

hierzu erforderlichen Druck auszuhalten vermöchten. Im gemeinen Leben hat das Wort Dampf eine andere Bedeutung: man bezeichnet nemlich damit den Zustand eines Gases im Augenblick seiner Verdichtung zu einer tropfbaren Flüssigkeit. Der Wasserdampf, in unserer Bedeutung des Worts, ist ein unsichtbares, durchsichtiges Gas; in der gemeinen Bedeutung dagegen ein Gemenge des nicht verdichteten Gases mit den sehr feinen tropfbar-flüssigen Theilen, die sich aus demselben ausscheiden: ein Nebel.

Allgemeiner Ueberblick über die gesamte Chemie.

Sämmtliche Materien zerfallen in zwei Hauptabtheilungen:

- 1) in *unwägbar* Materien,
- 2) in *wägbar* Materien.

Die *unwägbar* Materien unterscheiden sich von den wägbar durch folgende Merkmale:

- a) Durch den Mangel an Gewicht, auch bei Anwendung der feinsten Wagen.
- b) Durch ihre ausserordentliche Feinheit, vermöge welcher sie die meisten Körper durchdringen. Desswegen lassen sie sich auch nicht in Gefässe sperren, und unterscheiden sich damit von den in Gefässe sperrbaren, wägbar Materien. Daher lassen sie sich auch nicht in isolirtem Zustand darstellen und geben ihr Daseyn nur durch gewisse Erscheinungen zu erkennen, welche die wägbar Stoffe unter gewissen Umständen hervorbringen.
- c) Sie sind im höchsten Grade expansibel, verbreiten sich daher sehr schnell, wenn ihnen kein Hinderniss in den Weg gelegt wird, durch den Raum, meistens nach geraden Richtungen. Das Licht z. B. braucht nur etwas mehr als 8 Minuten, um von der Sonne zu der Erde zu gelangen.

d) Sie offenbaren sich unsern Sinnen unmittelbar entweder gar nicht, oder nicht allen zugleich; so offenbart sich der Magnetismus keinem unserer Sinne unmittelbar, er ist nur durch Bewegungen erkennbar; das Licht offenbart sich nur dem Auge, die Wärme dem Gefühle, die Elektrizität bisweilen dem Auge, dem Ohr, dem Gefühl und Geruch zugleich.

Die bis jetzt unterschiedenen Imponderabilien sind: Licht, Wärme, Elektrizität und Magnetismus, und man dürfte vielleicht auch ein besonderes organisirendes Agens annehmen. Es ist sehr wohl möglich, dass es deren noch mehrere gibt, die man bis jetzt nur desswegen noch nicht erkannt haben mag, weil die Umstände, unter denen sie ihre Thätigkeit äussern, vielleicht noch nicht herbeigeführt worden seyn konnten. Die Imponderabilien sind die verbreitetsten Materien der Natur, sie beleben die ganze Natur und spielen darinn die wichtigste Rolle. Das Studium derselben ist zwar mehr ausschliessend der Physik vorbehalten; da jedoch der Einfluss einiger derselben, namentlich der Wärme und Elektrizität, auf die Verbindungen und Trennungen der ponderablen Materien, welche das Wesen der Chemie ausmachen, so mächtig ist, dass diese letzteren ohne sie gar nicht statt finden könnten, so pflegt man die Betrachtung solcher Imponderabilien, in so weit sie wenigstens für die Verbindungen der ponderablen Materien von Wichtigkeit ist, in die Chemie aufzunehmen, ungeachtet die Chemie selbst nur ein Theil der Physik ist, der aber wegen seines grossen Umfangs und seiner Bedeutung von dem Ganzen abgesondert wird. Hier setze ich übrigens eine Bekanntschaft mit den Verhältnissen der Imponderabilien voraus.

Die *ponderablen Materien* unterscheiden sich von den imponderablen durch ihr Gewicht, so wie dadurch, dass sie sich in Gefässe sperren lassen. Da, wie schon gezeigt worden, die Form der ponderablen Materien, ob sie nem-

lich elastisch- oder tropfbar-flüssig oder fest ist, zu der *Natur* der Materie selbst in keiner Beziehung steht, und bloss durch den Einfluss einer imponderablen Materie, der Wärme, bedingt ist, so müssen wir uns nach andern Merkmalen umsehen, die dazu gebraucht werden können, die bis jetzt aufgefundenen 54 ponderablen Elementarstoffe in besondere Abtheilungen zu bringen.

In ihren Beziehungen zu den imponderablen Materien, Licht, Wärme, Elektrizität, zeigen die *ponderablen Elemente* merkwürdige Verschiedenheiten.

Gewisse Elemente sind durch einen eigenthümlichen Glanz, durch fast vollkommene Undurchsichtigkeit auch im tropfbar-flüssigen Zustand, so wie durch ihre Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektrizität ausgezeichnet. Die Elemente, welche diese Eigenschaften besitzen, und welche gewöhnlich auch ein grosses spezifisches Gewicht haben, nennt man *metallische Elemente*, *Metalle*.

Andere Elemente leiten das Licht mehr oder weniger, d. h. sie sind mehr oder weniger durchsichtig, dagegen leiten sie die Wärme und Elektrizität nicht oder schlecht, d. h. sie verweigern diesen imponderablen Materien den Durchgang mehr oder weniger vollkommen, und wenn sie auch, wie z. B. die gemeine Kohle, Leiter der Elektrizität sind, so sind sie doch nicht so gute Leiter, wie die Metalle, und leiten nicht auch zugleich die Wärme. Dieses sind die *nicht metallischen Elemente*.

Betrachtet man ferner das Verhalten der verschiedenen Elemente, wenn sie der Einwirkung der atmosphärischen Luft, bei gewöhnlicher oder erhöhter Temperatur, ausgesetzt werden, so stösst man ebenfalls auf grosse Verschiedenheiten.

Einige Elemente verändern dabei ihre Natur nicht; sie können zwar ihren Zustand ändern, vom tropfbar-flüssigen in den festen oder elastisch-flüssigen Zustand übergehen, aber diese Aenderung ist nur allein durch die Wärme oder

durch mechanischen Druck bedingt; mit der ursprünglichen Temperatur und Druck zeigen sie auch alle ihre ursprünglichen Eigenschaften wieder. — Andere Elemente dagegen verändern sich an der Luft entweder schon bei der gewöhnlichen oder bei erhöhter Temperatur, sie entwickeln dabei zum Theil Licht und Wärme, d. h. sie brennen, und fahren selbstständig fort, zu brennen, auch wenn der äussere Wärme-Quell entfernt worden ist. Es entstehen aus ihnen neue Körper, die, wenn auch die ursprüngliche Temperatur und Druck wieder hergestellt werden, nicht mehr die Eigenschaften erhalten, welche sie vorher gehabt hatten, und die immer mehr wägen, als der ursprüngliche Körper gewogen hatte. Diese letzteren Körper nennt man *brennbare Elemente*, weil bei vielen von ihnen Licht- und Wärme-Entwicklung sich einstellt, während sie die angeführten *brennenden* Veränderungen erleiden; die ersteren nennt man *nicht brennbare Elemente*.

Diese Verschiedenheit, welche die Elemente zeigen, wenn sie mit der atmosphärischen Luft entweder bei gewöhnlicher oder bei erhöhter Temperatur in Berührung kommen, rührt davon her, dass einige Elemente — die brennbaren — mit einem Bestandtheil der Luft, dem Sauerstoffgas, unter den angegebenen Umständen eine chemische Verbindung eingehen und daher in dieser Verbindung einen neuen Körper darstellen, während andere Elemente — die nicht brennbaren — unter denselben Umständen keine Verbindung mit dem Sauerstoffgas einzugehen fähig sind, und daher durch die Einwirkung der Wärme nur eine vorübergehende Aenderung in ihrem Aggregations-Zustand erleiden, die in den meisten Fällen sogleich wieder verschwindet, sobald die Elemente auf die vorige Temperatur zurückgekommen sind; ja bei den permanent gasförmigen Elementen, wie z. B. dem Stickgas, tritt nicht einmal eine solche Aenderung in dem Aggregations-Zustand ein: diese dehnen sich blos mit Zu-

nahme der Wärme aus, und ziehen sich mit Abnahme derselben auf ein geringeres Volumen zusammen, bleiben aber immer gasförmig. — Jede innige chemische Verbindung ist mit Wärme — oder mit Wärme — und Licht-Entwicklung zugleich verbunden; eine innige chemische Verbindung findet aber nur zwischen zwei Körpern statt, deren Eigenschaften einander in hohem Grade entgegengesetzt sind, und welche diese Eigenschaften durch die Verbindung selbst gegenseitig ausgleichen. Je vollständiger eine solche Ausgleichung statt findet, d. h. je verschiedener die Eigenschaften des durch die Verbindung gebildeten neuen Körpers von den Eigenschaften der mit einander in Verbindung tretenden Körper sind, je schwieriger zersetzbar die gebildete Verbindung ist, desto lebhafter ist im Allgemeinen die die Verbindung begleitende Licht- und Wärme-Entwicklung. Daher entwickelt sich Wärme, oder Wärme und Licht, bei den Verbindungen der sogenannten brennbaren Elemente mit dem Sauerstoff der Luft, denn die Eigenschaften dieser brennbaren Elemente sind sehr verschieden von denen des Sauerstoffs. — Die Verbindung eines brennbaren Körpers mit dem Sauerstoff der Luft geht in der Regel bei der *gewöhnlichen* Temperatur der Luft nicht vor sich, es wird, um diese Verbindung zu bewerkstelligen, um den Verbrennungsprocess einzuleiten, gewöhnlich Anwendung äusserer Wärme erfordert, weil die Affinitäten der meisten Körper zu dem Sauerstoff der Luft bei der gewöhnlichen Temperatur gleichsam schlafend sind und erst durch höhere Temperatur erweckt und in Thätigkeit gesetzt werden. Hat sich aber einmal, durch Vermittlung dieser äusseren Wärme, nur ein kleiner Theil des brennbaren Körpers mit dem Sauerstoff der Luft verbunden, so ist durch diese Verbindung selbst so viel Wärme erzeugt worden, dass nun die Beihülfe von Aussen angebrachter Wärme entbehrlich geworden ist, indem der brennbare Körper selbstständig zu brennen fortfährt, bis er als solcher gänzlich verschwunden und sich mit dem Sauerstoff der Luft zu einem neuen Körper verbunden hat. Dieser neue Körper kann entweder in fester, oder in tropfbar-

flüssiger, oder in elastisch-flüssiger (luftförmiger) Form erscheinen. So entsteht z. B. bei dem Brennen des Phosphors an der Luft, d. h. bei der Verbindung des Phosphors mit dem Sauerstoff der Luft, ein fester, weisser Körper (Phosphorsäure); bei dem Brennen des Wasserstoffs, Wasserdampf, der sich beim Erkalten zu tröpfbar-flüssigem Wasser verdichtet; bei dem Brennen der Kohle, ein gasförmiger Körper, (kohlen-saures Gas), der unter den gewöhnlichen Umständen gasförmig bleibt, und sich, wenn das Brennen in freier Luft vor sich geht, der Masse der Luft beimengt und dadurch unserer Wahrnehmung entzogen wird *). Wird aber der aus der Verbindung des brennbaren Körpers mit dem Sauerstoff der Luft entstandene neue Körper gewogen, so zeigt sich immer, dass sein Gewicht der Summe der Gewichte des verschwundenen brennbaren Körpers und des verschwundenen Sauerstoffgases genau gleich ist. Die Entwicklung der unwägbaren Wärme und des unwägbaren Lichts ist also bloß eine die Verbindung ponderabler Materien begleitende Erscheinung, welche das Gewicht der sich verbindenden Materien weder vermehrt noch vermindert.

*) Man trifft, selbst unter der Klasse der Gebildeteren, häufig genug Leute, welche ernstlich glauben, dass z. B. verbrannte Kohle im Feuer aufgegangen, dass sie aus der Welt auf immer verschwunden sey, dass sie mit einem Wort aufgehört habe, materiell zu existiren, während sie doch nur eine unsichtbare, gasförmige Verbindung mit dem Sauerstoffgas der Luft eingegangen hat, aus welcher sie durch andere Körper, die ihr den mit ihr verbundenen Sauerstoff wieder entziehen, als Kohle, begabt mit ihren ursprünglichen Eigenschaften, hergestellt werden kann. Höchstens meinen bisweilen solche Leute, die Kohle habe sich in Asche verwandelt, welche gewöhnlich beim Verbrennen der Kohle zurückbleibt. Diese Asche aber, deren Gewicht immer, in Vergleich mit dem Gewicht der verbrannten Kohle, sehr unbedeutend ist, rührt einzig und allein von fremdartigen, der Kohle bisweilen beigemengten, durch Hitze nicht verflüchtbaren Materien her; reine Kohle verbrennt, ohne den geringsten Rückstand, ohne eine Spur von Asche zu hinterlassen.

Ein Körper kann in den Zustand, in welchem er heisser als die umgebenden Körper und lichtentwickelnd erscheint, auf verschiedene Weise versetzt werden: 1) indem Wärme demselben auf irgend eine Weise von Aussen mitgetheilt wird. Ein Ziegelstein z. B., den man in einen glühenden Ofen wirft, wird glühend; wird er aber in diesem Zustand aus dem Ofen herausgenommen, so kühlt er sich allmählig ab; sein Gewicht hat sich nicht verändert, er kommt auf seinen ursprünglichen Zustand zurück, denn er ist nicht fähig, mit dem Sauerstoff der Luft sich zu verbinden und selbstständig Licht und Wärme zu entwickeln, er ist mit einem Wort kein brennbarer Körper. — Bei der Vereinigung der beiden entgegengesetzten Elektricitäten entsteht Wärme und Licht; lässt man daher z. B. durch eine, in einem luftleeren Raum eingeschlossene Kohle hindurch, diese Elektricitäten, welche von den beiden Polen einer sehr starken voltaschen Säule ausströmen, sich vereinigen, so kommt die Kohle ins Glühen, ohne aber die geringste Veränderung zu erleiden, weil kein Körper vorhanden ist, mit dem sie sich verbinden könnte. Sobald das Durchströmen der Elektricitäten durch die Kohle aufhört, hört auch die Kohle auf zu glühen und ist, was sie vorher war. 2) Indem man den Körper chemische Verbindungen mit andern Körpern eingehen lässt, die Wärme- und Licht-Entwicklung in ihrem Gefolge haben. So wird die Kohle glühend, wenn man sie an der Luft so stark erhitzt, dass sie fähig wird, sich mit dem Sauerstoff der Luft zu verbinden; nach Entfernung der von Aussen angebrachten Wärme, welche dazu gedient hatte, den Verbrennungsprocess einzuleiten, wird nun dadurch, dass ein Theil der Kohle sich mit Sauerstoff der Luft zu kohlen-saurem Gas verbindet, so viel Hitze erzeugt, dass die der verbrannten Kohle zunächst liegenden Kohletheilchen die zu ihrer Verbrennung erforderliche Temperatur erhalten und verbrennen, und dieses dauert so lange fort, bis die Kohle gänzlich verzehrt und in kohlen-saures Gas verwandelt ist.

Die angegebene Begriffsbestimmung von Brennbarkeit bezieht sich blos auf das Verhalten der Elemente zu dem in der atmosphärischen Luft enthaltenen Sauerstoffgas. Brenn-bare Elemente wären demnach solche, welche fähig sind,

sich mit dem Sauerstoff des Sauerstoffgases zu verbinden; nicht brennbare solche, die dieses nicht vermögen. Wir werden später sehen, dass alle Elemente ohne Ausnahme fähig sind, sich mit dem Sauerstoff zu verbinden, aber nicht alle sind fähig, sich *direct* mit dem Sauerstoff, wie er im Sauerstoffgas oder der atmosphärischen Luft enthalten ist, zu verbinden. Würde man daher den Begriff von Brennbarkeit so bestimmen, dass man sagte: *alle* mit Sauerstoff verbindbare Körper sind brennbar, so würde er nicht mehr zur Bildung von Abtheilungen für die Elemente benutzt werden können und ohne allen Werth seyn; dieser Begriff muss daher nothwendig auf die angegebene Weise beschränkt werden. Es ist klar, dass man jedes andere Element, statt des Sauerstoffs, wählen und den Begriff von Brennbarkeit auf dieses beziehen könnte, indem man alle Körper, welche sich mit demselben *direct* verbinden, brennbare, die übrigen aber nicht brennbare Körper nennen würde: aber dem Sauerstoff gebührt vor allen übrigen Elementen der Vorzug, insofern er der verbreitetste Körper der Natur ist, und namentlich insofern er einen Bestandtheil der atmosphärischen Luft ausmacht, in deren Medium die meisten chemischen Verbindungen vor sich gehen. Der Begriff von Brennbarkeit ist aus den alltäglichen Erscheinungen entlehnt, welche in dem Medium vor sich gehen, in welchem wir leben, nemlich in der atmosphärischen Luft; würde dieses Medium von anderer Beschaffenheit seyn, als es wirklich ist, lebten wir z. B. in einer Atmosphäre von Phosphordampf oder von Wasserstoffgas, so würden wir gerade diejenigen Elemente, denen wir jetzt den Namen: „nicht brennbare Elemente“ geben, „brennbare“ nennen und umgekehrt. — Das Chlor z. B. nennen wir einen nicht brennbaren Körper, weil es, als ein dem Sauerstoff sehr ähnlicher Körper, wenig Neigung zeigt, sich mit demselben zu verbinden, und wirklich nicht fähig ist, sich *direct* mit dem Sauerstoff des in der atmosphärischen Luft enthaltenen Sauerstoff-

erstoffgas zu verbinden. Wäre dagegen die Atmosphäre aus Phosphordampf gebildet, so würde jede Blase von Chlorgas, welche damit in Berührung käme, sogleich, selbst ohne Einwirkung äusserer Wärme, sich entzünden und eine Verbindung von Chlor und Phosphor gebildet werden. Dasselbe würde der Fall seyn, wenn eine Atmosphäre von Wasserstoffgas den festen Erdkörper umgeben würde: jede Blase von Chlorgas, die mit einer solchen Wasserstoffgas-Atmosphäre in Berührung träte, würde, bei gewöhnlichem Tageslicht langsam und ohne merkbare Licht- und Wärme-Entwicklung, unter Einwirkung des Sonnenlichts dagegen rasch, mit Explosion, unter Licht- und Wärme-Entwicklung mit dem Wasserstoff zu Chlorwasserstoff (salzsaurem Gas) sich verbinden, d. h. brennen. Der Sauerstoff selbst würde dann ein brennbares Element genannt werden, weil er in einer Atmosphäre von Phosphordampf oder von Wasserstoffgas bei erhöhter Temperatur sich entzünden und selbstständig fortbrennen würde. Wir nennen aber den Sauerstoff ein nicht brennbares Element; er ist sogar das einzige *absolut* nicht brennbare Element; denn der Begriff von Brennbarkeit bezieht sich ja auf den Sauerstoff, und brennbare Elemente werden solche genannt, welche sich direct mit dem Sauerstoff des Sauerstoffgases, unter mehr oder weniger merkbarer Licht- und Wärme-Entwicklung, zu neuen Körpern verbinden können, und es ist klar, dass sich der Sauerstoff mit sich selbst nicht zu einem neuen Körper verbinden kann. Wenn zu einer gegebenen Menge von Sauerstoff eine neue Menge Sauerstoff hinzukommt, so wird blos die Masse des Sauerstoffs vermehrt, es entsteht aber nichts Neues, es kann keine Licht- und Wärme-Entwicklung statt finden, die überhaupt, wie schon bemerkt wurde, nur dann in ausgezeichnetem Grade statt findet, wenn zwei ihren Eigenschaften nach sehr entgegengesetzte Körper durch ihre Verbindung mit einander diese Eigenschaften ausgleichen.

Die durch das Verhältniss der Brennbarkeit bedingten Verschiedenheiten der Elemente beziehen sich ebensowohl auf die metallischen, wie auf die nicht metallischen Elemente; es gibt nemlich nicht-metallische brennbare und nicht-

metallische, nicht-brennbare, so wie metallische brennbare und metallische, nicht-brennbare Elemente.

Die *nicht-metallischen, nicht-brennbaren Elemente* sind: 1) Sauerstoff, 2) Chlor, 3) Brom, 4) Iod, 5) Fluor, 6) Stickstoff.

Die *nicht-metallischen, brennbaren Elemente* sind: 1) Wasserstoff, 2) Kohlenstoff, 3) Bor, 4) Silicium, 5) Phosphor, 6) Schwefel, 7) Selen.

Der *Stickstoff* (Stickgas) bildet gewissermassen einen Uebergang von den nicht-metallischen nicht-brennbaren zu den nicht-metallischen brennbaren Elementen. Dieses Gas kann zwar nicht entzündet werden: lässt man aber elektrische Funken durch ein Gemeng von Stickgas und Sauerstoffgas schlagen, so erfolgt an der Stelle, wo der Funken durchschlägt, eine Verbindung des Stickstoffs mit dem Sauerstoff, aber es verbinden sich immer nur sehr kleine Mengen beider Körper auf einmal mit einander.

Von den *metallischen Elementen*, die wir hier nicht einzeln aufzählen, sind bei weitem die meisten brennbar; die nicht brennbaren Metalle, welche durch den Sauerstoff der Luft bei keiner Temperatur eine bleibende Aenderung erleiden, pflegt man mit dem Namen *edle Metalle* zu bezeichnen. Einige Metalle, wie z. B. das Quecksilber, sind nur bei einer gewissen, bestimmten, erhöhten Temperatur brennbar, d. h. mit dem Sauerstoff des Sauerstoffgases oder der Luft verbindbar, durch eine noch höhere Temperatur aber wird die Verbindung wieder zersetzt, und das Metall kommt mit seinen ursprünglichen Eigenschaften zum Vorschein. Solche Metalle bilden eine Art von Uebergang von den brennbaren zu den nicht brennbaren Metallen.

Es konnte zwar hier zunächst blos von den brennbaren *Elementen* die Rede seyn; ich muss jedoch, um diesen wichtigen Gegenstand mehr mit den alltäglichen Erscheinungen in Verbindung zu bringen, noch Folgendes bemerken. In

dem gemeinen Leben werden von den brennbaren Elementen nur die Kohle und der Wasserstoff benützt, um durch ihre Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft, Wärme und Licht hervorzubringen und auf längere Zeit zu erhalten. Die Kohle wird sehr häufig in ziemlich reinem Zustand, namentlich als Holzkohle (die Steinkohlen sind im Allgemeinen eine weit unreinere Kohle), der Wasserstoff dagegen zu diesem Zweck nie rein angewendet. Am allerhäufigsten werden die Verbindungen von Kohle und Wasserstoff benützt, wie sie die organische Natur unmittelbar oder mittelbar hervorbringt, namentlich das Holz, der Weingeist, die fetten Oele des Pflanzenreichs, die fetten Substanzen des Thierreichs, das Wachs u. s. f. Alle diese Substanzen enthalten eine grosse Menge von Kohle und von Wasserstoff, sie enthalten aber ausserdem auch noch Sauerstoff; dieser Sauerstoffgehalt hindert jedoch nicht, sie als Brennmaterialien zu benützen, denn er reicht bei weitem nicht hin, die Kohle und den Wasserstoff zugleich zu sättigen, d. h. die Kohle in Kohlensäure und zugleich den Wasserstoff in Wasser zu verwandeln. Wenn daher eine solche Substanz an der Luft erhitzt wird, so nehmen die Kohle und der Wasserstoff derselben, zu der Sauerstoffmenge, welche sie bereits enthalten, unter Entwicklung von Licht und Wärme, noch so viel Sauerstoff aus der Luft auf, bis die Kohle in Kohlensäure, und der Wasserstoff in Wasser verwandelt ist, welche beide Körper keinen weiteren Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen vermögen und daher nicht mehr brennbar sind. — Andere brennbare Elemente, ausser dem Kohlenstoff und dem Wasserstoff, werden zwar nicht zu Hervorbringung von Licht und Wärme auf längere Zeit, wohl aber, wegen ihrer leichteren Entzündbarkeit, dazu benützt, um den Verbrennungsprocess schwieriger entzündbarer Körper einzuleiten, da, wie schon bemerkt wurde, die meisten brennbaren Körper die Beihülfe äusserer Wärme erfordern, um sich an der Luft zu entzün-

den. So werden namentlich Phosphor und Schwefel und das reine Wasserstoffgas selbst, welches in Berührung mit der Luft so leicht durch den elektrischen Funken entzündet wird, zu Feuerzeugen benützt.

Verbrannte Körper sind solche, welche die ganze Menge Sauerstoff aus der Luft mit sich verbunden haben, die sie aufzunehmen vermögen. So sind Wasser, Kohlensäure, verbrannte Körper; die auf der Oberfläche der Erde sich findenden Steinarten, wie Sandsteine, Feuersteine, Kalksteine, Thonarten, Granite, die durch Brennen des Lehms dargestellten Ziegelsteine u. s. f. sind lauter verbrannte Körper, die aus verschiedenen metallischen und nicht metallischen Elementen bestehen, mit so viel Sauerstoff verbunden, als sie mit sich zu verbinden vermögen. Alle diese Körper können daher nur durch von Aussen mitgetheilte Wärme erhitzt werden, nicht aber selbstständig brennen; wenn sie je durch die Einwirkung der Hitze eine Veränderung ihrer Natur erleiden, so wird diese nicht durch eine Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft, sondern gewöhnlich dadurch hervorgebracht, dass gewisse Bestandtheile verflüchtigt werden, oder andere, bereits fertig gebildete Bestandtheile eine innigere Verbindung mit einander eingehen. So wird z. B. aus den Kalksteinen durch Glühen Kohlensäure ausgetrieben, sie verwandeln sich in gebrannten Kalk, der Eigenschaften besitzt, welche von denen des ursprünglichen Kalksteins wesentlich verschieden sind; aber diese Verschiedenheit in den Eigenschaften rührt nicht von einer Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft, welche gar nicht statt findet und nicht statt finden kann, sondern blos vom Verlust der Kohlensäure her. Ebenso verdanken die Ziegelsteine die Eigenschaften, durch welche sie sich von dem Lehm, aus dem sie durch Brennen dargestellt werden, unterscheiden, namentlich ihre grössere Festigkeit und Härte nicht etwa beim Brennen aus der Luft aufgenommenem Sauerstoff, sondern dem Umstande, dass durch das Brennen theils der Wassergehalt des Lehms ausgetrieben, theils eine innigere Verbindung der

beiden verbrannten Körper, welche die wesentlichen Bestandtheile des Lehms sind, der Alaunerde und der Kieselsäure, bewirkt wird.

Körper, welche neben einem oder mehreren brennbaren Elementen eine gewisse Menge von Sauerstoff enthalten, die aber zur Sättigung der brennbaren Elemente nicht hinreicht, sind, wie schon bemerkt wurde, noch brennbar, und zwar um so brennbarer, je geringer die Menge des Sauerstoffs ist, welche sie bereits enthalten. Hieher gehören namentlich alle zusammengesetzte brennbare Körper, wie sie die organische Natur hervorbringt, und die gewöhnlich zwei brennbare Elemente, Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten; hieher gehören ferner Zusammensetzungen, die nur ein brennbares Element enthalten, das weniger Sauerstoff mit sich verbunden hat, als es mit sich verbinden kann, und daher häufig aus der Luft noch eine weitere Menge von Sauerstoff, unter Licht- und Wärme-Entwicklung aufzunehmen vermag; so lässt sich das Kohlenoxydgas, eine Verbindung von Kohle und Sauerstoff, an der Luft entzünden und brennt selbstständig fort, bis es durch Aufnahme einer weiteren Menge von Sauerstoff in kohlensaures Gas verwandelt ist.

Die brennbaren Körper, seyen es nun brennbare Elemente, oder zusammengesetzte brennbare Körper, zeigen eine auffallende Verschiedenheit beim Brennen: einige brennen nemlich mit Flamme, andere ohne Flamme. *Mit* Flamme brennen solche, welche entweder an sich gasförmig sind, oder durch die Einwirkung der Hitze zuerst in Gas verwandelt werden; *ohne* Flamme brennen solche, welche durch Hitze nicht in Gas verwandelt werden können. So brennen Wasserstoffgas, Phosphor, Schwefel, Alkohol, Zink u. s. f. mit Flamme, indem der zuerst genannte dieser Körper an sich gasförmig ist, die übrigen durch Hitze leicht in Gas verwandelt werden; die Kohle dagegen, das Eisen u. s. f., welche für sich durch Hitze nicht in Gas verwandelt werden können, brennen ohne Flamme. Bei dem Brennen des Holzes an der Luft bemerkt man, dass es Anfangs mit Flamme, zuletzt ohne Flamme brennt. Das Holz enthält nem-

lich eine grosse Menge von Kohle, neben Wasserstoff und Sauerstoff. Die Hitze bewirkt eine Zersetzung des Holzes: ein Theil der für sich ganz feuerbeständigen Kohle verbindet sich mit Wasserstoff, ein anderer Theil mit Sauerstoff, oder mit Wasserstoff und Sauerstoff zugleich, zu gasförmigen Körpern (Kohlenwasserstoffgas und Kohlenoxydgas), welche brennbar sind, und in Berührung mit der Luft mit Flamme brennen. Sind auf diese Weise der Wasserstoff und Sauerstoff des Holzes, in Verbindung mit einem Theil seiner Kohle in Gas verwandelt, und zu Wasser und Kohlen-säure verbrannt, so brennt die rückständige Kohle, welche nun keinen Körper mehr vorfindet, mit dem sie eine gasförmige brennbare Verbindung eingehen kann, ohne Flamme. — Der leuchtende Theil einer Flamme ist nicht der erhitzte gasförmige brennbare Körper selbst, sondern vielmehr der durch die Verbindung des brennbaren Körpers mit Sauerstoff gebildete Körper, welcher durch die bei der Verbindung entwickelte Wärme glühend geworden ist: bei dem Brennen des Wasserstoffgases ist es der glühende Wasserdampf, bei dem Brennen des Phosphordampfes die glühende Phosphorsäure, denn die Hitze entwickelt sich an der Stelle, wo die Verbindung des brennbaren Körpers mit dem Sauerstoff vor sich gegangen ist, es wird also zunächst die gebildete Verbindung selbst erhitzt. Der innere Theil einer Flamme ist daher dunkel, weil das brennbare Gas dort keine Verbindung mit dem Sauerstoff eingeht, und weil es auch nicht durch den glühenden Mantel, von welchem es umgeben ist, schnell genug erhitzt werden kann, indem beständig wenig erhitztes brennbares Gas nachströmt, welches das erstere nach aufwärts drückt, um an der Spitze der Flamme zu verbrennen. Zündet man aber ein zuvor gemachtes Gemenge von Sauerstoffgas und einem brennbaren Gas an, so ist die gebildete Flamme durch und durch glühend, weil in diesem Fall die Verbindung des brennbaren Gases mit dem Sauerstoffgas an jeder Stelle der Flamme vor sich geht. — Ein fester Körper dagegen, z. B. Kohle, wird dadurch, dass die bei dem Ver-

brennen eines Theils desselben entwickelte Hitze sich nach und nach dem ganzen Körper mittheilt, seiner ganzen Masse nach glühend.

Die Helligkeit einer Flamme steht in keinem Verhältniss zu der Hitze, welche sie entwickelt; brennendes Wasserstoffgas z. B. leuchtet nur schwach und entwickelt doch eine starke Hitze. Alle gasförmige Körper leuchten nur sehr schwach, wenn sie auch ausserordentlich stark erhitzt werden, während feste oder tropfbar-flüssige Körper schon bei ungefähr 600° rothglühend zu werden anfangen, und daher durch ihr Glühen eine grosse Helligkeit hervorbringen, ohne eine verhältnissmässig grosse Hitze zu erzeugen. — Desswegen leuchtet brennendes Wasserstoffgas so schwach, weil ein gasförmiger Körper, nemlich Wassergas, erhitzt wird. Brennender Phosphor dagegen leuchtet sehr stark, weil die gebildete Phosphorsäure nicht bis zu der Temperatur erhitzt wird, bei welcher sie gasförmig wird. Bringt man aber in die schwachleuchtende Flamme des Wasserstoffgases einen festen Körper, z. B. feinen Platindraht, so wird die Flamme dadurch, dass dieser Körper in den weissglühenden Zustand versetzt wird, hell; ein Stückchen Kreide (kohlenaurer Kalk), das in die durch Sauerstoffgas angeblasene Wasserstoffgasflamme gebracht wird, gibt ein Licht von sich, das dem der Sonne gleich kommt. Eine Flamme, die wenig Hitze entwickelt, zeigt eine blaue Farbe; ein Licht, das man gerade anzündet, brennt daher mit blauer Flamme; kaltes Kohlenoxydgas, welches wenig Wärme bei seiner Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft entwickelt, wobei es kohlensaures Gas bildet, brennt mit blauer Flamme, wird es aber zuvor erhitzt und dann angezündet, so brennt es mit gelbrother Flamme. Jedes brennbare Gas, welches man bei seinem Austritt aus einer metallenen Röhre anzündet, brennt in der Nähe dieser Röhre mit blauer Flamme. — Aus dem Gesagten erklärt sich die Beschaffenheit einer gewöhnlichen Talg- Oel- oder Wachsflamme. Die Mitte einer solchen Flamme ist dunkel; dieser dunkle Theil ist von einem stark leuchtenden Mantel umgeben, und ganz nach Aussen zu bemerkt man eine schmale, wenig leuchtende Hülle. Die brennende Substanz, welche der Docht

zuführt, wird durch die beim Verbrennen erzeugte Hitze in Gas verwandelt, welches hauptsächlich aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht; nur am äussersten Rand der Flamme aber, wo das brennbare Gas mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung kommt, ist die Verbrennung vollständig, es wird kohlen-saures Gas und Wassergas gebildet, daher die wenig leuchtende Hülle; weiter nach Innen zu reicht das Sauerstoffgas der Luft nicht mehr zu, den Wasserstoff und die Kohle zugleich zu verbrennen, nur der Wasserstoff verbrennt und die Kohle scheidet sich als feste Kohle aus, kommt durch die durch die Verbindung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff erzeugte Hitze ins Weissglühen, ertheilt so der Flamme Helligkeit und verbrennt erst dann, wenn mehr Luft hinzutreten kann. Nach unten zu, wo die Flamme durch die zuströmende kalte Luft abgekühlt wird, zeigt sie eine blaue Farbe. Die stärkste Hitze zeigt die wenig leuchtende äusserste Hülle einer solchen Flamme, denn in dieser kommt ein feiner Eisendraht in sehr starkes Glühen, der in dem stark leuchtenden Mantel wenig, in dem innersten dunklen Raum aber gar nicht glüht. Dass die ausgeschiedene Kohle die Ursache der Helligkeit einer solchen Flamme ist, ersieht man auch daraus, dass wenn man einen kalten Körper, z. B. ein Eisenblech, in den stark leuchtenden Theil einer solchen Flamme hält, Kohle sich auf denselben absetzt, was nicht der Fall ist, wenn man ihn in eine wenig leuchtende Flamme, z. B. eine Weingeistflamme hält.

Die brennbaren Körper erfordern, wie schon bemerkt wurde, in der Regel eine gewisse höhere Temperatur, um zu brennen, d. h. um sich mit dem Sauerstoff der Luft zu verbinden. Der Grad der Temperatur, welcher zur Einleitung des Verbrennungsprocesses erfordert wird, ist nicht blos nach der verschiedenen chemischen Natur des brennbaren Körpers, sondern auch nach der verschiedenen mechanischen Vertheilung desselben, bei übrigens gleicher chemischer Beschaffenheit, ein verschiedener.

Stickoxydgas (eine chemische Verbindung von Stickstoff und Sauerstoff) verbindet sich mit dem Sauerstoffgas der Luft auch bei den niedersten Temperaturen zu salpetrigsaurem Dampf;

Phosphor verbrennt schon bei $+7^{\circ}$ an der Luft zu phosphoriger Säure; die meisten Körper aber erfordern eine höhere Temperatur, um zu brennen, und verlöschen daher, wenn sie unter diese Temperatur abgekühlt werden; so verlöscht glühende Kohle, wenn man sie auf ein kaltes Eisen legt. Alle Körper, welche zu dem Brennen nichts beitragen, entziehen durch ihre Berührung mit dem brennenden Körper demselben Wärme, und können daher, wenn dieser Verlust von Wärme bedeutend genug ist, bewirken, dass der brennende Körper verlöscht. Daher kommt es, dass mehrere brennende Körper in atmosphärischer Luft verlöschen, im Sauerstoffgas dagegen fortbrennen; Eisendraht z. B., den man in Sauerstoffgas bis zum Verbrennen erhitzt hat, und der in demselben fortfahren würde, zu brennen, verlöscht in atmosphärischer Luft, weil dem Stickgas derselben so viel von der durch die Verbindung der brennenden Eisentheilchen mit dem Sauerstoff der Luft erzeugten Wärme mitgetheilt wird, dass die diesen brennenden Eisentheilchen zunächst liegenden, noch nicht brennenden, nicht mehr genug Wärme erhalten, um sich mit dem Sauerstoff der Luft verbinden zu können; dasselbe ist bei Diamant und Graphit der Fall. — Daher wird Feuer durch Wasser gelöscht, weil das Wasser bei seiner Verwandlung in Dampf viel Wärme verschluckt und der gebildete Wasserdampf ebenfalls Wärme entzieht; daher lässt sich das Feuer eines brennenden Schornsteins durch Schwefel ersticken, den man auf dem Heerd verbrennen lässt, weil das der Luft beigemengte schweflige Gas einen grossen Theil der Wärme verschluckt. — Ganz auf gleiche Weise verhalten sich brennbare Gase, welche ebenfalls eine gewisse erhöhte Temperatur zum Brennen erfordern und verlöschen, wenn sie unter diese Temperatur abgekühlt werden. Wenn man daher ein Metallgeflecht durch eine Flamme hält, so geht die Flamme nicht durch, wenn sie durch das Geflecht hinreichend abgekühlt wird, und dieses wird um so leichter der Fall seyn, je höher die Temperatur ist, welche das brennbare Gas zu seinem Verbrennen erfordert, je geringer die Hitze ist, welche es selbst bei seinem Verbrennen entwickelt, je enger die Oeffnungen des Geflechtes sind und je dicker der Draht ist, aus welchem dasselbe gemacht ist; wenn man dagegen solche Metallgeflechte zuvor stark genug erhitzt, so gehen

alle Flammen durch dieselben hindurch. Durch ein solches Metallgeflechte aus Eisen - oder Kupfer - Draht von $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{3}$ Zoll im Durchmesser, welches auf einen Quadratzoll 400 Oeffnungen hat, lässt sich z. B. die Flamme eines Lichts, in welche es gehalten wird, abschneiden, indem oberhalb dem Geflechte die Flamme aufhört, sichtbar zu seyn, weil die brennbaren Gasarten durch dasselbe unter die Temperatur abgekühlt werden, bei welcher sie brennen können, und man kann auf diese Weise die Beschaffenheit einer Lichtflamme sehr gut erkennen, indem man von Oben herab durch das Geflechte in den abgeschnittenen Lichtkegel hineinsieht; man sieht so ganz deutlich, dass das Innere der Flamme hohl, d. h. mit nicht leuchtenden brennbaren Gasen erfüllt ist. Der Raum, den der durch das Geflechte unsichtbar gewordene Theil der Flamme eingenommen hatte, ist nun mit brennbaren nicht leuchtenden Dämpfen erfüllt, die man von Oben herab anzünden kann. Ebenso kann ein brennbares Gas, welches man aus einer Röhre ausströmen lässt, und vor welches man, in einiger Entfernung von der Röhre, ein solches Metallgeflechte hält, vor diesem Geflechte angezündet werden, es brennt aber nicht hinter demselben, d. h. zwischen der Röhre und dem Geflechte, weil das brennende Gas durch dieses letztere so stark abgekühlt wird, dass es dem zwischen der Röhre und dem Geflechte befindlichen Gas die zum Brennen erforderliche Temperatur nicht mehr mittheilen kann. — Wenn ein brennbares Gas mit Luft gemengt und dieses Gemenge angezündet wird, so erfolgt die Verbindung der brennbaren Bestandtheile des Gases mit dem Sauerstoff der Luft unter mehr oder weniger lebhafter Verpuffung, weil die entstandenen gasförmigen Verbindungen durch die durch die Verbindung erzeugte Hitze in glühenden Zustand versetzt, dadurch ausserordentlich stark ausgedehnt werden, aber eben so rasch vermöge der schnell eintretenden Abkühlung sich wieder zusammenziehen; bei grösseren Massen solcher angezündeten explodirenden Gasgemenge kann die Wirkung so heftig seyn, dass Menschen getödtet werden. Dieses kommt häufig in Steinkohlenbergwerken vor, wo sich aus den Ritzen der Steinkohlen ein solches brennbares Gas entwickelt, das durch Beimengung von einer gehörigen Menge atmosphärischer Luft explodirend werden kann, und wenn es durch die

Lampen der Arbeiter entzündet wurde, diese sehr oft todt geschlagen hat. Umgibt man nun die Flamme einer solchen Lampe von allen Seiten mit einem Drahtgeflechte von Eisen oder Kupfer, so dass die explodirende Luft der Grube nur durch das Geflechte hindurch mit der Flamme in Berührung kommen kann, so kann nur die Luft innerhalb des Drahtgeflechtes explodiren, was wegen der geringen Menge durchaus gefahrlos ist; denn das Metallgeflechte entzieht dem Gas, welches innerhalb desselben brennt, so viel Wärme, dass das ausserhalb des Geflechtes befindliche Gas nicht mehr die zu seinem Verbrennen erforderliche Temperatur erhalten, mithin das Gas der ganzen Grube nicht abbrennen kann. Eine solche mit einem Drahtgeflechte umgebene Lampe hat man daher eine *Sicherheitslampe* genannt. In der That wird die Gefahr einer Explosion durch solche Lampen mit völliger Sicherheit abgewendet, da ein solches in Steinkohlengruben vorkommende explosive Gasgemenge nie in hohem Grade entzündlich ist, und daher leicht so stark abgekühlt wird, dass es sich nicht entzünden kann. — Brennbare Gase können auch durch beigemengte gasförmige Körper so weit abgekühlt werden, dass sie nicht mehr zu brennen vermögen; daher verlöscht brennendes Wasserstoffgas in einem Gasgemenge aus Sauerstoffgas und Stickgas, in welchem die Menge des Stickgases im Verhältniss zu der des Sauerstoffgases viel grösser ist, als in der atmosphärischen Luft, weil dann das Stickgas zu viel Wärme verschluckt; daher lässt sich ein Gasgemenge aus Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, welches das eine oder das andere dieser beiden Gase in sehr grossem Ueberschuss enthält, nicht mehr entzünden. Verschiedene andere Gasarten, wie salzsaures Gas, Fluorsiliciumgas, bringen diese Wirkung schon hervor, wenn sie in weit geringerer Menge beigemengt werden.

Die verschiedene mechanische Vertheilung eines festen Körpers hat oft einen bedeutenden Einfluss auf den Grad der Temperatur, welcher zur Einleitung der Verbrennung erforderlich ist. Sehr auffallend ist dieses bei der Kohle in ihren verschiedenen Zuständen, als Diamant, Graphit, Holzkohle u. s. f. der Fall; die Kohle ist im Allgemeinen um so leichter entzündlich, je geringer ihr specifisches Gewicht, d. h. je poroser sie ist; die durch unterdrücktes Verbrennen von Leinwand erhalte-

ne Kohle ist so leicht entzündlich, dass man sich derselben wie des Schwammes zum Feueranmachen bedient. Metalle, wie Kobalt, Nickel, Eisen, die sonst sehr schwierig brennen, lassen sich in einem solchen Zustand mechanischer Vertheilung erhalten, dass sie bei der gewöhnlichen Temperatur an der Luft sich entzündend; wir werden später noch mehrere Fälle dieser Art kennen lernen.

Charakteristik der Elemente.

Die Wärme-Grade beziehen sich immer auf die 100theilige Thermometer - Skale, auf welcher der Raum zwischen dem Gefrierpunkt und Siedpunkt des Wassers in 100 gleiche Theile getheilt ist; das specif. Gewicht gasförmiger Körper bezieht sich immer auf die atmosphärische Luft, deren specif. Gewicht = 1 gesetzt wird; das specif. Gewicht tropfbar-flüssiger und fester Körper auf das Wasser, dessen specif. Gewicht = 1 gesetzt ist, wo noch überdiess, bei genaueren Bestimmungen, die Temperatur anzugeben wäre.

Wenn man bei permanent gasförmigen Elementen die Materie überhaupt bezeichnen will, so lässt man das Wort „Gas“ weg, ungeachtet diese Materie, nur zu Gas expandirt, in isolirtem Zustand dargestellt werden kann. So sagt man: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, wenn man die ponderabele Materie des Sauerstoffgases u. s. f. überhaupt bezeichnen will, welche nur zu Sauerstoffgas expandirt in isolirtem Zustand erhalten werden kann, wohl aber in chemischer Verbindung mit andern Elementen in tropfbar - flüssiger oder fester Form (Wasser, Quecksilberoxyd) erscheint. — Das Wort „Luft“ bedeutet atmosphärische Luft, wenn der Zusammenhang nicht auf eine allgemeinere Bedeutung hinweist.

I. Nicht - metallische Elemente.

A) Nicht - brennbare, nicht - metallische Elemente.

1) Sauerstoff (Sauerstoffgas, Oxygen, Lebensluft).

Permanentes Gas, farblos, durchsichtig, geschmacklos und geruchlos, nicht brennbar. Spec. Gew. = 1.1036. Brennende Körper brennen darinn mit viel grösserer Lebhaftigkeit als in der Luft, und entwickeln dabei viel Licht und