgebung, während eine sehr große Anzahl anderer Eigenschaften von diesen Eingriffen unberührt bleibt. Zudem verschwinden die Änderungen von selbst wieder, resp. lassen sich leicht wieder rückgängig machen, wenn die ändernden Einflüsse aufgehört haben. Diese Änderungen, bei denen der Stoff Schwefel mit all seinen wesentlichen Eigenschaften erhalten blieb, gehören der Physik an. Wird nun aber der Schwefel an der Luft stärker erhitzt, so schmilzt er plötzlich, es ändern sich gleichzeitig eine sehr große Anzahl

von Eigenschaften, während andere wieder erhalten bleiben, so daß man wohl im Zweifel sein kann, ob das Schmelzen nicht ein Vorgang ist, der einen neuen Stoff erzeugte, also in das Gebiet der Chemie gehört. Das Analoge gilt für das Verdampfen des Schwefels bei noch höherer Temperatur, jedoch ändern sich die Eigenschaften hier noch durchgreifender. Immerhin haben diese Änderungen mit denen, welche wir oben unbedenklich dem Gebiete der Physik zuerteilten, das gemein, daß sie leicht, hier durch Wiederfortnehmen der vorher zugeführten Wärme, wieder rückgängig gemacht werden können. Deshalb werden Schmelzen und Verdampfen, sowie das nahe verwandte Sichlösen, meist zu den physikalischen Erscheinungen gerechnet, jedoch erscheint es unter gewissen Gesichtspunkten durchaus gerechtfertigt, sie als chemische Vorgänge aufzufassen — eine Frage, auf die an geeigneter Stelle noch ausführlich zurückzukommen sein wird. Wird nun der Schwefel an der Luft auf eine bestimmte Temperatur erhitzt, so verbrennt er zu einem Gase, das aber ganz andere Eigenschaften hat als der durch Erhitzen des Schwefels bei Luftabschluß entstandene Schwefeldampf. Dieses neue Gas zeigt so durchgreifend andere Eigenschaften als der Schwefel, daß an der stofflichen Verschiedenheit beider gar nicht zu zweifeln ist, daß man die verwandtschaftlichen Beziehungen beider nicht ahnen würde, wenn die Erfahrung sie nicht gelehrt hätte. Man wird also nicht zögern, die Verbrennung des Schwefels den chemischen Vorgängen zuzurechnen. Zwar läßt sich auch hier der Schwefel aus dem neuen Gase mit allen seinen ursprünglichen Eigenschaften wiedergewinnen, gerade so wie aus dem Schwefeldampf, jedoch ist die Wiedergewinnung schwieriger und umständlicher, es genügt nicht allein die Wiederfortnahme der vorher zugeführten Wärme. Daß aber auch dieser Unterschied nur ein gradueller ist, läßt schon das angeführte Beispiel vermuten, andere Beispiele zeigen es noch viel deutlicher.

Nachdem wir so versucht haben, das Gebiet der Chemie als das der „Naturwissenschaft der Stoffe" mit, wenn auch fließenden, Grenzen zu versehen, müssen wir uns mit einigen Grundbegriffen und Grundgesetzen vertraut machen, deren wir weiterhin auf Schritt und Tritt bedürfen werden.

3. Beschreiben der Stoffe. Wir definierten soeben die Chemie als die Naturwissenschaft der Stoffe. Sie hat deshalb die Aufgabe, die Eigenschaften der Stoffe zu erforschen und die Gesetze zu ermitteln, nach denen die Stoffe sich bilden, bestehen und vergehen. Wir kennen von den Stoffen überhaupt nur ihre Eigenschaften, denken wir uns diese fort, so bleibt für uns nichts übrig. Die Möglichkeit, Stoffe durch Angabe ihrer Eigenschaften zu beschreiben, ist demnach augenscheinlich an gewisse Voraussetzungen geknüpft. Da Zahl und Abstufung der Eigenschaften unbegrenzt groß ist, so wäre bei unbegrenzter Kombinationsfähigkeit der Eigenschaften auch die Zahl der möglichen, sich voneinander unterscheidenden Stoffe unbegrenzt groß. Es wäre demnach ein von vornherein hoffnungsloses Unternehmen, einen Stoff erschöpfend oder auch nur soweit beschreiben zu wollen, daß er an der Hand dieser Beschreibung wieder erkannt werden könnte. Erfahrungsgemäß ist es nun aber tatsächlich sehr leicht, Stoffe durch Messung einiger weniger Eigenschaften zu identifizieren. Haben sich an verschiedenen Stoffproben einige wenige Eigen-

schaften als übereinstimmend erwiesen, so stimmen erfahrungsgemäß auch alle anderen wesentlichen Eigenschaften so vollkommen überein, daß Unterschiede überhaupt nicht nachgewiesen werden können. Hieraus ist zu schließen, daß aus irgendeinem, uns unbekannten Grunde Eigenschaften nicht beliebig kombiniert worden sind. Dieses Naturgesetz ist die Grundlage der Chemie als Wissenschaft, denn erst seine Gültigkeit ermöglicht uns, die Stoffe, mit denen wir uns zu beschäftigen haben, zu erkennen, sie zu beschreiben und zu studieren, wie Botaniker und Zoologen ihre Arten erkennen, beschreiben und studieren.

Der Stoff ist in der Tat für den Chemiker das, was für den Botaniker und Zoologen die Art ist. Beide Begriffe setzen sich aus immer vorhandenen, wesentlichen und aus zufälligen, unwesentlichen Eigenschaften zusammen. Mit dem Begriffe „Pferd" sind Eigenschaften verbunden, die allen Einzelexemplaren der Art gemeinsam sind, daneben aber sind alle Einzelexemplare der Art durch Verschiedenheiten von Eigenschaften scharf unterschieden. Analog umschließt der Begriff „Schwefel" eine große Anzahl unveräußerlicher Eigenschaften, während doch jedes Stückchen des Stoffes von jedem anderen Vorkommen durch unwesentliche Eigenschaften unterscheidbar ist. Es gehört deshalb zu den ersten und wichtigsten Aufgaben des Chemikers, die verschiedenen Stoffe durch Angabe einer genügenden Anzahl ihrer unveräußerlichen, wesentlichen Eigenschaften zu definieren.

Wenn nun auch die verschiedenen Eigenschaften von vornherein bezüglich ihrer Verwendung bei der Beschreibung eines Stoffes gleichberechtigt zu sein scheinen, so ergibt sich doch, daß manche von ihnen ganz besondere Berücksichtigung verdienen, weil sie vielleicht besonders leicht zu messen sind oder von Stoff zu Stoff besonders stark variieren. Auch wird man in die Augen fallende Eigenschaften bei der Beschreibung lieber verwenden als versteckte.

Nachdem die Möglichkeit erlangt ist, Stoffe zu beschreiben und zu identifizieren, erweisen sich die meisten in der Natur vorkommenden Gegenstände nicht als stofflich homogen. Die Körper der Pflanzen und Tiere sind aus sehr verschiedenen flüssigen und festen Teilen zusammengesetzt, auch die meisten am Aufbau unserer Erde in erster Linie beteiligten Gesteine zeigen sich schon bei oberflächlicher Betrachtung zusammengesetzt aus Teilchen, deren stoffliche Verschiedenheit schon ihr Aussehen verrät. Die Eigenschaften dieser Gegenstände erweisen sich nicht von Zeit, Ort, Masse und Umgrenzung unabhängig, sie sind also nicht schlechthin Stoffe im chemischen Sinne, sondern Gemenge solcher Stoffe. Die Chemie beschäftigt sich aber mit den homogenen, gleichteiligen Stoffen, deren wesentliche Eigenschaften durch noch so weit fortgesetzte Teilung keine Änderung erleiden. Es mag jedoch betont werden, daß auch hier keine scharfe Grenze zu ziehen ist, indem z. B. Suspensionen, Pseudolösungen und Lösungen Übergänge zeigen, so daß die ungleichteiligen Suspensionen von den gleichteiligen Lösungen nicht scharf trennbar sind. Daß die zwar gleichteiligen, aber in allen Übergängen aus wechselnden Mengen verschiedener Stoffe mischbaren Lösungen von den stofflich einheitlichen Flüssigkeiten zu unterscheiden sind, mag hier nur vorläufig erwähnt werden.

4. Einteilung der Chemie. Nachdem so das Gebiet der Chemie gegen das der anderen Naturwissenschaften tunlichst abgegrenzt ist, stellt sich die Notwendigkeit heraus, das Gebiet der Chemie selbst noch weiter zu zerlegen; denn es ist zu groß, um zugleich übersehen werden zu können, Darstellung und Bearbeitung verlangen gleichmäßig eine weitere Einteilung.

Man teilt die Chemie zunächst ein in die reine und in die angewandte Chemie. Die reine Chemie behandelt die Lehre von den Stoffen ohne Rücksicht auf ihren praktischen Nutzen und ihre Verwendung, während die angewandte Chemie sich gerade mit den Stoffen und ihrer Herstellung beschäftigt, welche im täglichen Leben, in der Industrie, Pharmazie, Medizin, Landwirtschaft u. s. w. eine Rolle spielen, und deshalb technisch in größerem Maßstabe hergestellt werden.

Die reine Chemie läßt sich wieder in zwei Untergebiete teilen, in die spezielle Chemie und in die allgemeine (theoretische) Chemie. Die spezielle Chemie beschäftigt sich mit den einzelnen Stoffen als solchen, und zwar lehrt sie als Experimentalchemie ihre Eigenschaften und ihre Darstellung kennen, wobei noch die Experimentalchemie des Kohlenstoffes als organische Chemie wegen ihres großen Umfanges aus Zweckmäßigkeitsgründen von der sonstigen Experimentalchemie, der unorganischen Chemie, abgesondert wird. Ein zweites Gebiet der speziellen Chemie, die analytische Chemie, lehrt die Mittel und Wege kennen, um die einzelnen Stoffe voneinander zu trennen und zu erkennen. Die physiologische Chemie bildet ein drittes Gebiet, sie erforscht besonders Verhalten und Vorkommen der Stoffe in der belebten Natur.

Die allgemeine Chemie endlich sucht die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten zu ermitteln, denen die einzelnen Tatsachen und Erscheinungen aus dem Gebiete der Chemie unterworfen sind, sie behandelt das Gemeinsame im Verhalten der Stoffe. Da solche Bestrebungen zunächst wesentlich von Physikern ausgingen und physikalische Methoden und Betrachtungsweisen hier eine große Rolle spielten und noch spielen, so nannte man die allgemeine Chemie auch physikalische Chemie. Sie wird ferner als theoretische Chemie bezeichnet, indem ein Teil ihrer Aufgaben darin erblickt wird, eine Theorie der chemischen Vorgänge zu geben. In diesem Sinne sind die drei Bezeichnungen „allgemeine", „physikalische" und „theoretische" Chemie gleichbedeutend, die erstgenannte aber als die umfassendste und treffendste am meisten zu empfehlen.

5. Plan der Darstellung der allgemeinen Chemie. Die allgemeine, physikalische oder theoretische Chemie bildet nun den Gegenstand der nachfolgenden Darstellung. Es mag deshalb hier zunächst ein kurzer Plan dieser Darstellung entworfen werden.

Wir haben die allgemeinen Eigenschaften der Stoffe zu schildern. Wir gelangen darin zu einer natürlichen und lange gebräuchlichen Zweiteilung, wenn wir zunächst die Eigenschaften der fertigen, der gewordenen Stoffe für sich allein betrachten, dann die Eigenschaften der Stoffe in ihrer Beziehung zu anderen Stoffen, das Werden und Vergehen der Stoffe ins Auge fassen. Den ersten Teil könnte man auch schlechthin bezeichnen als „Lehre von den Stoffen", den zweiten als „Lehre von den Vorgängen".

Die Eigenschaften der Stoffe in ihrer Beziehung zu anderen Stoffen wären die eigentlich chemischen Eigenschaften, die Eigenschaften der Stoffe für sich allein könnten als die mehr physikalischen Eigenschaften aufgefaßt werden. Letztere sind hier hauptsächlich insoweit zu berücksichtigen, als sie Beziehungen zur Chemie, zu stofflichen Besonderheiten verraten, sonst gehören sie in das Gebiet der Physik.

Die physikalischen Eigenschaften werden wieder in zwei Gruppen dargestellt, je nachdem sie an den unvermischten Stoffen erscheinen, oder aber an den mit anderen Stoffen gemischten, an den Lösungen oder physikalischen Gemischen.

Die chemischen Eigenschaften der Stoffe, das heißt also die Eigenschaften, welche sich geltend machen, wenn Stoffe in andere Stoffe übergehen, können nach sehr verschiedenen Gesichtspunkten eingeteilt werden. Hier ist die folgende Einteilung gewählt worden.

Zunächst werden die Umwandlungen behandelt, welche ohne Änderung der Molekelgattungen erfolgen, das sind die Beziehungen zwischen gasförmigen, flüssigen und kristallisierten Stoffen und Stoffgemischen. Diese Beziehungen sind vielfach noch mehr physikalischer Natur.

Weiterhin werden die Umwandlungen besprochen, welche mit Änderungen von Molekelgattungen verbunden sind. Das sind die chemischen Vorgänge in engerem Sinne.

Hieran anschließend sollen die chemischen Vorgänge in ihrer besonderen Beziehung zur Wärme, zur Elektrizität und zum Licht abgehandelt werden. Die Theorie der chemischen Verbindungen soll im letzten Buche abgehandelt werden.

6. Einige Grundgesetze der Chemie. Masse und Gewicht. Im Interesse der Darstellung und zur Gewinnung geeigneter Grundlagen erscheint es geboten, zunächst außerhalb des hier sonst innegehaltenen Systems einige allgemeine Eigenschaften der Stoffe zu besprechen, die als chemische Grundgesetze gelten dürfen.

Zu diesen Grundgesetzen gehört in erster Linie der schon oben festgestellte Erfahrungssatz, daß die Eigenschaften an den Stoffen konstant und nicht beliebig kombinierbar angetroffen werden. Die Konstanz der Eigenschaften ist wohl, soweit beweisbar, eine absolute, wo Ausnahmen unzweifelhaft vorhanden sind — z. B. kleine Abweichungen in den Kristallwinkeln —, sind sie wohl sekundärer Natur, Folgen nicht immer wahrnehmbarer Einflüsse.

Ein sehr einfaches Gesetz ist bezüglich des Gewichtes der Stoffe aufgefunden worden: das Gewicht der Stoffe wird durch chemische Vorgänge nicht beeinflußt. Wenn sich ein oder mehrere Stoffe in einen oder mehrere neue Stoffe umwandeln, so ist das Gesamtgewicht der beteiligten Stoffe vor der Umwandlung und nach der Umwandlung gleich. Dieser wichtige Fundamentalsatz der Chemie ist im Jahre 1785 von Lavoisier nach Einführung der Wage in die Chemie aufgefunden worden. Er findet täglich hundertfache Anwendung in den Laboratorien und ist uns so geläufig geworden, daß er zu den Selbstverständlichkeiten der Chemie gehört. Er schien dieses Zutrauen auch zu verdienen, denn trotz immer wiederholter Prüfung durch die verschiedensten Forscher mit immer mehr verfeinerten Hülfsmitteln hatte der Satz bis vor wenigen Jahren immer insofern eine absolute Bestätigung gefunden, als niemals

Abweichungen aufgefunden wurden, welche die immer enger werdenden Fehlergrenzen überschritten hätten.

Es ist hier daran zu erinnern, daß der Satz auf Messung von Gewichten gegründet ist, daß aber diese Messung gerade so wenig eine absolut richtige sein kann wie irgendeine andere Messung, die der unvollkommene Mensch mit unvollkommenen Hülfsmitteln an einer zu messenden Größe ausführt. Deshalb kann der Satz von der Erhaltung des Gewichtes bei chemischen Vorgängen gerade so wenig als absolut gültig bewiesen werden als irgendein anderer auf Messungen gegründeter Satz, also z. B. auch der Satz von der Konstanz der Eigenschaften. Wir können streng genommen nicht behaupten, daß der Sauerstoff, der uns als ein Bestandteil der Atmosphäre umgibt, und der Sauerstoff, den wir durch Erhitzen von Quecksilberoxyd gewinnen können, genau dieselben Eigenschaften haben, wir können nur angeben, daß unsere Meßmittel Unterschiede nicht nachweisen lassen — und wir haben uns daran gewöhnt, in solchen Fällen die Nichtnachweisbarkeit von Unterschieden als nachgewiesene Gleichheit zu betrachten, obwohl es letztere tatsächlich nicht gibt.

Der Satz von der Erhaltung des Gewichtes bei chemischen Umsetzungen ist nun in neuester Zeit erschüttert worden durch Arbeiten,
E die H. LANDOLT[1] vor längeren Jahren begonnen, aber noch nicht abgeschlossen hat. Diese Arbeiten stehen in bezug auf Aufwendung von Apparatur, Hülfsmitteln aller Art, Sorgfalt und Geduld in der Durchführung einzig da. Sie haben ergeben, daß tatsächlich einzelne Reaktionen mit nachweisbaren Gewichtsänderungen verknüpft sind, daß diese Änderungen aber stets weniger als ein Millionstel des gemessenen Betrages ausmachen, sich also nicht nur der Messung, sondern auch des Nachweises mit gewöhnlichen Hülfsmitteln vollständig entziehen. LANDOLT hat diese seine Resultate nicht nur durch weitere, noch nicht abgeschlossene und noch nicht publizierte Versuche bestätigt gefunden, auch A. HEYDWEILLER[2] machte mit ganz anderen Hülfsmitteln dieselben Beobachtungen, so daß der Satz von der Erhaltung des Gewichtes bei chemischen Umsetzungen einstweilen in der Tat nur als ein der Wahrheit allerdings außerordentlich nahe kommendes Gesetz angesehen werden darf.

Das soeben besprochene Gesetz pflegte man früher das Gesetz von der Erhaltung der Materie (oder des Stoffes) zu nennen. Dieser Ausdruck ist insofern unglücklich, als die Materie (resp. Stoff im hier gebrauchten Sinne) nichts an sich Moßbares ist. Andrerseits ist das Gewicht von äußeren Einflüssen abhängig. Das Gewicht läßt sich aber mit einer physikalisch wohl definierten, meßbaren und von anderen Faktoren unabhängigen Größe in Zusammenhang bringen, mit der Masse. Zwischen Masse und Gewicht eines Körpers besteht der Zusammenhang, daß beide Größen einander proportional sind, und zwar ist die Proportionalität zwischen Masse und Gewicht durch BESSEL im Jahre 1826 noch genauer nachgewiesen worden als die Konstanz des Gewichtes bei chemischen Umsetzungen durch LANDOLT im Jahre 1893.[3] Man kann also in den fraglichen Satz statt des abhängigen Gewichtes die unabhängige

---

[1] Ber. Dtsch. chem. Ges. *26*, 1820 (1893); Z. f. ph. Ch. *12*, 1 (1893); *55*, 589 (1906).
[2] Ann. d. Phys. (4) *5*, 394—420. (1901.)
[3] Siehe Zeitschr. f. physik. Chem. *12*, 1—34 (1893).

Masse einführen und kommt so zu der Form: „Bei chemischen Umsetzungen bleibt die Summe der Massen der reagierenden Stoffe konstant", resp. „Bei chemischen Umsetzungen ändert sich die Summe der Massen der reagierenden Stoffe nicht oder weniger als um ein Millionstel ihres Betrages".

Die **Masse** eines Körpers ist sein Beschleunigungswiderstand, d. h. der Widerstand, den der Körper der Beschleunigung durch eine Kraft entgegensetzt. Die Einheit der Masse ist willkürlich, gerade so wie die Einheiten für Zeit und Länge. Im Jahre 1799 wurde festgesetzt, daß die Masse von 1 ccm Wasser von 4° die Einheit der Masse sein solle. Eine solche Masse läßt sich nun aber bei weitem nicht mit derselben Genauigkeit herstellen, wie sich der Vergleich von Massen bewerkstelligen läßt. Es ist aber widersinnig, eine Messung mit einem Maße auszuführen, das weniger genau definiert ist, als es der Genauigkeit der Messung entspricht. Deshalb setzte man später fest, daß die Einheit der Masse sein solle der tausendste Teil der Masse des von BORDA hergestellten Kilogrammes des Archives, das in Paris aufbewahrt wird, und von welchem eine Anzahl von Kopien (aus Platin mit 10 % Iridium) an die Vertragsstaaten der Meterkonvention verteilt worden sind. Das BORDA'sche Kilogramm aber hat sehr nahe die Masse eines Kubikdezimeters Wasser von 4° (von etwa 1000,03 ccm).

7. Das Wägen. Die Bestimmung des Gewichtes und damit der Masse von Stoffen ist die häufigste und wichtigste Messung, die der Chemiker auszuführen hat, da sie ihn zur Kenntnis der quantitativen Zusammensetzung seiner Versuchsobjekte führt. Da die Massen der Körper am gegebenen Orte den auf sie ausgeübten Anziehungskräften durch die Erde, den Gewichten im leeren Raume, proportional sind, so genügt es für alle Zwecke, die gegebenen Körper mit Hülfe eines Gewichtssatzes zur Wägung zu bringen, dessen Einheit die oben definierte Einheit der Masse ist. Diese Gramm genannte Gewichtseinheit wird mit g bezeichnet, das Tausendfache davon, das Kilogramm, mit kg, der tausendste Teil des Grammes, das Milligramm, mit mg. Besondere Namen und Bezeichnungen für andere Multipla und Bruchteile des Grammes, die zuweilen noch in der Chemie Anwendung finden, sind Dezigramm und Zentigramm, dg und cg, für ein Zehntel und ein Hundertstel Gramm:

$$1\ \text{kg} = 1000\ \text{g};\ 1\ \text{g} = 10\ \text{dg} = 100\ \text{cg} = 1000\ \text{mg};$$
$$1\ \text{dg} = 0{,}1\ \text{g};\ 1\ \text{cg} = 0{,}01\ \text{g};\ 1\ \text{mg} = 0{,}001\ \text{g}.$$

Eine Wägung besteht nun in der Ermittlung der Gewichtseinheiten, welche durch die Erde ebenso stark angezogen werden wie der zu wägende Körper. Die erforderlichen Gewichtseinheiten finden sich in den käuflichen Gewichtssätzen in zweckmäßiger Anordnung — Multipla und Bruchteile des Grammes — zusammengestellt. Die Wägungen werden mit Hülfe von Wagen verschiedenster Konstruktion und Feinheit durchgeführt. Die Wage des Chemikers, die Analysenwage, ist sein vollkommenstes Meßinstrument, denn sie gestattet die Messung ohne große Schwierigkeit bis zu einem Millionstel ihres Betrages durchzuführen, indem z. B. eine Analysenwage bei 100 g Belastung eine Gewichtsänderung von 0,1 mg noch deutlich anzeigt. Hiermit ist jedoch noch

nicht gesagt, daß durch eine solche Wägung das Gewicht von beiläufig 100 g bis auf 0,1 mg richtig ohne weiteres zu ermitteln ist, denn das würde voraussetzen, daß die Summe aller verwendeten Gewichtsstücke vom Sollbetrage weniger als 0,1 mg abweicht, eine Forderung, der die käuflichen Gewichtssätze nicht zu entsprechen pflegen. Zwar sind die besseren Marken dieser Gewichtssätze im allgemeinen so zuverlässig, daß sie für gewöhnliche chemische Arbeiten ohne weiteres verwendet werden können, jedoch soll man sich bei jedem Gewichtssatz, den man zum erstenmal in Benutzung nimmt, überzeugen, daß gröbere Fehler — z. B. entstanden durch Vertauschen einzelner Gewichtsstücke mit solchen anderer Herkunft — in ihm nicht vorkommen. Für Arbeiten jedoch, die an die Wägungen besondere Anforderungen stellen, ist es unumgänglich notwendig, für den Gewichtssatz eine Korrektionstabelle auszuarbeiten. Eine ausführliche, sehr zweckmäßige Anleitung hierzu hat F. KOHLRAUSCH[4] gegeben. Da es in der Chemie fast stets nur auf die Ermittlung der *relativen* Gewichte ankommt, so genügt es im allgemeinen, die Gewichtsstücke unter sich auszugleichen. Sollen aber absolute Gewichte ermittelt werden, so muß der Vergleich mit einem Normalgewicht vorgenommen werden.

Ebenso wie der Gewichtssatz ist auch die Wage auf ihre Brauchbarkeit zu prüfen. Die Empfindlichkeit ist keineswegs stets das Wichtigste für die Beurteilung der Wage, da die Empfindlichkeit guter Wagen in der Regel sogar größer ist, als es dem Bedürfnis im Hinblick auf andere Fehlerquellen entspricht. Die stets vorhandene, oft allerdings sehr kleine Ungleicharmigkeit der Wage kann meist vernachlässigt werden, da es einerseits, wie schon erwähnt, in der Regel nur auf relative Gewichtsbestimmung ankommt, andererseits absolutes Gewicht durch Substitution oder Wägung auf beiden Seiten und Bildung des Mittels bestimmt werden kann. Über Konstruktion, Prüfung und Benutzung der Wagen kann Näheres in F. KOHLRAUSCH, Praktische Physik[5], und in OSTWALD-LUTHER, Messungen[6], nachgelesen werden.

Oben ist angegeben, daß der Masse eines Körpers am gegebenen Orte die auf ihn ausgeübte Anziehung durch die Erde oder das Gewicht im leeren Raume proportional ist. Da nun aus Zweckmäßigkeitsgründen Wägungen stets in Luft von gerade herrschendem Atmosphärendruck ausgeführt werden[7], so ist zu berücksichtigen, daß die ermittelten Gewichte entstellt sind durch den Auftrieb, welchen gewogener Körper und Gewichtsstücke durch die Luft erlitten haben. Der durch Vernachlässigung dieses Auftriebes verursachte Fehler ist augenscheinlich um so größer, je größer das spezifische Volum des gewogenen Körpers ist, je größer das Volum ist, das der Körper im Vergleich zu seinem Gewicht einnimmt. Um Wägungen auf den leeren Raum zu reduzieren, um also das Gewicht zu ermitteln, das der Masse streng proportional ist, ist der Auftrieb der Gewichte und der des gewogenen Körpers in Rechnung zu setzen. Da die größeren Gewichte aus Messing zu bestehen pflegen — die Bruchgramme aus anderem Material üben nur einen Einfluß aus, der vernachlässigt werden kann —, so erleiden sie pro Gramm einen

---

[4] Lehrbuch der praktischen Physik, 10. Aufl., S. 62—65; auch abgedruckt in OSTWALD-LUTHER, Physiko-chemische Messungen, 2. Aufl., S. 55.

[5] 10. Aufl., S. 51—61. (1905.)

[6] 2. Aufl., S. 46—55. (1902.)

[7] Vgl. H. LANDOLT, Zeitschr. f. physik. Chemie *12*, 8. (1893.)

Auftrieb von 0,0012 : 8,4 = 0,00014 g, worin 0,0012 g das Gewicht von 1 ccm Luft von Zimmertemperatur und durchschnittlichem Feuchtigkeitsgehalt und 8,4 das Volumgewicht des Messings ist. Man könnte diese Korrektur hinsichtlich des Auftriebes der Gewichtsstücke vermeiden, wenn man letztere absichtlich um ihren Auftrieb in Luft zu schwer machte, jedoch ist das nicht üblich. Da also jedes Grammstück wegen des Auftriebes in der Luft nur 1—0,00014 = 0,99986 g wiegt, so sind bei der Wägung von diesen zu leichten Gewichtsstücken zu viele verwendet worden. Ist das abgelesene Gewicht G, so wäre das für den Auftrieb der Gewichte korrigierte Gewicht G^1 gegeben durch die Beziehung

$$G^1 = G\ (1 - 0{,}00014).$$

Der Auftrieb, den jedes Gramm des gewogenen Körpers erleidet, ist 0,0012 : s, worin 0,0012, wie oben, das Gewicht des ccm Luft und s das spezifische Gewicht des fraglichen Stoffes bedeutet. Die ganze Stoffmenge von G Gramm erleidet demnach einen Auftrieb von G 0,0012 : s Gramm, um das das wahre Gewicht G^0 gegen das abgelesene zu klein erscheint. Es ist demnach

$$\begin{aligned} G^0 &= G^1 + G\ 0{,}0012 : s \\ &= G\ (1 + 0{,}0012 : s - 0{,}00014). \end{aligned}$$

Um diese Reduktion des Gewichtes auf den luftleeren Raum bequem ausführen zu können, sind für verschiedene Werte von s (das man leicht ermitteln, ja oft mit genügender Annäherung schätzen kann) Korrektionstabellen berechnet worden. Hier sei die von F. KOHLRAUSCH mitgeteilte[8] wiedergegeben:

Reduktion der Wägung auf luftleeren Raum

s	mg	s	mg	s	mg
0,7	+ 1,57	2,0	+ 0,457	9	— 0,010
0,8	1,36	2,5	0,337	10	0,023
0,9	1,19	3,0	0,257	11	0,034
1,0	1,06	3,5	0,200	12	0,043
1,1	0,95	4,0	0,157	13	0,051
1,2	0,86	4,5	0,124	14	0,057
1,3	0,78	5,0	0,097	15	0,063
1,4	0,71	5,5	0,075	16	0,068
1,5	0,66	6,0	0,057	17	0,072
1,6	0,61	6,5	0,042	18	0,076
1,7	0,56	7,0	0,029	19	0,080
1,8	0,52	7,5	0,017	20	0,083
1,9	0,49	8,0	0,007	21	0,086

Unter mg sind die Milligramme angegeben, welche (unter Berücksichtigung des Vorzeichens!) dem in der Luft mit Messinggewichten ermittelten Gewicht G des Körpers vom Volumgewicht s für jedes Gramm hinzuzuzählen sind, um das reduzierte Gewicht G^0 zu erhalten. Z. B. wiegen 17,0000 g Äthylacetat (s = 0,90), in Luft abgewogen, tatsächlich 17,0000 g + 17 · 1,19 mg = 17,0202 g; 17,0000 g Gold aber (s = 19,2) 17,0000 g — 17 · 0,081 mg = 16,9986 g. Die Korrekturen erreichen also im allgemeinen noch nicht 0,1 % und heben sich zudem noch teilweise heraus, so daß sie demnach bei der sehr überwiegenden Mehrzahl aller in

[8] Praktische Physik, 10. Aufl., S. 613.

der Chemie vorkommenden Wägungen unberücksichtigt bleiben müssen, da sie in den anderen weit größeren Fehlerquellen verschwinden.

Es mag noch erwähnt werden, daß in neuerer Zeit Wagen konstruiert worden sind, die Gewichtsänderungen im Betrage von 1 : 100000000 noch sicher angeben[9], jedoch sind die zu wägenden Gegenstände wohl nie bezüglich ihres Gewichtes so weitgehend definiert, indem allein schon die Einflüsse der Umgebung — Adsorption von Gasen und Dämpfen, ungleichmäßige Verteilung von Wärme und Elektrizität etc. — das Gewicht weit über diese Empfindlichkeitsgrenze hinaus beeinflussen. Der Chemiker darf sich deshalb durch die meist über das Bedürfnis hinausgehende Empfindlichkeit seiner Wage nicht verleiten lassen, die Zuverlässigkeit seiner Wägungen und was er aus diesen herleitet — namentlich also Analysenresultate —, zu überschätzen.

E Als eine sehr beachtenswerte Bereicherung der dem Chemiker zur Verfügung stehenden Wagenformen ist die NERNST'sche Mikrowage[10] zu erwähnen, die gestattet, mit Gewichtsänderungen verbundene chemische Vorgänge noch an äußerst kleinen Substanzmengen exakt zu studieren. Mit der Wage läßt sich z. B. der durch Glühen entstehende Gewichtsverlust von 2 mg Calciumkarbonat bis auf 0,1 % zuverlässig ermitteln.[11]

8. Verbindungsgewicht. Es gibt nun noch andere, grundlegende Gesetze in der Chemie, welche mit dem Gesetze von der Erhaltung der Gewichte resp. Massen in engem Zusammenhange stehen.

Man kann z. B. Silber auf sehr verschiedene Weise in Chlorsilber verwandeln, stets aber wird man finden, daß 1,0000 g Silber sich mit 0,3285 g Chlor zu 1,3285 g Chlorsilber verbinden. Hieraus lassen sich die folgenden Sätze ableiten: „Vereinigen sich zwei Stoffe (Silber und Chlor) miteinander zu einem dritten (Chlorsilber), so geschieht die Vereinigung in einem ganz bestimmten Verhältnis der Gewichte resp. Massen". Und: „Die Massen der sich vereinigenden Stoffe stehen zu der Masse des entstandenen Stoffes in konstantem Verhältnis". Beide Sätze lassen sich verallgemeinern und erweitern zu dem Satz: „Wenn Stoffe aufeinander unter Bildung neuer Stoffe reagieren, so stehen die Massen der sich miteinander umsetzenden und der neu entstandenen Stoffe zueinander in konstantem Verhältnis".

Hieraus folgt, daß sich gegebene Mengen von Stoffen nur dann vollständig zu bestimmten neuen Stoffen umsetzen können, wenn die gegebenen Mengen zueinander in dem ganz bestimmten Verhältnis stehen. Ist das nicht der Fall, so bleibt das, was über das bestimmte Verhältnis hinaus vorhanden ist, unverbraucht zurück. So gibt 1,0000 g Silber und 1,0000 g Chlor nur 1,3285 g Chlorsilber, während 1,0000 — 0,3285 = 0,6715 g Chlor unverbraucht übrig bleibt.

Dieser empirisch gefundene Satz hätte übrigens auch aus dem Satz von der Konstanz der Eigenschaften abgeleitet werden können. Denn die Fähigkeit des Silbers, sich mit Chlor zu einer neuen Verbindung zu vereinigen, gehört zu seinen Eigenschaften gerade so gut wie sein Volum-

---

[9] Siehe H. LANDOLT, Zeitschr. f. physik. Chem. *12*, 1 ff.
[10] Nachr. d. Ges. d. Wiss. Göttingen 1902; Berl. Ber. *36*, 2086.
[11] Vergl. O. BRILL, Zeitschr. f. anorgan. Ch. 45, 275—292. (1905.)

gewicht oder seine Farbe. So wie nun das Gesetz von der Konstanz der Eigenschaften ein konstantes Volumgewicht verlangt, so verlangt auch dasselbe Gesetz Vereinigung mit einer konstanten Menge Chlor, um einen neuen Stoff von konstanten Eigenschaften zu ergeben. Aus dem Gesetz von der Konstanz der Eigenschaften können analog noch sehr zahlreiche Schlüsse gezogen werden, von denen viele allerdings schon im voraus auf rein empirischem Wege aufgefunden und bestätigt worden waren. Derartige Verhältnisse sind in den verschiedensten Gebieten der Wissenschaft sehr häufig anzutreffen, und Gesetze dürfen nur so lange als richtig erkannt angesehen werden, als die aus ihnen gezogenen Schlüsse, die Deduktionen aus ihnen, sich in Übereinstimmung zeigen mit schon bekannten Tatsachen oder mit Resultaten von Versuchen, die eigens angestellt wurden, um die Deduktionen aus den aufgestellten Gesetzen auf ihre Zulässigkeit zu prüfen. Das Anstellen derartiger Versuche, die experimentelle Prüfung solcher Forderungen, gehört zu den wichtigsten Aufgaben des Chemikers.

Wenn das Silber sich mit dem Chlor zu Chlorsilber vereinigt, so nimmt das Metall das Gas nicht mit einem Male, in unendlich kurzer Zeit, auf. Es drängt sich deshalb die Frage auf, was für Stoffe liegen vor zwischen dem Beginn und der Beendigung der Vereinigung. Es wäre an sich denkbar, daß das Silber während des ganzen Vorganges gleichteilig bliebe, indem es sich mehr und mehr bis zur Sättigung mit Chlor belüde, ebenso wie Wasser gleichteilig bleibt, wenn es allmählich Zucker bis zur Sättigung auflöst. Diese Annahme widerspricht aber den oben mitgeteilten Sätzen, denn sie führte zu Stoffen mit allmählich sich verschiebender, inkonstanter Zusammensetzung und dementsprechend inkonstanten Eigenschaften. Mit dem Satze von der Konstanz der Eigenschaften verträgt sich nur die Annahme, daß nicht das ganze Silber sofort mit dem allmählich zutretenden Chlor in Reaktion tritt, sondern nur die dem verbrauchten Chlor entsprechende Menge. Dementsprechend läßt sich auch, wenn der Versuch vor dem vollständigen Verbrauch des Chlors abgebrochen wird, resp. wenn von vornherein weniger als 0,3285 g Chlor für je 1,0000 g Silber vorhanden war, das Produkt der Einwirkung scharf trennen in Chlorsilber, dessen Menge der aufgewandten Menge Chlor genau entspricht und in ganz unverändert gebliebenes Silber. Also auch hier findet ein Schluß aus dem Satz von der Konstanz der Eigenschaften seine Bestätigung durch den Versuch.

Wir haben weiter oben betont, daß man von den gleichteiligen, chemisch homogenen Stoffen die mechanischen Gemenge wohl zu trennen hat, die man auf mechanischem Wege mehr oder weniger leicht in chemisch homogene Stoffe zerlegen kann. Durch Aufstellung dieses Unterschiedes soll nun aber noch nicht gesagt sein, daß die chemisch homogenen Stoffe gar nicht zerlegt werden könnten. Chlorsilber ist z. B. ein gleichteiliger, chemisch homogener Stoff, von dem wir durch Erfahrung wissen, daß er durch Vereinigung von Chlor und Silber entstanden ist. Deshalb liegt die Vermutung nahe, daß dieser chemisch homogene Stoff gerade so, wie er zusammengesetzt werden konnte, auch wieder zerlegt werden könnte, vielleicht in Chlor und Silber, vielleicht aber auch in andere Stoffe. Der Versuch lehrt, daß das Chlorsilber sich in der Tat wieder zerlegen läßt, z. B. durch Elektrolyse, und zwar in Chlor und Silber. Beide Körper werden mit genau denselben Eigenschaften (auch in denselben Mengenverhältnissen) wiedergewonnen, mit

denen sie in das Chlorsilber eingegangen waren. Und doch waren die Eigenschaften beider in dem neuen Stoff „Chlorsilber" vollständig verschwunden; letzterer Name bezieht sich also auf die Entstehung der Verbindung, nicht auf ihre Eigenschaften.

Der oben ausgesprochene Satz: „Vereinigen sich zwei Stoffe miteinander zu einem dritten, so geschieht die Vereinigung in einem bestimmten Verhältnis der Gewichte", erleidet scheinbare Ausnahmen, die jedoch bei näherer Betrachtung nur Erweiterungen und Bestätigungen dieses Satzes sind. So vereinigt sich z. B. Quecksilber mit Chlor zu zwei ganz verschiedenen Verbindungen, deren eine 84,93 % Quecksilber und 15,07 % Chlor, die andere aber 73,83 % Quecksilber und 26,17 % Chlor enthält. Anders ausgedrückt enthält die erste Verbindung auf 100 Teile Quecksilber 17,73 Teile Chlor, die zweite aber auf 100 Teile Quecksilber 35,45 oder 2·17,73 Teile Chlor. Die beiden Quecksilber-Chlor-Verbindungen stehen also zueinander in der einfachen Beziehung, daß die Chlormengen, welche in ihnen mit der gleichen Quecksilbermenge verbunden sind, zueinander in dem einfachen Verhältnis von 1:2 stehen. Scheinbar noch komplizierter und doch sehr einfach sind die Verbindungsverhältnisse zwischen Stickstoff und Sauerstoff. Es sind fünf solcher Verbindungen bekannt, die nach steigendem Sauerstoffgehalt geordnet enthalten:

No.	Sauerstoff %	Stickstoff %	Gewichtsteile Sauerstoff auf 100 G.-T. Stickstoff
1	36,30	63,70	57,0 = 1·57,0
2	53,26	46,74	114,0 = 2·57,0
3	63,09	36,91	170,9 = 3·57,0
4	69,51	30,49	227,9 = 4·57,0
5	74,02	25,98	284,9 = 5·57,0

Also auch hier ist das scheinbar so komplizierte Mischungsverhältnis von Sauerstoff und Stickstoff insofern ein sehr einfaches, als sich die Sauerstoffmengen, welche mit der gleichen Stickstoffmenge in den verschiedenen Verbindungen zusammentreten, zueinander verhalten wie 1:2:3:4:5.

Diese Beispiele, die sich beliebig vermehren ließen, führen zu dem Satze:

Verbinden sich zwei Stoffe miteinander in verschiedenen Mengenverhältnissen, so stehen die Mengen des einen Stoffes, die sich mit konstanten Mengen des anderen Stoffes verbinden, zueinander in rationalen Verhältnissen.

Dieser Satz, der für die Chemie von grundlegendster Bedeutung ist und der bis jetzt den immer mehr verfeinerten Prüfungsmethoden standgehalten hat, so daß er als streng richtig gelten darf, ist nun noch weiterer Verallgemeinerung fähig. Es können sich nämlich auch mehr als zwei Stoffe miteinander in verschiedenen Mengenverhältnissen zu neuen Stoffen verbinden, wie das z. B. bei zahllosen Stoffen aus dem Gebiete der organischen Chemie der Fall ist, die nur aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff bestehen. Sechs solcher Stoffe, nach fallendem Sauerstoffgehalt geordnet, enthalten z. B. auf Grund der Analysen:

No.	Sauerstoff %	Kohlenstoff %	Wasserstoff %
1	55,15	41,36	3,47
2	53,30	39,97	6,71
3	51,58	38,69	9,74
4	36,34	54,51	9,15
5	34,75	52,12	13,13
6	17,01	76,55	6,43

oder, wenn man die Gewichtsteile Kohlenstoff und Wasserstoff auf je 100 Teile Sauerstoff bezieht

auf je 100 Gew.-Teile Sauerstoff

No.	Gew.-Teile Kohlenstoff	Gew.-Teile Wasserstoff
1	75,00 = 1·75,00	6,30 = 1·6,30
2	75,00 = 1·75,00	12,60 = 2·6,30
3	75,00 = 1·75,00	18,89 = 3·6,30
4	150,00 = 2·75,00	25,19 = 4·6,30
5	150,00 = 2·75,00	37,79 = 6·6,30
6	450,00 = 6·75,00	37,79 = 6·6,30

Diese einfachen Zahlenbeziehungen lassen sich in folgenden Satz zusammenfassen:

Verbinden sich mit einem Stoffe mehrere andere Stoffe in verschiedenen Verhältnissen, so stehen die Massen der anderen Stoffe in diesen verschiedenen Verbindungen zueinander in bestimmten Verhältnissen oder in rationalen Vielfachen dieser Verhältnisse.

Alle die unzähligen Sauerstoff-Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen sind demnach zusammengesetzt nach der Formel:

100 Sauerstoff + a·75,00 Kohlenstoff + b·6,30 Wasserstoff,

worin a und b rationale Zahlen sind.

Dieser Satz, der in ungezählten Fällen bestätigt gefunden wurde, gilt als so sicher, daß er täglich vielfache Anwendung bei der Berechnung von Analysenresultaten findet. Der oben an fünfter Stelle genannte Stoff ist der gewöhnliche Alkohol. Analysiert man diesen, so findet man im allgemeinen Zahlen für den Prozentgehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, welche von den oben mitgeteilten mehr oder weniger stark abweichen — eine Folge der bei gewöhnlichen Analysen nicht unbeträchtlichen Fehlerquellen. Man findet z. B. für Kohlenstoff 52,21 %, für Wasserstoff 13,35 % und (aus der Differenz der Summe beider gegen 100,00) für Sauerstoff 34,44 %. Die Berechnung ergibt, daß in dem Alkohol 100 Teile Sauerstoff verbunden wären mit 151,6 = 2,021·75,00 Teilen Kohlenstoff und 38,76 = 6,153·6,30 Teilen Wasserstoff. Der obige Satz läßt uns aber schließen, daß für 2,021 zu setzen ist 2 und 6 für 6,153. Berechnen wir auf Grund dieses Schlusses rückwärts die Zusammensetzung des Alkohols, so ergibt sich Kohlenstoff 52,12 % (gefunden 52,21 %) und Wasserstoff 13,13 % (gefunden 13,35 %). Da die berechnete Zusammensetzung von der experimentell gefundenen nicht stärker abweicht, als die Fehlerquellen der Analyse erfahrungsgemäß erwarten lassen, so ist unser Schluß, daß der Alkohol wirklich die auf Grund obigen Satzes angenommene Zusammensetzung habe, zulässig. Der Satz ist demnach ein einfaches Mittel, die unvermeidlichen

kleinen Fehler der Analyse durch Rechnung zu korrigieren, die Analysenresultate zu prüfen und zu verbessern.

Die bisher ausgesprochenen Sätze bezüglich der Gewichtsverhältnisse, nach denen die Stoffe sich miteinander verbinden, lassen sich zu einem umfassenderen Satze vereinigen, der lautet:

Die Stoffe verbinden sich miteinander nur nach ganz bestimmten, für die Stoffe charakteristischen Gewichtsverhältnissen, oder nach rationalen Vielfachen dieser.

Setzt man diese charakteristische Zahl für Sauerstoff gleich 100, so sind, wie das obige Beispiel der Sauerstoff-Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen ergibt, die charakteristischen Zahlen für Kohlenstoff 75,00 und für Wasserstoff 6,30. Wir dürfen deshalb nach obigem Satze erwarten, daß alle die zahllosen Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen der organischen Chemie, die Kohlenwasserstoffe, zusammengesetzt sind nach der Formel $a \cdot 75{,}00$ Kohlenstoff $+ b \cdot 6{,}30$ Wasserstoff, worin a und b ganze Zahlen sind. Zahllose Versuche haben diese Forderung obigen Satzes bestätigt, einige Beispiele mögen dies zeigen.

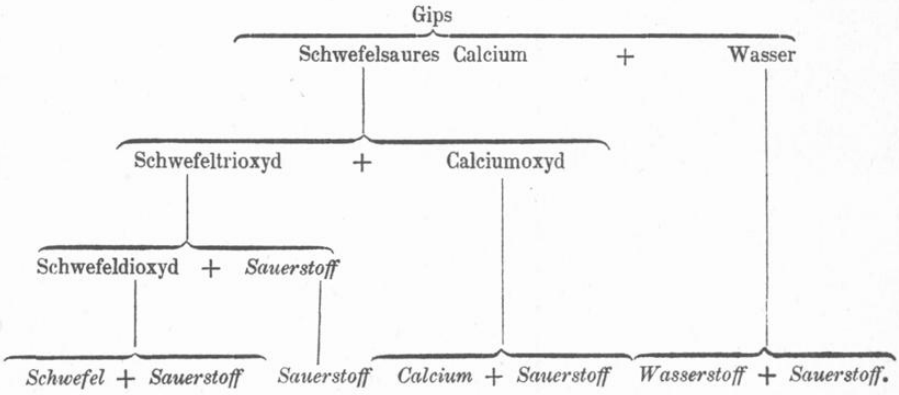
Stoff	Gew.-Teile Kohlenstoff	Gew.-Teile Wasserstoff
Acetylen	75,0 = 1·75,00	6,30 = 1·6,30
Äthylen	75,0 = 1·75,00	12,60 = 2·6,30
Äthan	75,0 = 1·75,00	18,89 = 3·6,30
Methan	75,0 = 1·75,00	25,19 = 4·6,30
Butin	150,0 = 2·75,00	18,89 = 3·6,30
Naphtalin	750,0 = 10·75,00	50,38 = 8·6,30

Diese für die einzelnen Stoffe charakteristischen Gewichtsverhältnisse, nach denen sie sich miteinander verbinden, nennen wir ihre *Verbindungsgewichte.* Da diese Verbindungsgewichte nur Verhältniszahlen sind, so müssen sie, um bestimmt und vergleichbar zu werden, alle auf dieselbe Grundlage bezogen werden. Als diese Grundlage hat man das Verbindungsgewicht des Sauerstoffs gewählt, weil sich der Sauerstoff mit fast allen anderen Stoffen direkt verbinden läßt, so daß die Verbindungsgewichte der anderen Stoffe direkt mit dem des Sauerstoffs verglichen werden können. Zunächst hatte man das Verbindungsgewicht des Sauerstoffs, wie es auch in vorstehendem Beispiel der Sauerstoff-Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen geschehen ist, willkürlich gleich 100 gesetzt, so daß die Verbindungsgewichte der anderen Stoffe gewissermaßen als Prozente von dem des Sauerstoffs erschienen. Die Verbindungsgewichte von Kohlenstoff und Wasserstoff waren dann, wie oben, 75,00 und 6,30. Verschiedene Gründe führten später dazu, daß man das Verbindungsgewicht des Sauerstoffs gleich 16 als Grundlage festsetzte. Dadurch wurde das Verbindungsgewicht des Kohlenstoffs gleich $75{,}00 \cdot {}^{16}/_{100} = 12{,}00$, das des Wasserstoffs gleich $6{,}30 : {}^{16}/_{100} = 1{,}008$.

Die Feststellung der so definierten Verbindungsgewichte der Stoffe war nun eine der wichtigsten Aufgaben der Chemiker. Sie erfuhr eine grundlegende Vereinfachung durch Beziehungen, welche jetzt dargelegt werden sollen.

9. Elemente. Wie früher schon erwähnt wurde, kann man den Chlorsilber genannten Stoff dadurch erzeugen, daß man Chlor und Silber in ganz bestimmten Mengenverhältnissen miteinander vereinigt. Es gelingt aber auch umgekehrt, aus dem Chlorsilber das Chlor und das Silber wiederzugewinnen, unverändert bezüglich der Masse und sonstigen Eigenschaften. Versuchen wir aber das Chlor und das Silber für sich nun auch noch zu zerlegen, so gelingt das auf keine Weise, gerade so wenig wie es je gelungen ist, Chlor oder Silber aus anderen Stoffen ohne Rest aufzubauen. Chlor und Silber halten wir deshalb, im Gegensatz zum Chlorsilber, für unzerlegbar und unzusammensetzbar. Solche Stoffe nennt man Elemente. Chlorsilber ist die Verbindung der beiden Elemente Chlor und Silber, letztere beiden sind die Bestandteile der Verbindung Chlorsilber. Aber nicht immer führt die Zerlegung von Verbindungen direkt zu Elementen. Chlorsaures Silber z. B. zerfällt schon bei mäßigem Erhitzen in Sauerstoff und Chlorsilber. Ersterer erweist sich als nicht weiter zerlegbar, also als Element, das Chlorsilber aber hat genau die Eigenschaften des aus Chlor und Silber aufgebauten Stoffes, es ist also auch in die Elemente Chlor und Silber zerlegbar. Hier erscheinen demnach zunächst das Element Sauerstoff und die Verbindung Chlorsilber als Bestandteile des chlorsaures Silber genannten Stoffes, dessen „letzte Bestandteile" die Elemente Sauerstoff, Chlor und Silber sind.

Noch weit komplizierter liegen die Verhältnisse z. B. bei dem bekannten, ganze Gebirge aufbauenden Stoffe Gyps. Schon bei mäßigem Erwärmen zerfällt der Gips in zwei Bestandteile: Wasser und schwefelsaures Calcium. Wasser läßt sich weiter zerlegen in die Elemente Wasserstoff und Sauerstoff. Bei dem schwefelsauren Calcium aber führt die weitere Zerlegung noch nicht zu Elementen, sondern zunächst zu den näheren Bestandteilen Calciumoxyd — dem „gebrannten Kalk" des täglichen Lebens — und Schwefeltrioxyd. Wird die Zerlegung fortgesetzt, so liefert das Calciumoxyd direkt Elemente, Calcium und Sauerstoff, das Schwefeltrioxyd aber neben dem Element Sauerstoff zunächst noch eine weitere Verbindung: Schwefeldioxyd. Dieses endlich hat als letzte Bestandteile die Elemente Schwefel und Sauerstoff. Das folgende Schema bringt diese Beziehungen in übersichtlicher Darstellung:



Die Elemente *Sauerstoff*, *Wasserstoff*, *Calcium* und *Schwefel*, welche so als „letzte Bestandteile" des Gipses auftreten, sind in dieser Über-

sicht durch kursiven Druck hervorgehoben. Von solchen Elementen hat man durch chemische Untersuchung der in der Natur aufgefundenen Stoffe bisher etwa 80 kennen gelernt; die Kenntnis einiger weiteren ist noch unsicher. Aus diesen 80 Elementen sind also alle Naturkörper, die Hunderttausende uns bekannter, wohl definierter Stoffe zusammengesetzt, ihre eingehendste Kenntnis nach jeder Richtung hin ist dementsprechend von allergrößter Bedeutung. Zu den wichtigsten Eigenschaften der Elemente gehört ihr Verbindungsgewicht, weil dieses nach dem Satze von der Erhaltung der Masse unverändert in das Verbindungsgewicht der zusammengesetzten Stoffe eingeht. Hierunter seien zunächst die mit Sicherheit bekannt gewordenen Elemente mit ihren Verbindungsgewichten in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt. Neben die Namen der Elemente sind Symbole gesetzt, mit denen man die Elemente abgekürzt zu bezeichnen pflegt. Die jetzt gebräuchlichen Symbole stammen größtenteils von BERZELIUS her, der die Anfangsbuchstaben der lateinischen Namen benutzte und, wo es die Unterscheidung erforderlich machte, noch einen zweiten charakteristischen Buchstaben des Namens hinzufügte.

Tabelle der sicher bekannten Elemente
mit Symbolen und Verbindungsgewichten (1924).

	Name	Symb.	Verb.-G.		Name	Symb.	Verb.-G.
1	Aluminium	Al	26,97	33	Kalium	K	39,10
2	Antimon[12]	Sb	121,8	34	Kobalt[16]	Co	58,97
3	Argon	Ar	39,88	35	Kohlenstoff[17]	C	12,00
4	Arsen	As	74,96	36	Krypton	Kr	82,9
5	Barium	Ba	137,4	37	Kupfer[18]	Cu	63,57
6	Beryllium	Be	9,02	38	Lanthan	La	138,9
7	Blei[13]	Pb	207,2	39	Lithium	Li	6,94
8	Bor	B	10,82	40	Magnesium	Mg	24,32
9	Brom	Br	79,92	41	Mangan	Mn	54,93
10	Cadmium	Cd	112,4	42	Molybdän	Mo	96,0
11	Caesium	Cs	132,8	43	Natrium	Na	23,00
12	Calcium	Ca	40,07	44	Neodym	Nd	144,3
13	Cassiopeium	Cp	175,0	45	Neon	Ne	20,2
14	Cerium	Ce	140,2	46	Nickel	Ni	58,68
15	Chlor	Cl	35,46	47	Niobium	Nb	93,5
16	Chrom	Cr	52,0	48	Osmium	Os	190,9
17	Dysprosium	Dy	162,5	49	Palladium	Pd	106,7
18	Eisen[14]	Fe	55,84	50	Phosphor	P	31,04
19	Emanation	Em	222	51	Platin	Pt	195,2
20	Erbium	Er	167,7	52	Praseodym	Pr	140,9
21	Europium	Eu	152,0	53	Quecksilber[19]	Hg	200,6
22	Fluor	F	19,00	54	Radium	Ra	226,0
23	Gadolinium	Gd	157,3	55	Rhodium	Rh	102,9
24	Gallium	Ga	69,72	56	Rubidium	Rb	85,5
25	Germanium	Ge	72,60	57	Ruthenium	Ru	101,7
26	Gold[15]	Au	197,2	58	Samarium	Sm	150,4
27	Hafnium	Hf	178,3	69	Sauerstoff[20]	O	16,000...
28	Helium	He	4,00	60	Scandium	Sc	45,10
29	Holmium	Ho	163,5	61	Schwefel	S	32,07
30	Indium	In	114,8	62	Selen	Se	79,2
31	Iridium	Ir	193,1	63	Silber[21]	Ag	107,88
32	Jod	J	126,92	64	Silicium	Si	28,06

[12] lateinisch: Stibium. — [13] lat.: Plumbum. — [14] lat.: Ferrum. — [15] lat.: Aurum. [16] lat.: Cobaltum. — [17] lat.: Carbonium. — [18] lat.: Cuprum. — [19] lat.: Hydrargyrum. [20] lat.: Oxygenium. — [21] lat.: Argentum.

	Name	Symb.	Verb.-G.		Name	Symb.	Verb.-G.
65	Stickstoff[22]	N	14,008	75	Vanadium	V	51,0
66	Strontium	Sr	87,6	76	Wasserstoff[23] . . .	H	1,008
67	Tantal	Ta	181,5	77	Wismut[24]	Bi	209,0
68	Tellur	Te	127,5	78	Wolfram	W	184,0
69	Terbium	Tb	159,2	79	Xenon	X	130,2
70	Thallium	Tl	204,4	80	Ytterbium	Yb	173,5
71	Thorium	Th	232,1	81	Yttrium	Y	89,0
72	Thulium	Tu	169,4	82	Zink	Zn	65,37
73	Titan	Ti	48,1	83	Zinn[25]	Sn	118,7
74	Uran	U	238,2	84	Zirkonium	Zr	91,2

10. Formeln der Stoffe. Die in diese Übersicht aufgenommenen Symbole dienen nun aber nicht nur zur qualitativen Bezeichnung der fraglichen Elemente, sondern wir verbinden mit den Symbolen zugleich die Vorstellung ganz bestimmter relativer Quantitäten, und zwar von Quantitäten, die zueinander im Verhältnis der Verbindungsgewichte der durch die fraglichen Symbole repräsentierten Elemente stehen. Das Symbol Ag bedeutet also nicht nur Silber, sondern 107,93 Gewichtsteile Silber, und Cl bedeutet nicht nur Chlor, sondern 35,45 Gewichtsteile Chlor u. s. w. Dem Chlorsilber, von dem wir erfahren hatten, daß es aus Chlor und Silber zusammengesetzt ist, geben wir das zusammengesetzte Symbol AgCl, und dieses Symbol, diese „Formel", gibt zugleich an, daß das Chlorsilber aus 107,93 Gewichtsteilen Silber und 35,45 Gewichtsteilen Chlor zusammengesetzt ist. Diese Zahlen besagen dasselbe wie die weiter oben (Seite 12) gemachte Angabe, daß sich 1,0000 g Silber mit 0,3285 g Chlor verbinden.

Auf Seite 14 war ferner angegeben worden, daß sich Quecksilber, Hg, in zwei Verhältnissen mit Chlor, Cl, vereinigt, und zwar kamen 17,73 und 2mal 17,73 Teile Chlor auf 100,00 Teile Quecksilber. Diesen Tatsachen wird durch die *Formeln* HgCl und Hg2Cl für die beiden Stoffe Rechnung getragen, die uns also nicht nur angeben, daß beide Stoffe aus Quecksilber und Chlor bestehen, sondern daß in dem einen derselben die beiden Elemente im Verhältnis ihrer einfachen Verbindungsgewichte zusammengetreten sind, während die chlorreichere Verbindung zwei Verbindungsgewichte Chlor auf nur ein Verbindungsgewicht Quecksilber enthält. Für Hg2Cl ist es üblich, $HgCl_2$ zu schreiben; analog schreibt man für Calciumsulfat $CaSO_4$, und das bedeutet, im Calciumsulfat sind miteinander verbunden: ein Verbindungsgewicht Calcium, ein Verbindungsgewicht Schwefel und vier Verbindungsgewichte Sauerstoff. Die Verbindungsgewichte sind nur relative Zahlen, über eine Gewichtseinheit sagen sie nichts aus.

11. Hypothesen. Atomhypothese. Die bisher mitgeteilten Gesetzmäßigkeiten haben sich als Summe zahlloser Einzelbeobachtungen ergeben. Es liegt nun in der Natur des menschlichen Geistes begründet, nach Vorstellungen zu suchen, aus denen sich beobachtete Gesetzmäßigkeiten als notwendige Folge herleiten lassen. Der Mensch hat das Bedürfnis, nicht nur Tatsachen und Gesetze der Tatsachen, sondern auch

[22] lat.: Nitrogenium.
[23] lat.: Hydrogenium. — [24] lat.: Bismutum. — [25] lat. Stannum.

ihre Gründe kennen zu lernen, neben dem „Wie“ das „Warum“ zu erörtern; die Erscheinung nicht nur zu beschreiben, sondern auch zu „erklären“. Solche Vorstellungen werden Hypothesen genannt. Das Aufstellen von Hypothesen ist deshalb ebensowohl Zweck der Naturforschung wie das Auffinden von Gesetzen. Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß Gesetz und Hypothese, infolge ganz verschiedener Entstehung auch eine ganz verschiedene Rolle in der Naturwissenschaft spielen: das Gesetz ist eben so sicher wie die Begründung der Tatsachen, aus denen es sich herleitet. Die Hypothese aber kann nie als „richtig“ erwiesen werden. Es kann nur dargetan werden, daß die Schlüsse aus der Hypothese mit den Tatsachen stimmen, es bleibt aber stets die Möglichkeit offen, daß auch noch eine andere, ja sogar noch mehrere andere Hypothesen dieser Anforderung entsprechen. Und doch kann nur eine Hypothese richtig, d. h. den Tatsachen entsprechend, sein. Die Hypothese selbst kann eben nicht direkt geprüft werden. Die Geschichte der Wissenschaften lehrt denn auch, daß Hypothesen im Gegensatz zu Gesetzen durchaus vergänglich sind. Aber deshalb sind sie nicht wertlos und zwecklos. Sie sind im Gegenteil durchaus notwendig, um zu einer tieferen Erkenntnis des Zusammenhanges der Naturerscheinungen zu kommen und um auf Grund dieser tieferen Erkenntnis die Forschung in planmäßigere Bahnen zu lenken. Deshalb besteht der Erfolg des Naturforschers nicht weniger in der Aufstellung brauchbarer Hypothesen, als in der experimentellen Ermittlung von Tatsachen. Die Kenntnis von Tatsachen führt zur erklärenden Hypothese, und diese wieder regt zu Versuchen an, deren Resultate aus der Hypothese vorhergesagt werden können. Treffen die Vorhersagen der Hypothese zu, so ist der letzteren Brauchbarkeit hierdurch erwiesen; andernfalls ist sie zu verwerfen und durch eine andere zu ersetzen. In keinem anderen Gebiete der Chemie, ja der gesamten Naturwissenschaften fällt der Nutzen, man kann sagen die Notwendigkeit der Hypothesen mehr in die Augen als in dem Riesenreich der „organischen“ Chemie, der Chemie des Kohlenstoffes. Der wunderbare Ausbau dieses Teiles unserer Wissenschaft, der im zielbewußten Aufbau höchst komplizierter, aus nur wenig Elementen bestehender Verbindungen gipfelt, wäre völlig undenkbar, wenn nicht ebenso geniale wie geistreiche und glückliche Hypothesen die Forscher im Chaos der unbegrenzten Möglichkeiten geleitet hätten.

Aber trotz dieser glänzenden Erfolge der Hypothese darf nie, wie es oft noch geschieht, aus dem Auge gelassen werden, daß noch so viele Erfolge stets nur die Brauchbarkeit, nie aber die Richtigkeit der Hypothese nachweisen. Deshalb darf diese wohl als Führerin, nie aber als Beweismittel benutzt werden. Aus richtig erkannten Gesetzmäßigkeiten hervorgegangen, führt die Hypothese zu immer neuen Gesetzen und bildet so eine Brücke von einem Naturgesetz zum anderen. Und deshalb sehen wir, daß das Aufstellen einer glücklichen Hypothese nicht nur ein tieferes Eindringen in das Wesen der Erscheinungen bedeutet, sondern auch die Erkenntnis zahlreicher neuer Gesetzmäßigkeiten herbeiführt. Daß eine Hypothese die Erscheinungen dem Verständnis näher bringt, zu deren Erklärung sie ersonnen wurde, ist eine selbstverständliche Forderung, aber man wird sie für um so nützlicher erklären, auf je mehr andere Gebiete sie zugleich Licht wirft und je zahlreicher die neuen Gesetzmäßigkeiten sind, deren Entdeckung sie herbeiführt. Eine Hypothese ist um so besser, je einfacher und umfassender sie ist.

Zu den in jeder Hinsicht glücklichsten und fruchtbarsten Hypothesen, die jemals aufgestellt worden sind, gehört nun die Hypothese von den Atomen. Da diese unter anderem auch das merkwürdige Gesetz der bestimmten Verbindungsgewichte in ungezwungener Weise verständlich zu machen geeignet ist, so mag sie an dieser Stelle vorgetragen werden.

Die Atomhypothese nimmt an, daß die Stoffe den Raum nicht kontinuierlich erfüllen und nicht unbegrenzt teilbar sind. Erscheinungen der Chemie wie der Physik lassen vielmehr schließen, daß die Stoffe aus kleinsten Teilchen, den sogenannten Atomen, bestehen, die, jedes für sich unteilbar, im leeren Raume gesetzmäßig angeordnet, die Stoffe bilden. Die Atomhypothese ist sehr alt, schon im Altertum spielte sie eine Rolle, jedoch hat die Atomlehre der griechischen Philosophen nach Inhalt und Begründung mit der heutigen kaum etwas gemein. Der quantitative, und das ist der hauptsächlichste, Inhalt wurde dieser Lehre erst vor nunmehr 100 Jahren gegeben. Der englische Chemiker und Physiker John Dalton (1766—1844) schloß im Jahre 1803, daß die Atome, die er ganz allgemein als die Bausteine jedes Stoffes annahm, bei jedem gleichteiligen, chemisch einheitlichen Stoffe unter sich ganz gleich sein müßten. Denn wären sie einander nur mehr oder weniger ähnlich, so hätte es einmal gelingen müssen, einen solchen Stoff durch irgendein Hülfsmittel in zwei in ihren Eigenschaften etwas verschiedene Teile zu sondern, deren einer z. B. die feineren, der andere die gröberen Atome enthielte. Eine solche Scheidung hätte beispielsweise eintreten können, wenn man von einer Portion Wasser zuerst einen Teil abdestillierte. Er konnte aus den kleineren und deshalb vielleicht flüchtigeren Wasseratomen bestehen, während sich die schwereren Atome im Rückstand ansammelten. Derartige Scheidungsversuche waren aber stets resultatlos verlaufen, wenn anders der untersuchte Stoff von vornherein nur rein gewesen war.

Dalton brauchte nun nur noch die weitere, an sich sehr plausible Annahme zu machen, daß verschiedene Stoffe dadurch eine neue Verbindung bilden, daß ihre Atome in einer ganz bestimmten Weise, also auch in bestimmter Anzahl, zusammentreten. Die Atome der zusammengesetzten Stoffe waren also zusammengesetzte Atome; in jedem von ihnen waren Atome ihrer Grundstoffe in bestimmter Anzahl enthalten. Es ergibt sich ohne weiteres, daß diese einfache Annahme, kombiniert mit dem vorher angeführten Resultat Dalton's das Gesetz von den bestimmten Verbindungsgewichten und den rationalen Vielfachen derselben verlangt. Es ist interessant und wichtig für die Beurteilung des Wertes von Hypothesen, daß dieses Gesetz von fundamentalster Bedeutung, das „Gesetz der konstanten und multiplen Proportionen" von Dalton (1808) nicht etwa aus den Analysenresultaten hergeleitet wurde, sondern daß er dieses Gesetz theoretisch aus der Hypothese der Atome konstruierte und dann an den Daten der Analysen bestätigt fand. Das empirische Gesetz der konstanten Verbindungsgewichte ist nach der Dalton'schen Hypothese eine Folge der konstanten Atomgewichte. Wenn in diesem Sinne Verbindungsgewicht und Atomgewicht auch gleichbedeutend sind, so besteht doch der Unterschied, daß das Gesetz der Verbindungsgewichte bestehen bleibt, selbst wenn man einmal Anlaß haben sollte, den Begriff des Atoms aufzugeben. Einstweilen liegt hierzu noch kein Anlaß vor; wenn auch in neuester Zeit Beobachtungen gemacht worden sind, die nach

Mancher Ansicht geeignet erscheinen, die Lehre von der Unveränderlichkeit der Elemente und Atome zu erschüttern. Die Vorstellung von den Atomen und ihren Eigenschaften ist vielmehr gegenwärtig untrennbar mit unserer Wissenschaft verbunden, was schon äußerlich und ganz besonders augenfällig durch die Nomenklatur der Chemie dargetan wird.