

## EINLEITUNG.

Die Chemie, der Physik am nächsten verwandt, erstrebt mit ihr nahezu gleiche Ziele. Es sind die sinnlich wahrnehmbaren Vorgänge in der Natur, ihr Verlauf, ihr Zusammenhang und ihre Ursachen, und weiterhin die Gesetze, nach denen die Naturkräfte wirken, — deren Erforschung der Chemie und Physik obliegt, gleichviel an welchen Gegenständen oder an welchen Körperklassen sich die Prozesse vollziehen.

Diese beiden Wissenschaften sind die Grundlagen für alle andern naturwissenschaftlichen Disciplinen, für die Mineralogie und Geologie, die Botanik, die Zoologie, auch für die Astronomie, und besonders für die gesammte Medicin, welche alle die durch chemische und physikalische Kräfte an bestimmten Körperklassen hervorgerufenen Prozesse zu ergründen streben.

Betrachten wir, was in der Natur um uns her vorgeht. — Wir nehmen den Wechsel von Tag und Nacht wahr, sehen den Mond und scheinbar auch die Sonne die Erde umkreisen, erkennen ähnliche Bewegungen an anderen Himmelskörpern, wir fühlen die Bewegung der Luft, empfinden den Wechsel von Wärme und Kälte, sehen das Wasser gefrieren, bewundern den Regenbogen, das Gewitter, die Wolkenbildungen u. a. m. — Alle diese Erscheinungen gehören ins Bereich der Physik. Aber wo sehen wir chemische Prozesse sich vollziehen?

Einfache, leicht verständliche, rein chemische Prozesse bieten sich entfernt nicht in der Fülle unsern Sinnen dar, wie die physi-

kalischen Vorgänge, und das ist sicher der Grund, weshalb physikalische Naturerscheinungen und physikalische Gesetze viele Jahrhunderte früher erforscht worden sind, als man von einem chemischen Naturgesetze eine Ahnung hatte.

Wir sehen die Pflanze wachsen, das Thier athmen. Beide Processe verlaufen durch das Zusammenwirken und Ineinandergreifen chemischer und physikalischer Kräfte. Wie die Pflanze die Bestandtheile der atmosphärischen Luft, die sie zu ihrem Wachsthum nöthig hat, chemisch verarbeitet, ist dem Chemiker und Physiker trotz der emsigsten Forschungen sogar bis heute noch ein Räthsel.

Wenn die vom Blitz getroffene Fichte abbrennt, so ist das gewiss ein chemischer Process und viel einfacher als das Wachsen des Baumes; aber obgleich der Mensch seit uralter Zeit gelernt hat, Feuer zu machen, und täglich den chemischen Zersetzungsprocess des brennenden Holzes vor Augen gehabt hat, ist es der Naturforschung doch erst zu Ende des vorigen Jahrhunderts gelungen, jenen scheinbar so einfachen Process richtig zu erklären. Darum heisst die Chemie mit Recht die jüngere Schwester der Physik.

Der aufmerksame Forscher nimmt allerdings noch mancherlei andere chemische Naturerscheinungen wahr, er beobachtet das Verwittern der Gesteine, das Verwesen thierischer und pflanzlicher Stoffe, das Ablagern von Kalktuff am Fusse der Kalksteinflötze, das Rosten des Eisens, das Sauerwerden der Milch, des Weins u. a. m., aber diese und ähnliche Vorgänge verlaufen der Mehrzahl nach so langsam, dass ihr Fortgang meist schwer zu verfolgen ist.

Zahlreiche chemische Processe sind seit Jahrtausenden von Menschen selbst eingeleitet worden. Man hat erkannt, dass der im Feuer gelegene Kalk, der sogenannte gebrannte Kalk, sich in Berührung mit Wasser erhitzt, überhaupt andere Eigenschaften hat, wie vor dem Erhitzen, man hat aus Erzen durch Glühen mit Kohle Metalle gewonnen, durch Rösten von Erzen weissen Arsenik fabricirt, man hat Schwefel verbrannt und das dabei gebildete stechend riechende, saure Gas wahrgenommen; aber auch bei diesen und hundert andern Vorgängen konnte der wahre chemische Verlauf erst verstanden und richtig erklärt werden, als die gemeinsame Ursache derselben, das Feuer und der Process des Verbrennens, aufgeklärt war.

Darum sind Priestley's und Scheele's Entdeckung des Sauerstoffs, des Elementes, welches zu den gewöhnlichen Verbrennungen mit Feuererscheinung und zur Erzielung hoher Temperaturen ebenso unentbehrlich ist, wie zum Athmen, und die zuerst von Lavoisier gegebene richtige Erklärung des chemischen Processes der Verbrennung die Säulen, welche, auf dem soliden Fundament zahlreicher früherer Beobachtungen errichtet, das stattliche Gebäude der heutigen Chemie tragen.

Wodurch unterscheiden sich nun aber die chemischen und die physikalischen Vorgänge; welche Erscheinungen erklärt die Chemie und welche die Physik? Die Antwort ist mit wenigen Worten leicht gegeben, aber nicht ebenso leicht von denen verstanden, welchen chemische Prozesse noch fremd sind.

Chemische Vorgänge sind diejenigen, wobei die Körper eine stoffliche Veränderung erfahren; bei den rein physikalischen Vorgängen bleiben die Substanzen, an welchen wir Veränderungen wahrnehmen, stofflich unverändert. Was heisst das? was haben wir unter stofflicher Veränderung zu verstehen? Einige Beispiele mögen das Gesagte erläutern.

Eine Stange Schwefel wird beim Reiben elektrisch und zieht Schnitzel von Papier oder von einer Federfahne an, um sie gleich hernach wieder abzustossen. Derselbe Schwefel schmilzt, wenn wir ihn in einer Glasröhre erhitzen, zu einer weingelben klaren Flüssigkeit, und verwandelt sich bei noch höherer Temperatur in ein rothbraunes Gas, welches äusserlich nicht die geringste Aehnlichkeit mit dem festen gelben Schwefel besitzt. — Hat nun der Schwefel durch das Reiben und durch das Schmelzen eine stoffliche Veränderung erfahren, haben sich in diesen beiden Fällen chemische Prozesse vollzogen?

Nein! Die Substanz des Schwefels ist nach dem Reiben noch dieselbe wie vorher, und das Schwefelgas wie der flüssige Schwefel stehen zu dem festen Schwefel in keinem andern Verhältnisse, wie das gasige Wasser, der Wasserdampf, und das flüssige Wasser zu dem festen Wasser, dem Eise. Wir haben es hier bloss mit einer durch Wärme bewirkten Aenderung der Aggregationszustände zu thun, welche so lange andauert, als die Ursache anhält. Wie Wassergas beim Abkühlen erst wieder zu flüssigem und dann zu festem Wasser wird, so verwandelt sich das Schwefelgas, sobald die Wärmequelle entfernt wird, in flüssi-

gen und zuletzt in festen Schwefel genau von den nämlichen Eigenschaften, welche er vor dem Erhitzen besass.

Ganz anders, wenn wir Schwefel in einem offenen Gefässe an der Luft so stark erhitzen, dass er sich entzündet und mit blauer Flamme brennt. Auch hier verwandelt er sich ganz und gar in Gas, das bekannte farblose, stechend riechende Gas des brennenden Schwefels. Versuchen wir, dasselbe abzukühlen, etwa dadurch, dass wir es durch ein mit kaltem Wasser umgebenes Gefäss hindurch leiten, so werden wir vergeblich darauf warten, aus diesem Gase wieder flüssigen oder starren Schwefel entstehen zu sehen. Der Schwefel hat bei jenem Process eine die Ursache der Umwandlung überdauernde, stoffliche Aenderung erfahren; er hat sich mit dem einen Bestandtheile der Luft chemisch vereinigt und damit eine neue andere Substanz erzeugt.

Mengen wir, durch Zusammenreiben, fein gepulverten gelben Schwefel innig mit feinstem Pulver von metallischem Eisen, so resultirt eine graue Substanz, welche äusserlich keine Aehnlichkeit mehr hat mit den beiden Stoffen vor dem Zusammenreiben. Man möchte glauben, dass dieses graue Pulver nicht mehr aus gelbem Schwefel und schwarzem Eisen besteht, dass vielmehr beide durch das Reiben eine stoffliche Veränderung erfahren haben.

Man kann sich indess in diesem Falle leicht überzeugen, dass jene Mischung wirklich noch unveränderten Schwefel und Eisen enthält. Denn es lässt sich daraus durch den mechanischen Process des Schlämmens der specifisch leichtere Schwefel abtrennen, und auch das Eisen mittelst eines Magnetes daraus ausziehen, was nicht möglich ist bei dem Producte der eigentlich chemischen Vereinigung von Schwefel und Eisen.

Bereiten wir uns durch Zusammenreiben von vier Gewichtstheilen gepulvertem Schwefel und sieben Gewichtstheilen fein zertheiltem Eisen ein inniges Gemisch, und erhitzen wir dasselbe in einer Glasröhre mit der Gasflamme. Nach kurzer Zeit tritt in dem Rohre an der am stärksten erhitzten Stelle des Glases eine Feuererscheinung ein, das Gemisch kommt in starkes Glühen, welches von unten nach oben fortschreitend die ganze Masse ergreift, und dann von selbst wieder aufhört. Es fällt auf, dass in dieser hohen Temperatur von dem so flüchtigen Schwefel nichts entweicht.

Schwefel und Eisen, welche beim blossen Mischen chemisch unverändert bleiben, wie wir sagen, keine chemische Affinität zu

einander üben, gewinnen letztere in höherer Temperatur, beim Erhitzen auf einen bestimmten Wärmegrad, und erleiden dann beide eine stoffliche Aenderung. Das grauschwarze, feste, harte Product lässt sich durch Zerreiben leicht wieder in feines Pulver verwandeln, aber dieses Pulver hat nun ganz andere Eigenschaften, wie das bloss mechanische Gemenge von Schwefel und Eisen. Wir bemühen uns vergebens, daraus durch Schlämmen oder durch eine andere mechanische Manipulation den Schwefel, oder mit dem Magnet das Eisen auszuziehen. Schwefel und Eisen haben durch das Erhitzen eine stoffliche Aenderung erfahren, in dem Grade, dass man fragen kann, ob das entstandene neue Product wirklich noch Schwefel und Eisen enthält, ob nicht letztere beide hierbei zu Grunde gegangen sind.

Diese Frage lässt sich nicht *a priori* und nicht durch blosses Philosophiren, sondern nur durch das Experiment entscheiden, und sie ist entschieden worden.

Wären der Schwefel und das Eisen bei ihrer Vereinigung untergegangen, wären beide nicht mehr in der Verbindung enthalten, so würde es denkbarer Weise nicht wohl möglich sein, sie daraus mit ihren ursprünglichen Eigenschaften wiederzugewinnen. Die Chemie lehrt nun aber, dass in diesem und in anderen Fällen die chemischen Verbindungen wieder in ihre Bestandtheile zerlegt werden können, ja dass diese sich quantitativ daraus wieder herstellen lassen. — Der Synthese gegenüber steht die Analyse.

Die Vereinigung, wenn man so sagen darf, die Verschmelzung der Bestandtheile chemischer Verbindungen ist so innig, so vollkommen, dass es auf keine Weise gelingt, selbst nicht mit dem stärksten Vergrößerungsglase, in einem Stäubchen solch einer Verbindung die Bestandtheile zu erkennen, z. B. den gelben Schwefel im Schwefeleisen wahrzunehmen. Dadurch wird erklärlich, dass wir chemische Verbindungen nicht durch rein mechanische Hilfsmittel spalten können. — Was chemische Kraft zusammenfügt, kann nur durch chemisch wirkende Kraft wieder getrennt werden.

Die Stoffe, welche wir durch chemische Analyse nicht weiter zerlegen können, nennen wir einfache Körper, Elemente, ohne indess damit behaupten zu wollen, dass sie wirklich unzerlegbar seien. Sie gelten uns nur so lange als elementare Stoffe, als es nicht gelungen ist, sie zu zerlegen.

Die Frage nach den Urstoffen der anorganischen und organischen Natur ist so alt, wie die Naturforschung überhaupt; aber was wir heute unter chemischem Element verstehen, ist etwas ganz anderes als das, was man ehemals so nannte. Wenn man mit den das Experiment und die exakte Forschung vernachlässigenden Naturphilosophen ehemals „Wasser, Feuer, Luft und Erde“ als Elemente bezeichnete, so wollte man damit wohl weniger sagen, dass die Naturkörper aus jenen vier Dingen bestehen, als dass sie daraus und dadurch entstehen. Als man jene Frage schärfer ins Auge fasste und anfang, sie experimentell zu untersuchen, sind jene vier Elemente der Alten gefallen.

Man hat längst erkannt, dass das, was man Feuer nennt, gar kein Stoff, sondern eine Erscheinung ist, dass das Wasser aus zwei, bis jetzt nicht weiter zerlegten gasigen Stoffen, dem Sauerstoff und Wasserstoff, besteht, dass die Luft ein mechanisches Gemenge zweier gasiger Körper, des Sauerstoffs und Stickstoffs, und dass „Erde“ gar kein Individuum ist, sondern ein Agglomerat von Tausenden der verschiedensten chemischen Verbindungen.

Unsere heutigen chemischen Elemente sind das Ergebniss des Experiments. Ihre Zahl ist ziemlich beträchtlich, und wird sich, den bisherigen Erfahrungen gemäss, wahrscheinlich noch vermehren. Wir kennen deren mehr als sechszig.

Wenn man erwägt, wie leicht es uns gegenwärtig ist, das Wasser in seine Bestandtheile zu zerlegen und weiterhin aus diesen zu regeneriren, so wirft sich die Frage auf, wie war es möglich, dass man bis vor hundert Jahren das Wasser für eine unzerlegbare Substanz gehalten, dass man nicht schon viel früher eine der vielen uns heute bekannten Methoden aufgefunden hat, dasselbe zu zerlegen?

Das Hauptagens, dessen man sich früher immer in erster Linie, ja beinahe ausschliesslich bediente, um chemische Zersetzungen einzuleiten, war erhöhte Temperatur, das Feuer; Schmelztiegel, Glühofen und Destillationsvorrichtungen gehörten als unentbehrlichste Dinge zur Ausstattung alchemistischer Laboratorien. Besässe das Wasser die Eigenschaft, sich in hoher Temperatur zu zerlegen, so würde man sicher seine Natur als zusammengesetzten Körper längst erkannt haben. Dass es in der Glühhitze

unverändert bleibt, konnte nur dazu dienen, den Glauben an seine Unzerlegbarkeit zu befestigen.

Die Methoden, deren wir uns jetzt bedienen, um das Wasser zu zersetzen, waren den Chemikern früherer Jahrhunderte zum Theil unbekannt, zum Theil wurden die Vorgänge falsch interpretirt.

Zu den ersteren gehört die elektrolytische Kraft des galvanischen Stromes, ferner die Wirkung der erst später entdeckten, das Wasser schon bei gewöhnlicher Temperatur zersetzenden Metalle, Kalium, Natrium etc. — Zu den unrichtig erklärten Vorgängen der Wasserzersetzung, welche lange bekannt gewesen sind, gehört derjenige, welcher eintritt, wenn man Eisen mit Wasser und einer stärkeren Säure zusammenbringt. Jeder, welcher diese Erscheinung zum ersten Male sieht, wird, wie das früher geschah, glauben, das vom Eisen aus sich entwickelnde Gas werde aus diesem Metalle entbunden, während es doch durch Zersetzung des Wassers entsteht.

Betrachten wir jene und andere Vorgänge, wobei das Wasser zerlegt wird, etwas genauer.

Wenn wir in schwach mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser (reines Wasser ist ein schlechter Leiter des galvanischen Stromes) zwei Platinbleche eintauchen und diese mit den Polen einer galvanischen Batterie von vier bis sechs Bunsen'schen Elementen in leitende Verbindung setzen, so sehen wir im Moment, wo die Kette geschlossen wird, an beiden Platinplatten Gase sich entwickeln, und diese Entwicklung dauert fort, bis der galvanische Strom unterbrochen wird.

Sind über diese beiden Platinbleche mit Wasser gefüllte kleine, gleich weite Glasglocken gestürzt (Fig. 1 a. f. S.) und lässt man so das von dem einen Bleche sich entwickelnde Gas in der einen Glocke, das an dem andern Bleche auftretende Gas in der zweiten Glocke aufsteigen, so beobachtet man folgendes:

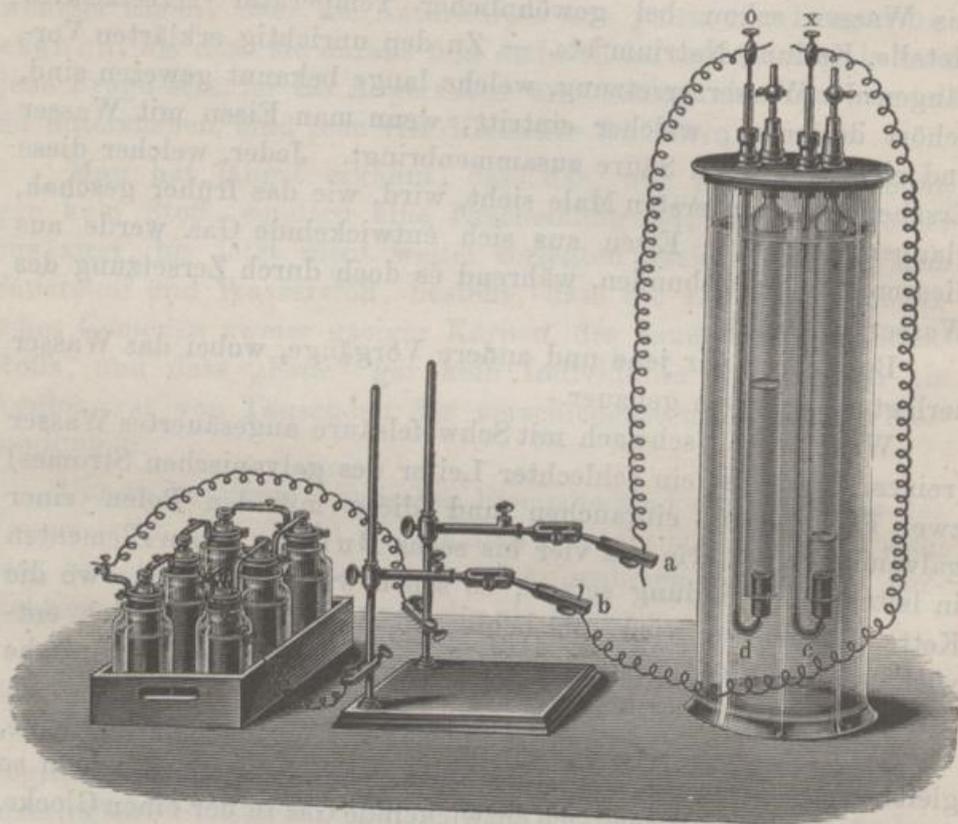
1. Das über der positiven Elektrode sich ansammelnde Gas erfüllt regelmässig einen kleinern Raum als das, welches an der negativen Elektrode auftritt; genaue Messungen haben ergeben, dass das Volum des letzteren das doppelte beträgt vom ersteren.

2. Nähert man dem Gas vom — Pol, wenn es nach Oeffnen des Hahnes oben aus der Glocke in die Luft strömt, einen brennenden Körper, so entzündet es sich und brennt mit schwach leuchtender Flamme. Das Gas vom + Pol hat diese Eigenschaft nicht;

es brennt nicht selbst, sondern unterhält die Verbrennung anderer Körper in dem Maasse, dass ein schwach glimmender Holzspan, damit in Berührung gebracht, sofort entflammt und mit starkem Lichtglanz brennt.

Wir nennen dieses letztere Gas: Sauerstoff, jenes: Wasserstoff. Beide sind die elementaren Bestandtheile des Wassers,

Fig. 1.



durch deren nachherige chemische Vereinigung wieder Wasser entsteht.

Betrachten wir jeden dieser Körper für sich. Der Sauerstoff verdient den Vorrang, da er zu den verbreitetsten Elementen gehört, und da von seiner Entdeckung, welche die wichtige Erklärung des Verbrennungsprocesses im Gefolge hatte, die heutige wissenschaftliche Chemie datirt.