sten *sind* entweder leichter oder unbedeutend schwerer als Wasser, und sie sind so brennbar, daſs sie, bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft, Wasser zersetzen. Sie werden nach ihren schon längst bekannten Oxyden genannt, deren lateinische Namen man die Endigung des Neutrum gegeben hat. Sie sind: Kalium, Natrium, Lithium, Ammonium(?), Barium, Strontium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Beryllium, Yttrium, Zirconium, Thorium(?). Die zweite Abtheilung zerfällt wiederum in zwei Unterabtheilungen: 1) Elektronegative Metalle, d. h. solche, die in Verbindung mit Sauerstoff eine gröſsere Neigung haben Säuren zu bilden, als Salzbasen darzustellen. Diese sind: Selenium, Arsenik, Chromium, Molybdän, Wolfram, Antimon, Tellur, Tantal, Titan, Silicium, Osmium und Gold. 2) Elektropositive Metalle, welche mit dem Sauerstoff vorzugsweise Salzbasen bilden. Diese sind: Platin, Iridium, Rhodium, Palladium, Silber, Quecksilber, Kupfer, Wismuth, Zinn, Blei, Cadmium, Zink, Nickel, Kobalt, Eisen, Mangan, Cerium, Uran. Die Metalle in diesen beiden Unterabtheilungen sind alle mehr als 4mal schwerer wie das Wasser, sehr wenige unter ihnen werden bei gewöhnlicher Temperatur der Atmosphäre auf Kosten der Luft oder des Wassers oxydirt, und die Oxyde aller dieser Metalle (das des Silicium ausgenommen) lassen sich durch Kohlenpulver, bei einer hinreichend hohen Temperatur, metallisch wieder herstellen. Vom Kalium werden sie bei einer sehr gelinden Hitze reducirt.

Metalle und Sauerstoff.

Ich habe schon im ersten Theil angeführt, daſs brennbare Körper Sauerstoff in verschiedenen Verhältnissen aufnehmen, und ich habe dort die Begriffe von Oxyd und Oxydul, von Säure und unvollkommener Säure bestimmt. Die Metalle weichen sehr in Hinsicht ihrer

Verwandtschaft zum Sauerstoff von einander ab, sie nehmen sehr verschiedene Mengen davon auf und erfordern ungleiche Temperaturen, um damit verbunden werden zu können. Einige werden in der Luft sogleich oxydirt, sogar in strenger Kälte, wie z. B. Kalium und Mangan, andere noch ehe sie zu glühen anfangen, z. B. Blei, Zink und Zinn, und noch andere können gar nicht auf Kosten der Luft oxydirt werden, z. B. Gold, Silber und Platin. Dagegen lassen sich die Metalle, mit höchst wenigen Ausnahmen, auf nassem Wege durch Salpetersäure und durch Königswasser oxydiren. Einige oxydiren sich auf Kosten des Wassers, wenn sie mit einer Säure übergossen werden, z. B. Zink und Eisen. — Chromium, Tantalum, Rhodium und Iridium lassen sich auf nassem Wege nicht oxydiren, aber sie werden sehr leicht oxydirt, indem man sie mit Kalihydrat oder mit Salpeter erhitzt.

Die Oxyde einiger Metalle werden beim Glühen zerlegt, der Sauerstoff entweicht in Gasform, und das Metall bleibt rein zurück. Diese werden edle Metalle genannt, weil sie, bei der Bearbeitung im Feuer, keinen Abgang erleiden. Dahin gehören: Gold, Platin, Silber, Iridium. Andere werden bei einer gewissen Temperatur oxydirt, und geben bei einer noch höheren den Sauerstoff wieder von sich; solche sind: Palladium, Rhodium, Quecksilber, Nickel und Blei. Man giebt von den edlen Metallen an, dafs sie durch starke elektrische Schläge oxydirt werden können. Van Marum hat mit der Teylerschen Elektrisirmaschine solche Versuche gemacht. Er leitete sehr starke elektrische Schläge durch feine Dräthe von Platina, Gold, Silber u. m. a.; die Dräthe wurden zerschmettert und verflüchtigt. Den feinen Staub, worin das Metall nachher aus der Luft abgesetzt wurde, hat man als ein Oxyd angesehen. Obschon es nicht zu leugnen ist, dafs der feine Metallstaub, während des Erkaltens, eine für die Oxydation günstige Temperatur hat bekommen können, wodurch er in diesem Zustande der feinsten mechanischen Zertheilung in Oxyd hat umgewandelt werden können, so ereignen sich doch ganz

die nämlichen Erscheinungen, wenn das zerschmetterte Metall mit Wasserstoffgas umgeben ist. Gold und Platin haben übrigens eine so geringe Verwandtschaft zum Sauerstoff, dafs sie sich nicht einmal auf der positiven Seite in der elektrischen Säule oxydiren, wenn sie nicht zugleich mit einer salzsäurehaltigen Flüssigkeit umgeben werden.

Ein mit Sauerstoff verbundenes Metall hat sein metallisches Ansehen verloren, und ist in einen erdigen, weifsen oder zuweilen gefärbten Körper verwandelt worden. Es ähnelt in diesem Zustande einer Erde, und wurde deswegen von den Chemikern älterer Zeiten, mit einer Art von Vorgefühl der gleichartigen Zusammensetzung der Metalloxyde und der Erden, Metallkalk genannt.

Bei einigen Metallen kennen wir nur eine einzige Oxydationsstufe. Die meisten aber haben zwei, und einige haben mehrere. Bisweilen können sich alle Oxydationsstufen mit Säuren zu Salzen verbinden, z. B. die des Eisens und des Kupfers; oft hat nur die niedrigste Oxydationsstufe diese Eigenschaft, indem die höheren sich mit Basen verbinden können, z. B. bei Zinn und Antimon, und bisweilen haben alle Oxydationsstufen eines Metalls die Natur einer Säure, z. B. beim Arsenik.

Wenn ein Metalloxyd seines Sauerstoffs beraubt und metallisch wieder hergestellt wird, nennt man dieses Reduciren und die Operation Reduction. Dieses kann auf verschiedene Art geschehen. Die edlen Metalle werden reducirt, wenn ihre Oxyde zum Glühen erhitzt werden, wobei der Sauerstoff als Gas entweicht. Die Oxyde der unedlen Metalle im Gegentheil haben den Zusatz eines Körpers nöthig, welcher zum Sauerstoff eine gröfsere Verwandtschaft hat, als sie selbst besitzen. Das Metalloxyd wird darum mit Kohlenpulver vermischt, und einer so starken Hitze ausgesetzt, als das Metall zum Schmelzen nöthig hat. Die Kohle verbindet sich mit dem Sauerstoffe des Metalloxyds zu Kohlenoxydgas, welches in Gasform entweicht. Man macht diese Reduction gewöhnlich in hessischen Tiegeln, indem der eine Tiegel auf den andern umgekehrt gestellt wird, und die Zwischenräume

mit einer Mischung von gebranntem und ungebranntem feuerfesten Thon zugeklebt werden. Bisweilen setzt man in den Thontiegel eine passende Kohle, worin man für die Masse, welche man reduciren will, ein Loch hineingebohrt hat, welches Loch man, nach Eintragen des zu reducirenden Oxyds, mit einem Pfropfen von Kohle verschliefst. Bei anderen Gelegenheiten füttert man den Tiegel auf der inwendigen Seite mit einer sehr dicken Bekleidung eines Gemenges von Thon, Sand und Kohlenpulver aus; dieses wird Gestübeherd genannt. Ein wesentlicher Umstand ist hierbei ein Zusatz von Flufs, womit das Oxyd und das Kohlenpulver im Tiegel bedeckt wird. Man bedient sich zum Flufs eines reinen, metallfreien Glases, entweder allein oder mit Flufsspath vermischt. Borax kann ebenfalls angewandt werden. Diese Masse schmilzt gewöhnlich, noch ehe die Reduction angefangen hat, so dafs die neugebildeten kleinen Metalltheile davon umgeben und bedeckt werden. Durch die Bewegung, worin der Flufs durch entwickelte Gasarten während der Reduction versetzt wird, treffen sich die Metalltheile und werden zu einem gröfseren Korn gesammelt, welches vom flüssigen Glase gegen die Einwirkung der durch die Poren des Tiegels eindringenden Luft bedeckt wird. Ohne einen solchen Flufs würde man die Metallkörner zerstreut, und oft an der Oberfläche sehr angelaufen erhalten. Beim Herausbringen des Tiegels aus dem Feuer pflegt man ihn ein oder ein Paar mal gelinde anzustofsen, damit solche Metallkörner, die im Flusse zerstreut liegen möchten, sich sammeln können. Einige Metalle erfordern eine sehr starke Hitze, um reducirt und geschmolzen zu werden, und die meisten werden noch weit vor dem Schmelzen reducirt. Der erhaltene Metallklumpen wurde von den ältern Chemikern Regulus genannt, daher kam die Benennung regulinisch, welches metallisch bedeutet. Bei diesen Reductionen mit Kohlenpulver erhält man das Metall selten rein, sondern öfters mit Kohle, Silicium und, wenn man Borax angewandt hat, auch mit Boron vermischt. Um es so rein

wie es nur möglich ist, zu erhalten, muſs man nicht mehr Kohlenpulver zusetzen, als zur Reduction des Metalles gerade nöthig ist, oder etwas weniger. Wenn der Sauerstoffgehalt des Oxyds bekannt ist, wird der Zusatz von Kohle darnach bestimmt. 100 Theile Sauerstoff nehmen 75,33 Theile Kohle auf, um Kohlenoxydgas zu bilden. Dabei muſs man jedoch berücksichtigen, daſs bei der ersten Einwirkung der Hitze eine Portion Kohlensäure erzeugt wird, und daſs die Metalle, welche zum Sauerstoff eine geringe Verwandtschaft haben, viel kohlensaures Gas geben. Sie bedürfen daher weniger Kohle, um reducirt zu werden. Die Reduction geschieht gewöhnlich in einem dazu eingerichteten Ofen, Esse genannt, und die Hitze wird durch einen Blasebalg verstärkt. Holzkohlen geben weniger Hitze als Steinkohlen, und die stärkste Hitze wird durch geröstete Steinkohlen (Coaks) in einer Esse hervorgebracht, wo die Ableitungsröhre des Blasebalgs sich in vier kleinere Röhren theilt, wovon eine auf jeder Seite des Ofens eindringt. Sie fordert Tiegel von sehr feuerfestem Thon, weil die hessischen Tiegel gewöhnlich darin sehr bald schmelzen.

Statt Kohle kann man sich bei der Reduction eines anderen Metalles bedienen, das eine gröſsere Verwandtschaft zum Sauerstoff, als das zu reducirende Metall, hat; das letzte bekommt aber dabei immer eine Zumischung vom ersteren. Man bedient sich zu solchen Reductionen am besten des Kaliums, und nimmt dieses nachher durch zugegossenes Wasser weg, welches das Kalium oxydirt und auflöst, wobei das reducirte Metall in porösem oder sogar pulverförmigem Zustande zurückbleibt.

Bisweilen geschieht es, daſs ein Metall, welches bei niedrigeren Temperaturen eine geringere Verwandtschaft zum Sauerstoff hat als ein anderes, dieses bei einer höheren Temperatur an Verwandtschaft übertrifft. Dieses ist der Fall, wenn jenes bei der höheren Temperatur flüchtig ist. Z. B. Eisenoxydul wird vom Kalium bei sehr geringer Wärme reducirt, Kalium wird im Gegentheil, bei der Schmelzhitze des Guſseisens, vom Eisen reducirt, wo-

bei das neugebildete Kalium verflüchtigt und metallisch sublimirt wird. Man bedient sich oft des Wasserstoffgases zur Reduction der Metalloxyde. Diese Art der Reduction geschieht sehr leicht, wenn das Metalloxyd in einer porzellanernen Röhre strenge erhitzt wird, während dafs man Wasserstoffgas durch eine, mit kleinen Stücken von geschmolzener salzsaurer Kalkerde gefüllte, Röhre hineinleitet. Das entgegengesetzte Ende der Porzellanröhre wird mit einem Korkstöpsel verschlossen, durch welchen eine enge Glasröhre dem Gase Ausgang verschafft. So lange sich in dieser Röhre Feuchtigkeit absetzt, ist das Oxyd noch nicht reducirt; aber sobald diese Röhre inwendig trocken wird, nimmt man das Feuer weg, und läfst das Wasserstoffgas durch die Röhre streichen, bis dafs alles kalt geworden ist. Auf diese Weise erhält man jedoch selten eine Hitze, die zum Schmelzen des Metalls hinreichend ist. Alle Metalle, welche zum Sauerstoff geringere Verwandtschaft haben als das Eisen, werden vom Wasserstoff reducirt; sogar das Eisenoxyd, aber nicht Zink, Cerium, Uran, Titan, Mangan, Tantal, Chrom, Molybdän und Wolfram.

Die meisten Metalle, welche von Wasserstoff reducirt werden, lassen sich auch dadurch herstellen, dafs ihr oxalsaures Salz der trocknen Destillation ausgesetzt wird, wobei man kohlensaures Gas mit oder ohne Wasserdämpfe erhält, und das Metall bleibt in Pulverform zurück.

Auch ohne Einwirkung des Feuers können die Metalloxyde auf verschiedene Art reducirt werden. Z. B. wenn man in eine Auflösung eines Metallsalzes ein anderes Metall hineinlegt, welches zum Sauerstoff eine gröfsere Verwandtschaft hat als das aufgelöste, so scheidet sich dieses metallisch aus. Ein geringer Ueberschufs von Säure beschleunigt in hohem Grade diese Operation. Diejenigen Metalle, welche zum Sauerstoff eine gröfsere Verwandtschaft haben als der Wasserstoff, können jedoch nicht anders auf diese Weise reducirt werden, als durch Zusatz von Kalium oder Natrium. Wir bedienen uns gewöhnlich des Eisens oder des Zinks als Reductionsmittel, weil diese

diese unter den gewöhnlicheren Metallen die stärkste Verwandtschaft zum Sauerstoff und zu den Säuren haben; doch können die Metalle überhaupt sich einander so reduciren, wie es folgende Reihe zeigt, in welcher jedes Glied von dem folgenden reducirt wird: Gold, Silber, Quecksilber, Wismuth, Kupfer, Zinn, Zink.

Die meisten von den edlen Metallen werden von den Oxydulsalzen des Eisens und des Zinns dadurch reducirt, dafs das Oxydul sich mit dem Sauerstoff und der Säure des edlen Metalls zu einem Oxydsalz verbindet, wodurch das reducirte Metall in Pulverform niedergeschlagen wird. Die Oxydulsalze des Eisens haben vor den Oxydulsalzen des Zinns den Vorzug, dafs das neugebildete Eisenoxyd in der Säure, womit das ausgeschiedene Metall verbunden war, aufgelöst zurückbleibt; der Niederschlag ist also reines Metall, wogegen das Zinnoxyd, welches in den Säuren schwerauflöslich ist, oft zugleich mit dem reducirten Metall niedergeschlagen wird. Metalle, welche aus ihren Auflösungen in Säuren nur schwer sich reduciren lassen, werden oft sehr leicht aus ihren Auflösungen in Alkalien wieder hergestellt, z. B. Wolfram und Zinn.

Wenn ein Metall auf ein anderes niedergeschlagen wird, bekleidet sich das reducirende mit einer dünnen Schicht des reducirten, und in demselben Augenblick fängt ein elektrischer Prozefs zwischen beiden an, bei welchem das reducirende Metall fortwährend positiv und das reducirte negativ elektrisch ist. Dieses häuft sich jetzt auf dem vorher abgesetzten immer mehr an, entweder in losen Flocken oder in dendritischen Krystallgruppen, während dafs jenes auf anderen Punkten aufgelöst wird. Dieses hat in den letztern Zeiten die Frage erweckt: ob die chemischen Verwandtschaften und die Elektricität nicht identisch wären, um so mehr, da man bei näherer Untersuchung bemerkt hat, dafs die chemischen Verwandtschaften niemals in Thätigkeit kommen, ohne dafs das Gleichgewicht der Elektricität gestört wird. Ich habe schon an-

geführt, daſs die Entladung der elektrischen Säule eine reducirende Kraft auf die in Wasser aufgelösten Körper, durch welche die Entladung vor sich geht, ausübt, und wir benutzen sehr oft diese Kraft zur Wiederherstellung der Metalle. Wir kennen noch keine Verwandtschaft, welche von der Elektricität nicht aufgehoben wird, obgleich höhere Verwandtschaftsstufen höhere Wirkungen der Elektricität erfordern. Je gröſsere Verwandtschaft zum Sauerstoff ein Körper hat, je mehr muſs seine Auflösung concentrirt sein, denn sonst verliert sich die Heftigkeit der elektrischen Entladung durch die Zerlegung des anwesenden Wassers. So z. B. wird befeuchtetes Kali von der Elektricität zersetzt, nicht aber seine verdünnte Auflösung. Thonerde, Kieselerde, Ceriumoxyd u. m. a. können von der elektrischen Säule nicht reducirt werden, weil sie im Wasser völlig unauflöslich sind, und wenn sie in Säuren oder in ein Alkali aufgelöst werden, übt die Säule ihre Kraft auf die Lösungsmittel und auf die salzige Verbindung aus. Je weniger ein Körper in Wasser auflöslich ist, wie z. B. die alkalischen Erden, je gröſsere Intensität muſs die elektrische Entladung haben (d. h. je gröſser muſs die Anzahl der einzelnen Paare in der elektrischen Säule sein), weil sie nur mit einem Ueberschusse dessen, was zur Zersetzung des Wassers angewandt wird, auf die aufgelösten Körper einwirkt. Die meisten der eigentlichen Metalle werden sehr leicht reducirt, auch von schwachen elektrischen Säulen, und das reducirte Metall schieſst in Krystallen an, die um so regelmäſsiger werden, je langsamer die Reduction geschieht.

Endlich werden auch mehrere unter den edlen Metallen vom Sonnenlichte reducirt. In einem gläsernen Gefäſse, welches eine neutrale Goldauflösung enthält und gegen das Sonnenlicht gestellt wird, bekleidet sowohl die Oberfläche als seine dem Lichte zugekehrte Seite inwendig sich mit einer Haut von Gold, die allmählig an Dicke zunimmt. Ich habe schon im 1sten Theil von dieser Eigenschaft des Lichtes gesprochen, und dabei die Muthmaſsung angeführt, daſs sie von einer elektrischen Wir-

kung abhängen kann, indem Elektricität und Licht sich überall zusammen zeigen.

Wenn die Metalle oxydirt werden, verbinden sie sich mehr oder weniger innig mit dem Sauerstoff, wodurch eine mehr oder weniger erhöhte Temperatur erregt wird. Je geringer die Verwandtschaft eines Körpers zum Sauerstoff ist, je weniger Wärmestoff wird dann bei ihrer Verbindung ausgeschieden, so dafs wenn ein anderer Körper, zufolge einer gröfseren Verwandtschaft, den Sauerstoff davon wegnimmt, noch ein Theil Wärmestoff davon auszuscheiden übrig bleibt. Der Stickstoff hat zum Sauerstoff beinahe die geringste Verwandtschaft, und nimmt ihn fast mit seinem ganzen Gehalt an Wärmestoff auf, defswegen verbrennen alle Körper auf Kosten des schmelzenden Salpeters mit derselben Entwickelung von Wärme wie im Sauerstoffgas. Kalium im Gegentheil hat die gröfste Verwandtschaft zum Sauerstoff und es oxydirt sich daher auf Kosten der meisten oxydirten Körper, unter Entwickelung von Wärme, welche bisweilen die lebhaftesten Verbrennungserscheinungen hervorbringt. Die Sauerstoffmenge, welche das Oxydul eines Metalls in Oxyd verwandelt, hat gewöhnlich nicht dieselbe Menge Wärmestoff verloren, als der im Oxydul enthaltene Sauerstoff. Daher wird Kalium mit Feuererscheinung, auf Kosten z. B. von Eisenoxyd und Manganoxyd, in Kali verwandelt, da es hingegen, ohne in Glühung zu gerathen, Eisen- und Manganoxydul herstellt.

Die ungleich starke Verwandtschaft, womit die Metalle die verschiedenen Antheile Sauerstoff binden, welche ihre verschiedenen Oxydationsstufen ausmachen, ist bis jetzt nicht näher bestimmt. So viel ist doch aus der Erfahrung bekannt, dafs weder in dem Minimum, noch in dem Maximum von Sauerstoffgehalt die stärkste chemische Verwandtschaft zwischen den Bestandtheilen obwaltet. Die sogenannten Suboxyde zerlegen sich gewöhnlich durch sehr geringe Veranlassungen in reducirtes Metall und in eine höhere Oxydationsstufe. Die Superoxyde, so wie auch einige unter den Oxyden, zerlegen sich gleichfalls

leicht in Sauerstoff und in niedrigere Oxydationsstufen. Die größte Verwandtschaft steht also irgendwo in der Mitte.

Man hat allgemein angenommen, daſs die Ausdrücke verbrannter und oxydirter Körper von gleicher Bedeutung wären. Da aber ein Körper oxydirt sein kann, ohne daſs eine Feuererscheinung dabei statt gehabt hat, und er auf der andern Seite der Einwirkung des Feuers hat unterworfen sein können, ohne oxydirt zu sein, und da Körper, wie es nun allgemein anerkannt ist, unter gleichen Feuererscheinungen, wie im Sauerstoffgas, sich mit andern Stoffen verbinden können, so müssen wir diese beiden Benennungen nicht verwechseln, um so mehr, da wir uns täglich des Worts Verbrennung bedienen, um auch die Zerstörung von Vegetabilien im Feuer anzudeuten, welches ein sehr zusammengesetzter Prozeſs ist.

Da die Oxydation der Metalle die erste Erscheinung war, welche eigentlich die verbesserte Lehre von der Verbrennung erzeugte, so werde ich hier eine kurze Uebersicht der vorzüglichsten Veränderungen geben, die sich mit dieser Lehre ereignet haben. Schon im Jahre 1630 machte Jean Rey, Arzt aus Perigord in Frankreich, die Beobachtung, daſs die Metalle Blei und Zinn, wenn sie calcinirt werden, an Schwere zunehmen, und er leitete dieses von absorbirter Luft her *). Der Engländer Robert Hooke gab nachher im Jahr 1665 in einem Buche, *Micrographia* genannt, folgende Erklärung von der Verbrennung: „Die Luft, worin wir leben, ist das Auflösungsmittel aller brennbaren Körper. Diese Auflösung (die Verbrennung) geschieht erst, nachdem der Körper erwärmt ist, und die Wirkung der Auflösung bringt die hohe Temperatur hervor, welche wir Feuer nennen. Die Auflösung des brennbaren Körpers geschieht durch einen inhärirenden Stoff, welcher der Luft beige-

*) *Essai sur la recherche de la cause, par laquelle l'étain et le plomb augmentent de poids, quand on les calcine. à Bazas* 1630.

mischt wird. Dieser Stoff ähnelt demjenigen, der im Salpeter fixirt ist, aber es ist nicht dieselbe Substanz. Ein Theil des brennenden Körpers wird in Luft verwandelt und verfliegt, aber ein anderer Theil verbindet sich mit der Luft und bildet ein Coagulum oder einen Niederschlag, wovon einige Theile so leicht sind, daſs sie von der Luft entführt werden, aber andere sind gröber und bleiben zurück.“ Man sieht, daſs Hooke von der Verbrennung gewöhnlicher Brennmaterialien gesprochen, und daſs er sich diese weit deutlicher vorgestellt hat, als viele es nach ihm gethan haben. Sein Landsmann und Zeitgenoſs, John Mayow, schrieb im Jahr 1674 *) über das vermehrte Gewicht des Bleies und des Antimons während der Oxydation. Auch er leitete es von einem mit diesen Metallen verbundenen Bestandtheil der Luft her, den er *Spiritus nitro-aëreus* nannte, und er glaubte, daſs es sich mit den übrigen Metallen auf dieselbe Weise verhielt. Seine Ideen waren übrigens verworren und mystisch. Robert Boyle suchte zu gleicher Zeit zu beweisen, daſs die vermehrte Schwere von fixirtem Feuer herrührte, welches sich mit dem verbrannten Körper verbunden hatte **). Ums Jahr 1700 fing Becher, ein deutscher Chemiker, an, die Erscheinung des Verbrennens von einer entweichenden flüchtigen Erde, oder einem Schwefel, herzuleiten. Er nannte sie *Terra secunda, inflammabilis, pingues, sulphurea*, und nahm an, daſs sie sich in allen brennbaren Körpern finden sollte ***). Sein Schüler Georg Ernst Stahl entwickelte noch mehr diese Idee, nannte diesen Stoff Phlogiston (Brennbares), und indem er das vermehrte Gewicht der verbrannten Körper übersah, welches der Hauptgegenstand der Untersuchungen der englischen Naturforscher gewesen war, erklärte er alle Körper als zusammengesetzt aus Phlogiston und einem

*) *Tractatus quinque medico-phisici. Oxon.* 1669 *et* 1674.

**) *Boyle's Works. Vol. III. pag.* 40.

***) *Becher's Phisica subterranea. Lips.* 1703.

eigenen unverbrennlichen Radikal. So z. B. bestand nach ihm Schwefel aus Phlogiston und Schwefelsäure, und Eisen aus Phlogiston mit Eisenoxyd. Die Erscheinung des Feuers besteht, nach dieser Theorie, im Entweichen des Phlogistons, worauf das unverbrennliche Radikal zurückbleibt. Die Reduction eines Metalloxyds von einem andern Metall, oder von einem brennbaren Körper, geschieht durch das Uebergehen des Phlogistons vom reducirenden zum reducirten Körper. Daher kamen die Benennungen der ältern Chemiker, phlogisticiren und dephlogisticiren. Dieses bedeutete oxydiren und jenes reduciren. Stahl sah übrigens Phlogiston als eine Erde an, und glaubte, dafs es Schwere hätte *). Durch diese Hypothese liefsen sich jetzt die Erscheinungen bei der Verbrennung mit einiger Wahrscheinlichkeit erklären, und Stahl wurde der Schöpfer einer chemischen Theorie, die sich etwas über ein halbes Jahrhundert erhielt, und welche, bei ihrem Fall, in den besten Chemikern des Zeitalters eifrige Vertheidiger fand. Diese Theorie erlitt jedoch mehrere Einschränkungen, und man sah Phlogiston zuletzt sogar als den Grundstoff des Feuers an. Einer von den ältern Chemikern Schwedens, J. G. Wallerius, suchte diesen Satz zu vertheidigen **). Macquer sah Phlogiston als mit der Materie des Lichts identisch an, weil Salpetersäure, Goldoxyd und Silberoxyd vom Sonnenlichte reducirt werden ***). Sie erlitt aufserdem viele sogar ungereimte Veränderungen, welche nicht verdienen angeführt zu werden. Während dafs sich diese Theorie über ganz Europa verbreitete und der Chemie eine wissenschaftliche Richtung gab, gründete ein schottischer Chemiker, Joseph Black, neue Ansichten durch die

---

*) *Stahl's Chymia rationalis*, oder gründliche Einleitung zur Chemie. Leipzig 1720.

**) *De materiali differentia luminis et ignis. in Disp. Acad. Fasc.* 1. *N. VIII. Holmiae et Lipsiae* 1780.

***) Macquers chem. Wörterbuch, 1. Aufl. 2. Th. S. 354. und 3. Th. S. 77. u. f.

tiefsinnigsten Forschungen über die Wärme. Er hatte schon im Anfange des Jahrs 1750 die Kohlensäure entdeckt und den Unterschied zwischen ätzenden und milden Alkalien (wie man zu der Zeit die kohlensauren nannte) gezeigt. Seine Versuche hatten ihn ebenfalls auf die Forschung nach der Ursache der verschiedenen Aggregationsformen der Körper geführt. Er entwickelte dabei die Lehre vom Wärmestoff im freien und gebundenen Zustande, die ich schon im ersten Theil angeführt habe, und welche fast gänzlich sein Werk ist. Schon im Jahr 1763 las Black seine merkwürdige Arbeit in einer Gesellschaft von Gelehrten vor, und seine Lehre wurde mit jedem Jahre durch seine und Watt's gemeinschaftliche Arbeiten vermehrt und bestätigt. Black's Versuche hatten gezeigt, wie ein Gas, welches condensirt wird, Wärme entwickelt, und er hatte also eine der Wahrheiten, welche zur nachherigen Erklärung der Verbrennung nöthig war, an den Tag gelegt. Sein stiller und bescheidener Charakter hielt ihn in einem beschränkteren Wirkungskreise. Seine Entdeckungen wurden meistens in seinen Vorlesungen und im Umgange mit den Gelehrten, die ihn besuchten, mitgetheilt und also sehr spät allgemein bekannt. Dieses geschah meistens dadurch, dafs die Zuhörer seine Vorlesungen nachschrieben, und Abschriften dieser Hefte in den meisten Ländern sehr theuer verkauft wurden. Dieser Umstand führte viele sonst sehr verdiente Gelehrte in Versuchung, sich aus diesen Handschriften Blacks Entdeckungen zuzueignen, was auch einige Zeit hindurch gelang *). Der Engländer Crawford hatte eine Menge sehr interessanter Versuche angestellt über die verschiedene specifische Wärme der Körper, und er glaubte durch diese Versuche ausgemittelt zu haben, dafs die Verbrennung in einer Verbindung des Phlogistons mit der Luft bestehe, wobei die eigenthümliche Wärme der letz-

*) Dr. Joseph Blacks Vorlesungen über die Grundlehren der Chemie, herausgegeben von Dr. Joh. Robison. Uebersetzt von L. v. Crell. Hamburg 1804.

tern vermindert werden sollte. Sie mufste dann eine gröfsere oder geringere Menge Wärme losmachen, je nachdem der brennende Körper mehr oder weniger Phlogiston mitzutheilen hatte *). Schon im Jahre 1774 hatte Bayen, ein französischer Chemiker, die Bemerkung gemacht, dafs Stahls Lehre nicht auf das Quecksilber angewandt werden könne, dessen Kalk ohne Zusatz von Phlogiston reducirt werde und dafs die Verkalkung des Quecksilbers nicht von einem Verlust an Phlogiston, sondern von seiner Verbindung mit der Luft herrühre, dessen Gewicht, zu dem des Quecksilbers gelegt, die Gewichtsvermehrung verursache, welche das Metall während der Verkalkung erhielt **). Bayen's Versuche lenkten die Aufmerksamkeit Lavoisier's auf diesen Gegenstand, und schon in demselben Jahre stellte dieser seine ersten Versuche an, um die Einsaugung der Luft während der Verkalkung zu beweisen. Er liefs Zinn in einem grofsen und luftdicht verschlossenen gläsernen Kolben schmelzen, dessen Gewicht, so wie das des Zinns, er vorher genau bestimmt hatte. Nachdem das Zinn nach drei Stunden sich mit einer dicken Haut von Zinnasche überzogen hatte, liefs er den Apparat abkühlen und wog ihn. Er hatte ganz das nämliche Gewicht wie vorher; aber als er geöffnet wurde, drang die Luft hinein und der Kolben wurde dadurch 10 Gran schwerer als vorher. Ungefähr um dieselbe Zeit hatten Priestlei in England und Scheele in Schweden das Sauerstoffgas entdeckt. Scheele zeigte in einer Reihe von vortrefflichen Versuchen die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft, und zeigte die Verschiedenheit des Stickstoffgases, des Sauerstoffgases und des kohlensauren Gases. Er nannte das erste *Aër mephiticus*, das zweite *Aër vitalis* und das letzte *Acidum aëreum*. Im Jahr 1777 gab er in Leipzig in deutscher Sprache seine vortreffliche Abhandlung vom

*) *Adair Crawford's Experiments and Observations on animal heat etc. London* 1788.

**) *Rozier's Journal de Physique.* 1774. *p.* 288. 295.

Feuer und der Luft heraus, worin seine Versuche sämmtlich beschrieben waren. Er wagte darin auch eine Theorie von der Verbrennung aufzustellen. Er hatte durch Versuche gezeigt, dafs Phosphor, welcher in Sauerstoffgas verbrennt, dieses Gas vollkommen aufnimmt, so dafs das Gefäfs, worin die Verbrennung geschah, luftleer geworden ist, und, unter Wasser geöffnet, sich damit anfüllt. Da also das Gas verschwunden war, so glaubte Scheele, dafs es sich mit Phlogiston verbunden hatte und in der Form von Licht und Wärme entwichen war, und er nahm an, dafs die Erscheinung des Feuers eine Verbindung von Phlogiston mit Sauerstoffgas war, welches mit mehr Phlogiston Licht gab und mit weniger Wärme erzeugte. Aber bei allen diesen Versuchen hatte Scheele den gebrannten Körper zu wiegen vernachlässigt. Wäre das nicht der Fall gewesen, so wäre Scheele gewifs der Urheber der Oxydationstheorie geworden. In demselben Jahre bewies Lavoisier, dafs die Verbrennung in einem Einsaugen von Sauerstoffgas bestehe, und dafs der Körper nach der Verbrennung so viel mehr wiege, als das verzehrte Sauerstoffgas an Gewicht betrug *). Im folgenden Jahr zeigte er, dafs der Sauerstoff ein Bestandtheil aller Säuren war, wefswegen er ihn Oxygène (d. h. Säureerzeuger) nannte. Danach veränderte er nun die Benennungen: Feuerluft, Lebensluft in Gas Oxygène (Sauerstoffgas). Lavoisier's weit umfassender Geist gab der Chemie eine ganz neue Wendung. 1789 gab er seinen *Traité élémentaire de Chimie* heraus, worin die neue Lehre in ihrem ganzen vortrefflichen Zusammenhange dargestellt wurde. Durch diese veränderten und berichtigten Begriffe fing man an, das Bedürfnifs einer besseren Nomenclatur lebhafter zu empfinden, wozu Bergman schon einen guten Anfang gemacht hatte. Guyton de Morveau ersann defswegen neue passende Namen für die meisten Körper

*) *Mémoire sur la Combustion en général, par A. L. Lavoisier*, in den *Mém. de l'acad. de sciences de Paris.* 1777. *p.* 592 *u. f.*

und suchte so oft es möglich war mit dem Namen die Zusammensetzung des Körpers anzugeben. Einige unter Lavoisier's Landsleuten verbreiteten die neue Lehre mit einem bisweilen übermüthigen Ton, welcher ältere verdiente Chemiker nicht selten beleidigte. Sie schienen mit der neuen Nomenclatur die Arbeit aller andern gänzlich verdunkeln zu wollen, und durch die neue Benennung sich jede vorher gemachte Entdeckung anzueignen. Lavoisier's Lehre wurde defswegen, aller seiner Klarheit und seiner überzeugenden Beweise ungeachtet, sehr langsam angenommen, und gewann nur spät den Beifall der älteren und angesehensten Chemiker. Lavoisier selbst trug die Chemie auf eine höchst interessante und deutliche Art vor, aber er beging in seinem *Traité élémentaire* den Fehler, die Verdienste seiner Vorgänger oft zu verschweigen, und schien durch die neuen Erklärungen ihre Entdeckungen zu seinen eigenen machen zu wollen. So z. B. vermifst man in der Lehre von dem Wärmestoff den Namen des verdienten Black's, obgleich dieser schon 20 Jahre vorher diesen Gegenstand bearbeitet hatte, und obgleich Lavoisier in seinen Briefen an Black den hohen Werth, den er auf Black's Verdienst setzte, nicht verschwieg. Ich führe dieses nicht in der Absicht an, um Lavoisier in ein weniger vortheilhaftes Licht zu stellen, sondern um die Ursache zu zeigen, welche mehrere Chemiker, besonders Engländer, bewog, Lavoisier, durch die ungereimtesten Beschuldigungen, alles Verdienst zu rauben, indem sie ihn als einen Plagiator darstellten, welcher für Geld die Entdeckungen seiner ärmeren Landsleute an sich kaufte. Lavoisier's ächtes Verdienst zeigte sich nach seinem Tode auf eine ganz unverkennliche Art. Er starb am 8. Mai 1794, ein Opfer der Revolutionswuth. Während dafs man in seinen Arbeiten ein unaufhörliches Streben nach neuen Wahrheiten, ein unwiderstehliches Verlangen, mit Bestimmtheit zu wissen, und einen das Ganze umfassenden Blick wahrnahm, verwandelte sich dieses, in den Schriften seiner Nachfolger, in ein sektisches, das Bestreben einer Sekte, alles nach der neuen

Ansicht zu erklären, oft ohne Muth oder Vermögen dasjenige näher zu untersuchen, was nicht damit übereinstimmen zu wollen schien. Lavoisier's Theorie, die jetzt den Namen der antiphlogistischen Chemie erhielt, und die in den Händen ihres Urhebers so viel Licht über die chemischen Prozesse verbreitete, wurde von seinen Nachfolgern mit vielen Irrungen, mit unrichtig wahrgenommenen, aber in die Form der Theorie eingezwungenen Beobachtungen und mit einer Menge scheinbaren Erklärungen von Gegenständen, die wir noch nicht recht verstehen, eingeflochten, und dadurch wurde dem Leser ihrer Schriften eine Art theoretischer Ueberzeugung und Sicherheit beigebracht, die in der Wissenschaft selbst viel Unheil verursachte, und die bei der Anwendung der Chemie auf Künste und Gewerbe einen noch schädlichern Einfluſs äuſserte. Einer von den Umständen, weſswegen die Oxydationstheorie noch immer Gegner fand, war die Ungewiſsheit, wo der Lichtstoff bei der Verbrennung herkam. Einige schlugen dann einen Mittelweg ein, und, indem sie die Oxydationstheorie annahmen, betrachteten sie den Lichtstoff als ein Bestandtheil der brennbaren Körper, und gaben ihm den Namen Brennbares, welches bei der Verbrennung sich mit dem Wärmestoffe des Sauerstoffgases verbindet und als Feuer entweicht. Einige, die gar nicht die Oxydation annehmen wollten, erklärten, daſs das Phlogiston eine negative Schwere habe, d. h. sich vom Mittelpunkt der Erde zu entfernen strebe, wodurch es die Körper leichter machte, mit welchen es sich verbindet und sie mit ihrer ursprünglichen Schwere zurückläſst, wenn es wieder fortgeht. Wie man diese Erscheinungen nach den elektro-chemischen Ansichten erklärt, werde ich im dritten Theil auseinandersetzen.

Metalle und Schwefel.

Die Metalle verbinden sich leicht mit dem Schwefel. Der Prozeſs, welcher dabei Statt findet, ist dem der Oxydation sehr ähnlich. Ein mit Schwefel verbundenes Me-