

## Metalle; Verkalkung; Verbrennung.

Es hat besondere Schwierigkeiten, zu entwickeln, wie sich unsere heutigen Ansichten über die Metalle, die Verkalkung und die Verbrennung ausgebildet haben, welche irrigeren Meinungen vorhergehen und durchgearbeitet werden mußten, ehe sich die heutige Lehre consolidiren konnte. In diesem Abschnitte der Geschichte der Chemie tritt stärker als in irgend einem andern hervor, daß die Ausbildung einer Lehre fast nie in Einer Richtung stattfindet, daß die Aufklärung über einen Gegenstand nie von nur Einer Seite herkommt. In einer Berichterstattung kann man zu Einer Zeit immer nur Eine Richtung beschreiben, nach welcher die Ausbildung einer Ansicht vor sich geht; man kann zu Einer Zeit nur von Einer Erhellung sprechen, welche einer Ansicht zu Theil wird. In Wirklichkeit aber bildet sich eine theoretische Lehre, wenn auch oft zunächst nur einseitig aufgestellt, allseitig aus; sie kommt dadurch nach allen Seiten mit Gegenständen in Berührung, und die Wahrnehmungen, die sich da ergeben, modificiren die erste Theorie. In Wirklichkeit erhält eine jede einzelne theoretische Ansicht Licht von jedem Theile der Wissenschaft, der selbst heller wird, wenn auch die Ansicht zuerst nur in einer einseitigen Beleuchtung hingestellt wurde. Wird aber auch eine Ansicht gegen das Licht, welches ein anderer später aufgeklärter Gegenstand auf sie wirft und welches sie oft ganz anders als früher erscheinen läßt, noch so sorgfältig zu decken gesucht, so dringt dieses zuletzt doch durch, läßt die Mängel der Ansicht erblicken und giebt zu der Aufstellung einer neuen, die von jeder Seite beleuchtet genüge, Anlaß. Da aber die Geschichtschreibung zu Einer Zeit immer nur angeben kann, wie von Einer Seite Helligkeit sich verbreitete, da sie nachher zurückgehen muß, um nachzuholen, welches Licht indeß von einer andern Seite ausgestrahlt worden ist, so sind Sprünge in der Darstellung, öfteres Abbrechen und Wiederanknüpfen des Fadens der Berichterstattung über dieselbe Richtung, nicht zu vermeiden.

Eintreibung.

Einführung.

Ich muß diese Bemerkungen hier voranschicken, weil in diesem Abschnitte mehr, als in jedem andern, solche oft plötzliche Uebergänge von einem Gegenstande auf den andern nicht zu vermeiden sind. Die Lehre von der Verbrennung wird hauptsächlich an der Lehre von der Verkalkung der Metalle studirt; über diese kann nicht gesprochen werden, ohne die Constitution der Metalle mit in das Bereich der Betrachtung zu ziehen. Die Untersuchung dieses Gegenstandes steht wiederum in dem engsten Zusammenhange mit den Ansichten über die Definition der Metalle, ihre Eintheilung, Entstehung u. s. w. Die Betrachtung der Lehre von der Verbrennung und Verkalkung macht andererseits die Berücksichtigung der verschiedenartigen Vorstellungen über Feuermaterie und ihre Eigenschaften nothwendig; Alles, was die Luft bei der Verbrennung bewirkt, bleibt lange Zeit unbeachtet und wird dann plötzlich zu einem der wichtigsten Anhaltspunkte, an welchem sich unsere heutige Ansicht ausbildet. Alles, was in dieser Beziehung zur Erkenntniß der Verkalkung und Verbrennung und der Constitution der Metalle beitrug, ist hier zusammenzustellen, und wie hier oft unerwartet für Viele ein Gegenstand für diese Lehre Bedeutung gewann, der bisher vernachlässigt war, so müssen wir auch hier oft plötzlich die Berichterstattung über Eine Richtung abbrechen, und die Geschichte eines andern Gegenstandes von seinem Anfange an erst nachholen, ehe wir seinen Einfluß auf die erstere Richtung begreifen können. So wurden die Gewichtsverhältnisse bei der Verbrennung im Allgemeinen, die Gewichtszunahme bei der Verkalkung namentlich, bis vor verhältnißmäßig kurzer Zeit nur wenig beachtet; das Licht, welches diese Erscheinungen auf die Verbrennungstheorie werfen, wurde lange gleichsam gestillt abgehalten, bis es endlich durchdrang und die Unzulänglichkeit der bisherigen Ansicht klar machte.

Bei einer solchen Menge von verschiedenartigen Gegenständen, die hier aufzunehmen sind, kann somit die Berichterstattung nicht einen ununterbrochenen, stetigen Fortgang nehmen, so sehr ich auch gestrebt habe, alles nicht Nothwendige hier wegzulassen, wie denn die Geschichte der Entdeckung des Sauerstoffs, der Zusammensetzung des Wassers u. a. besonderen Abschnitten vorbehalten bleibt, und wie denn natürlich die Ansichten über die Verbrennung hier vorzugsweise so mitgetheilt werden, insofern sie die Chemie berühren, weniger in ihrer allgemeinen physikalischen Auffassung.jene Entdeckungen, wenn sie gleich auf die Verbren-

nungstheorie den wichtigsten Einfluß ausübten, lassen sich doch besser absondern, als alles Andere, was sonst in diesem Abschnitte Besprechung verlangt. Daß aber die Berichterstattung über einen und denselben Gegenstand hier oft nur nach längeren Unterbrechungen sich fortsetzt, ist unvermeidlich; es scheint mir deshalb angemessen, am Ende des Abschnittes eine kurze Zusammenstellung für jede einzelne der wichtigeren Lehren zu geben, mit Verweisung auf die vorhergehende weitläufigere Darlegung.

Was die Kenntnisse der älteren Völker über die Metalle betrifft, so herrscht darüber eine gewisse Unsicherheit, welche darin begründet ist, daß von ihren Schriftstellern metallische Substanzen ohne genauere Angabe ihrer Eigenschaften genannt werden. Man hat für die verschiedenen Worte, welche dafür von den hebräischen Schriftstellern z. B. gebraucht werden, in den Uebersetzungen Namen der bekannteren Metalle substituirt, allein ob diese Metalle selbst von jenen Schriftstellern gemeint waren, ist oft sehr zweifelhaft, um so mehr, da in verhältnißmäßig viel späterer Zeit, bei griechischen und römischen Schriftstellern, metallische Substanzen nicht allein mit einem Worte bezeichnet, sondern auch ihren Eigenschaften nach beschrieben sind, für welche wir desungeachtet jetzt nicht bestimmt angeben können, was sie eigentlich waren. Wenn also in den Uebersetzungen der Bücher des alten Testaments Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Zinn, Blei erwähnt werden, so ist hieraus nicht mit Sicherheit zu entnehmen, daß die Israeliten diese sechs Metalle wirklich gekannt und unterschieden hatten; am wahrscheinlichsten ist dies für die vier ersteren, deren hebräische Namen zum Theil die hervorstechendsten Eigenschaften, die Farbe z. B., bezeichnen. Bei den Griechen und Römern finden wir außer den eben aufgezählten sechs Metallen noch das Quecksilber angeführt; dieselben Metalle waren den arabischen Chemikern vom 8. Jahrhundert und den abendländischen vom 13. Jahrhundert an bekannt. Die Zahl der metallischen Substanzen wuchs jetzt schnell; wir wollen hier eine kurze Uebersicht geben, weniger darüber, wann sich die ersten Spuren einer vereinzeltten Kenntniß eines Metalls finden (was der speciellen Geschichte dieser Körper im IV. Theile zukommt), als darüber, wann

Unmäßiges Be-  
kanntwerden der  
verschiedenen  
Metalle.

Unmüßiges Bes.  
kanntwerden der  
verschiedenen  
Metalle.

die einzelnen Metalle wirklich in den Kreis der chemischen Betrachtungen gezogen wurden. Den obengenannten schon länger bekannten Metallen reiht sich im 15ten Jahrhundert das Antimon an, welches *Vasilius Valentinus* zuerst darstellte; derselbe erwähnt des Wismuths und des Zinks, welche indeß beide erst im 16ten Jahrhundert, das erstere durch *Agricola*, das zweite durch *Paracelsus*, als eigenthümliche Metalle bekannter wurden. Der Schwede *Brandt* wies 1733 das Arsen und 1742 das Kobalt als eigenthümliche Metalle nach, und die Anerkennung des Platins als eines solchen wurde 1741 durch den Engländer *Wood* veranlaßt. Als ein eigenthümliches Metall unterschied *Cronstedt* 1751 das Nickel und *Scheele* 1774 das Mangan; die Brüder *d'Elhujart* stellten 1783 das Wolfram und *Hjelm* 1782 das Molybdän dar; *Müller von Reichenstein* 1782 und *Klaproth* 1798 entdeckten das Tellur, und der Letztere 1789 auch das Uran. Derselbe wies auch 1795 die Eigenthümlichkeit des Titans nach, welche der Engländer *Gregor* schon 1789 vermuthet hatte. Das Chrom entdeckte *Vauquelin* 1797, das Tantal *Hatchett* 1801 und *Ekeberg* 1802. Aus den Platinerzen schied *Wollaston* 1803 das Palladium und 1804 das Rhodium; das Iridium und das Osmium wurden 1803 von mehreren Chemikern gleichzeitig bemerkt, und ihre Eigenthümlichkeit hauptsächlich durch *Smithson Tennant* erwiesen. Die Metalle der Alkalien entdeckte *H. Davy* 1807, und die der alkalischen Erden 1808. Als ein eigenthümliches Metall wurde 1818 das Cadmium durch *Hermann* und *Stromeyer* nachgewiesen. Von den anderen Erden reducirte *Berzelius* 1823 das Silicium und 1824 das Zirkonium, *Wöhler* 1828 das Aluminium, Beryllium und Yttrium, *Bussy* 1829 das Magnesium; hinsichtlich der Entdeckung besonderer Metalle durch die Nachweisung eigenthümlicher Alkalien und Erden und ihre Reduction vergl. noch Seite 24, 53 und 60 dieses Theils.

Vermeintliche Ent-  
deckungen neuer  
Metalle.

Es hat auch nicht an vermeintlich eigenthümlichen Metallen gefehlt, welche der unvollkommene Zustand der Chemie oder die mangelhafte Untersuchung als solche hinstellen ließ, und die bald als Verbindungen anderer schon bekannter Stoffe erkannt wurden. So glaubte *Monnet* 1784 in dem Bleierz von *Poullaouen* ein neues Metall entdeckt zu haben, welches *Saturnit* genannt wurde; so hielten *Meyer* in *Stettin* 1780 und *Bergman* 1781 das bei der Auflösung des kaltbrüchigen Eisens zurückbleibende Phosphoreisen für ein eigenes Metall, welches der Erstere als *Hydrosiderum*

oder Wassereisen, der Letztere als Siderum bezeichnete. Hieher gehören auch die früheren unrichtigen Versuche über die Metalle der Alkalien und Erden (vergl. Seite 57 f.). Richter glaubte 1805, in Nickelerzen ein neues Metall gefunden zu haben, welches er Nickolan nannte; allein schon Trommsdorff vermuthete 1807, daß es nur unreines Nickel sei, und Gehlen, Hisinger und Murray zeigten 1808, daß es aus Nickel mit wenigem Kobalt, Eisen und Arsenik bestehe. Der österreichische Professor v. West kündigte 1818 ein neues Metall an, das in einem Nickelerz von Schladming in Steyermark vorkomme und welches Sirium oder Vestium genannt wurde; Faraday und Stromeyer erwiesen es 1819 als ein Gemisch von Arsenik, Eisen und Nickel. Gleichfalls 1818 glaubte Lampadius in einem Kobalterz von Töpschau in Ungarn ein neues Mineral zu finden, welches er Wodanium nannte und das nach Stromeyer's Untersuchung unreines Nickel war. Trommsdorff erhielt 1820 aus einer käuflichen Schwefelsäure einen Körper, den er für das Dryd eines neuen, von ihm Crodonium genannten Metalls hielt, und das er nachher als eine mit Eisen und Kupfer verunreinigte Bittererde erkannte; und so ließe sich diese Liste von Irthümern noch vollständiger geben (vergl. auch die vermeintlichen Entdeckungen neuer Alkalien, Seite 24, und Erden, Seite 53 f., dieses Theils), bis zu dem Donium, welches Richardson 1836 aus einem in der Nähe von Aberdeen vorkommenden Mineral als eigenthümliches Metall abgetrennt zu haben glaubte, dessen vermeintliches Dryd aber mit Eisen verunreinigte Thonerde war.

Vermeintliche Entdeckungen neuer Metalle.

Verlassen wir indeß diese irrthümlich für neu entdeckt gehaltenen Metalle, und wenden wir uns zu der genauern Betrachtung der Ansichten über diejenigen unter den oben aufgezählten Körpern, deren Eigenthümlichkeit sich bewährt hat. Diese Substanzen bezeichnen wir jetzt alle als metallische; lange Zeit hindurch wurden indeß nur einige derselben als wahre Metalle betrachtet, und die anderen, welche damals schon bekannt waren, in verschiedener Weise davon unterschieden. Wir haben hier einiges Nähere über die Benennung, Definition und Eintheilung der Metalle anzugeben.

Die Benennung Metalle rühret, wie Plinius angiebt, aus dem Griechischen her, und erinnert daran, daß das Vorkommen eines Metalls nie vereinzelt ist, sondern daß die Gänge desselben hinter einander, μετ' ἄλλα, gefunden werden. Ubicumque una inventa vena est, sagt er in Beziehung

Benennung Metalle.

auf das Vorkommen des Silbers, non procul invenitur alia. Hoc quidem et in omni fere materia (in jeder metallischen nämlich): unde metalla Graeci videntur dixisse.

Definition der  
Metalle.

Wir finden bei den Alten keine Angabe, welche Eigenschaften die Bedingungen abgeben, daß eine Substanz als eine metallische bezeichnet werden darf. Außer dem Metallglanz scheinen besonders Festigkeit und Dehnbarkeit als die nothwendigen Eigenschaften eines Metalls betrachtet worden zu sein; wenigstens scheint die Flüssigkeit allein dem entgegengestanden zu haben, das Quecksilber zu den Metallen zu zählen. Plinius ist nicht klar darüber, ob er das Quecksilber als ein Metall betrachtet; Isidorus Hispalienſis im 7. Jahrhundert thut es bestimmt nicht. Sieben Metalle kennt er, wovon eins (das Elektrum) nur eine Legirung ist, aber das Quecksilber zählt er nicht dazu. Septem sunt genera metallorum: aurum, argentum, aes, electrum, stannum, plumbum, et quod domat omnia, ferrum. Geber definiert in seiner Summa perfectionis magisterii: Metallum est corpus miscibile, fusibile, et sub malleo ex omni dimensione extendibile. Als Metalle zählt auch er nur Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Zinn und Blei, nicht aber das Quecksilber auf.

Die von Geber angegebenen Kennzeichen der Metalle blieben lange die allein berücksichtigten. Lange Zeit wurde von den Meisten das Quecksilber nicht als Metall anerkannt (doch erklärte es schon Basilius Valentinus richtig für ein solches, vergl. unten über die Zusammensetzung der Metalle), ebenso wenig, wie einige andere metallische Substanzen, die man wegen mangelnder Dehnbarkeit nur anhangsweise den Metallen zurechnete und als Halbmetalle unterschied. Die seltsamen Ansichten, die man über diese Klasse von Körpern hatte, lernen wir bei der Betrachtung der Eintheilung der Metalle kennen.

Eintheilung der  
Metalle.

Schon die Alten hatten den Unterschied wahrgenommen, welchen die verschiedenen Metalle im Feuer zeigen; daß einige davon ihre Eigenschaften ungeändert fortbehalten, während andere sich in erdige Substanzen verwandeln. Aber erst die Araber gründeten hierauf eine Eintheilung der Metalle; bei Geber zuerst finden wir eine Unterscheidung der edeln von den unedlen. Die spätere Entdeckung von metallischen Substanzen, die mit keinem der bekannten unedlen übereinstimmen und auch keine Dehnbarkeit zeigen, leitete zur Aufstellung einer neuen Klasse von Metallen, der Halbmetalle oder Bastarde der Metalle, wie man sie zuerst bezeichnete, in welchen man, was

sie Metallisches an sich haben, auf Rechnung eines Gehaltes an einem un- Einteilung der  
Metalle.  
 edlen Metalle, als dessen Bastard man sie bezeichnete, schrieb, den Man-  
 gel an Dehnbarkeit aber durch Beimischung nichtmetallischer Substanzen  
 hervorgebracht glaubte. *Basiliius Valentinus* stellte zuerst diese An-  
 sicht auf, und fügte hinzu, solche Bastarde der Metalle geben bei der Ver-  
 edlung nur so viel Gold, als eigentliches Metall in ihnen enthalten sei; in  
 seinen Schlußreden sagt er z. B.: »*Antimonium* ist des *Saturni* (Bleies)  
 Bastard; so schwer er nun *Regulum* hat, so schwer wird er auch Gold,  
 wenn ihm die *Tinctur* zugeschlagen wird; *Wismuth* oder *Markasit* ist des  
*Jovis* (Zinns) Bastard, *Vitriolum* ist der *Venus* (Kupfers) Bastard.«  
 Deutlich drückt sich hierüber *Paracelsus* in seinem Tractat vom Wasser  
 aus: »Der Zink, welcher ein Metall ist, und doch keins, auch der *Wis-*  
*muth* und ihres Gleichen, die da etlichen Theils geschmeidig sein, —  
 sind Basthart der Metallen, daß ist, etwas ihnen gleich.« Die Andeu-  
 tung, welche *Basiliius Valentinus* gegeben hatte, daß Alles, was einen  
 metallischen Bestandtheil in sich enthalte, selbst der *Vitriol*, zu den Bastar-  
 den der Metalle zu rechnen sei, führte *Boerhave* viel weiter aus, indem  
 er zu den Halbmetallen, wie man jenen Begriff seit dem Anfange des 18ten  
 Jahrhunderts bezeichnete, die verschiedenartigsten Substanzen rechnete. Er  
 definiert (1732) sie als Körper, quae vel metalla nota, et vera, in se  
 continent, vel corpora adeo vicina metallis, ut fere pro iisdem haberi  
 queant. Demgemäß rechnet er zu den Halbmetallen die *Vitriole*, den *Zinno-*  
*ber*, das *Schwefelantimon* und das daraus zu ziehende Metall, den *Wis-*  
*muth*, das *Zink*, und endlich meint er: ad semimetalla refertur queunt et  
 omnia corpora fossilia, crystallina, saxea, terrea, quae vera metalla  
 sibi permista offerunt, also auch noch alle Erze. Das *Quecksilber* rech-  
 nete *Boerhave* weder zu den wahren Metallen, noch zu den Halbmetal-  
 len; nachdem die Periode vorüber war, wo es als Bestandtheil der ersteren  
 angesehen wurde, zählte man es meist zu den letzteren; so z. B. *Brandt*,  
 welcher in den Denkschriften der *Stockholmer Akademie* für 1735 eine Ab-  
 handlung von den Halbmetallen schrieb, worin er deren sechs (*Quecksilber*,  
*Antimon*, *Wismuth*, *Kobalt*, *Arsenik* und *Zink*) den sechs wahren Metallen  
 gegenüberstellte. Der Mangel der Dehnbarkeit war ihm die einzige Ursache, das  
 erstere hieher zu setzen; ebenso sprachen auf diesen Grund hin in den letzten Jah-  
 ren der *Phlogistontheorie* bedeutende Chemiker dem *Quecksilber* den metallischen

Eintheilung der  
Metalle.

Charakter ab; so Vogel\*) in seinen *Institutionibus Chemiae* (1755) und selbst Buffon in seiner *Histoire naturelle des minéraux* (1785). Die später gemachte Entdeckung, daß die Flüssigkeit des Quecksilbers keine wesentliche Eigenschaft ist, sondern daß es durch strenge Kälte fest und dehnbar gemacht werden kann, ließ es erst den wahren Metallen zugerechnet werden.

Brandt erklärte sich übrigens bestimmt dagegen, daß man Vitriole, Zinnober, Erze, Erden und ähnliche Substanzen den Halbmetallen zuzähle, und wollte nur solche Körper darunter begriffen wissen, welche, mit Ausnahme der Feuerbeständigkeit und Geschmeidigkeit, alle Eigenschaften der wahren Metalle besitzen. Daß die Eintheilung der Metalle in ganze und Halbmetalle auf dieses Princip hin schwankend sei, weil die Uebergänge zwischen den beiden Abtheilungen zu allmählig sind, wurde indeß schon am Ende des vorigen Jahrhunderts erkannt; die Anhänger des antiphlogistischen Systems sagten sich zuerst davon los, wie denn Fourcroy in seinen *Éléments d'histoire naturelle et de chimie* ausführlicher ihre Unzulänglichkeit darthat.

Noch einer Eintheilung der Metalle müssen wir hier erwähnen, deren Bezeichnung bald in einem ganz andern Sinne gebraucht wurde, als anfänglich beabsichtigt war. Als man die Metalle aus den Alkalien und Erden zu untersuchen anfing, war man darüber nicht einig, ob diese Substanzen, bei aller Ähnlichkeit mit den wahren Metallen, doch mit ihnen in Eine Klasse zu setzen seien. Deshalb schlugen Erman und Simon 1808 vor, sie als metallähnliche Körper *Metalloide* zu nennen. Berzelius brauchte indeß von 1811 an denselben Namen in einem andern Sinne zur Bezeichnung der nichtmetallischen Elemente, und obgleich später noch mehrere Chemiker mit jenem Worte den eigentlichen und ihm zuerst beigelegten Begriff verbanden, ist doch Berzelius' Unterscheidung die herrschende geworden.

Ansichten über die  
Zusammensetzung  
und Entstehung der  
Metalle.

Betrachten wir jetzt die verschiedenen Ansichten über die Zusammensetzung und in Verbindung damit über die Entstehung der Metalle.

\*) Rudolph Augustin Vogel, geboren 1724, starb als Professor der Medicin in Göttingen 1774.

Bei den Alten findet sich keine Ansicht über die Zusammensetzung der Metalle entwickelt; doch scheint es, als ob man an eine noch fortdauernde Bildung dieser Körper geglaubt habe. Plinius sagt: *Ferri metalla ubique propemodum reperiuntur, quippe insula etiam Italiae Ilva gignente*, und Servius, ein Grammatiker im Anfange des 5ten Jahrhunderts, welcher Virgil's Aeneide commentirte, citirt zu einem Vers, wo dieser Dichter von *Etba* als der *insula inexhaustis chalybum generosa metallis* spricht, eine angebliche Stelle aus Plinius, wie folgt: *Dicit Plinius Secundus: quum in aliis regionibus effossis metallis terrae sint vacuae, apud Ilvam hoc esse mirum, sublata renascuntur, et rursus de iisdem locis effodiuntur.*

Ansichten über die Zusammensetzung und Entstehung der Metalle.

In den Schriften der arabischen Chemiker findet sich die erste Theorie über die Zusammensetzung der Metalle aufgestellt. In der *Summa perfectionis magisterii* bespricht Geber diesen Gegenstand ausführlich. Quecksilber mit Schwefel verbunden ist nach ihm die Materie der Metalle: *Mercurius est materia metallorum cum sulphure*; auch den Arsenik nennt er als einen dritten Bestandtheil, fügt aber hinzu, er sei dem Schwefel ganz ähnlich: *Arsenicum est de subtili materia et simili cum sulphure, idcirco non oportet id aliter definiri quam sulphur*; nur sei der Arsenik mehr weiß, der Schwefel mehr roth. Den Mercurius und den Schwefel definiert Geber folgendermaßen: *Sulphur est pinguetudo in minera terrae, per temperatam decoctionem inspissata, quousque induretur et sicca fiat*; — — *Mercurius est aqua viscosa in visceribus terrae substantiae subtilis, albae terreae per calorem temperatissimum, unita totali unione per minima, quousque humidum temperetur a sicco, et siccum a humido aequaliter*. Manchmal spricht er von diesen Bestandtheilen der Körper als solchen, welche von den darstellbaren Substanzen gleichen Namens verschieden seien, manchmal aber auch, als ob der gewöhnliche Schwefel und das gewöhnliche Quecksilber gemeint seien, und er scheint die Anziehung des letztern zu den Metallen damit in Verbindung zu bringen, daß es in den Metallen selbst enthalten sei. — Diese enthalten nun die genannten Bestandtheile in verschiedenen Mengenverhältnissen, in verschiedener Reinheit und von verschiedener Farbe: *Sol (das Gold) est creatus ex subtilissima substantia argenti vivi et clarissima fixura, et ex substantia pauca sulphuris mundi, et purae rubedinis, fixi clari, et a natura sua mutati, tingentis illam*. — — *Si fuerit, quod ceciderit*

Geber's Ansichten.

Geber's Ansichten über die Zusammensetzung und Entstehung der Metalle.

sulphur mundum, fixum, album, clarum, super substantiam argenti vivi mundam, creatur Luna (Silber) pura. — — Si fuerit sulphur fixum terreum, argento vivo terreo mixtum, et haec ambo non purae albedinis sed lividae fuerint, cujus superantiae quantitas sit sulphuris fixi summa, fit ex his ferrum. — — Si fuerit sulphur immundum, fixum, grossum, secundum sui majorem partem: secundum vero sui minorem non fixum, lividum, rubeum: secundum vero totum non superans neque superatum: et ceciderit super argentum vivum grossum, ex eo aes (Kupfer) creari, necesse est. — — Innuimus, quod si sulphur fuerit in radice commixtionis fixatione pauca, participans album, albedine non pura, non superans, sed superatum cum argento vivo secundum partem fixo albo non pure commixto, sequetur ex eo stannum. — — Restat de Saturno (Blei) descriptionem ponere, et dicimus quod non diversificatur a Jove (Zinn), nisi quia immundiorum habet substantiam. Dieses ist die Vorstellung, welche sich Geber von der Zusammensetzung der Metalle machte; Correction der Zusammensetzung oder Reinigung der Bestandtheile ist Metallverwandlung; der Beispiele, welche er hiesfür anführt, habe ich bereits (Thl. I., Seite 55, und Thl. II., Seite 166) erwähnt. Die Eigenschaften der Metalle richten sich nach der Art der Bestandtheile; der Schwefel wird als Ursache der Verbrennlichkeit angegeben, wie ich weiter unten noch ausführlicher besprechen werde, auch ist er es meist, der die Farbe bedingt; je nach dem Grade des Fixirteins wirkt ein Gehalt an ihm das Schmelzen befördernd oder hindernd.

Geber sagt von seinen theoretischen Ansichten, daß er sie gebe, wie sie seine Vorgänger erkannt haben. Ueber diese wissen wir nichts Genaueres, und es dürfte sehr gewagt sein, nach einer vereinzelt Angabe des Dioskorides — aus dessen Bericht über das Quecksilber (vergl. die specielle Geschichte dieses Metalls) die unvollkommene Erkenntniß desselben zu jener Zeit deutlich genug hervorgeht — darauf schließen zu wollen, daß unter den Griechen bereits Einige das Quecksilber für einen Bestandtheil der Metalle gehalten haben. Wenn Dioskorides sagt: *Ἐνιοὶ ἰσόροῦσι, καὶ καθ' ἑαυτὴν ἐν τοῖς μετάλλοις εὐρίσκεισθαι τὴν ὑδράργυρον* (Einige sagen, das Quecksilber werde wesentlich in den Metallen gefunden), so zeigt dies mehr die Unwissenheit der damaligen Zeit in Betreff des Quecksilbers, als eine Theorie über die Zusammensetzung der Metalle an.

Geber's Nachfolger stimmen alle der von diesem ausgesprochenen Theorie bei. Albertus Magnus schreibt in seinem Werke *de rebus metallicis* dem Quecksilber sowohl als dem Schwefel einen Einfluß auf die Farbe der daraus entstehenden Verbindungen zu; er meint, das erstere bedinge eine weiße, der letztere eine gelbe oder rothe Färbung. Aus dem Aufeinanderwirken des Schwefels und Quecksilbers leitet er auch her, daß die Metalle allmählig noch in der Erde sich bilden. (Vergl. auch noch *Ihl. II.*, Seite 271.) — Roger Baco sagt in seinem *Speculo alchemiae*: *Primo notandum est, quod principia mineralia in mineris sunt argentum vivum et sulphur. Ex istis procreantur omnia metalla. — Sed accidentia diversa supervenientia transformant metalla. Nam secundum puritatem et impuritatem praedictorum duorum, scilicet argenti vivi et sulphuris, pura et impura (edle und unedle) metalla generantur, und nun wiederholt er Geber's oben mitgetheilte Annahmen über die Zusammensetzung der verschiedenen Metalle. — Ebenso Raymund Lull (vergl. *Ihl. II.*, Seite 272). — In dem 15ten Jahrhundert wird, wie wir schon früher bei der Geschichte der Lehre von den Elementen hervorhoben, neben Schwefel und Quecksilber auch das Salz als ein Bestandtheil der Metalle angenommen (vergl. am eben angeführten Ort). Von der Klarheit, mit welcher man sich damals eine Vorstellung über die Zusammensetzung und Entstehung dieser Körper machte, kann eine Stelle aus *Vasilius Valentini's* Triumphwagen des Antimonii am besten Zeugniß ablegen: »Du sollst mit Fleiß observiren, merken, verstehen und in deinen Gedanken wohl aufzeichnen, daß alle Mineralia sowohl als die Metalle gleichfalls und ebner Maassen aus einem ansehenden Dinge sind geboren und generirt worden; dasselbe einige Ding ist nun nichts anderes denn ein rechter Schwaden, welcher aus dem Element Erden durch das Obergestirn ausgetrieben wird, als durch eine syderische Distillation der großen Welt, welche syderische warme Eingießung von oben in das untere durch ihre lustige feurige Eigenschaft operirt und wirket, daß eine Tugend und Kraft geistlicher unsichtbarer Weise eingepflanzt wird, welcher Rauch demnach sich im Erdreich resolvirt und gleich zu einem Wasser aufschleußt, aus welchem mineralischen Wasser ferner alle Metalle gewirket und gezeitiget werden zu ihrer Vollkommenheit; und wird ein solch Metall daraus, oder auch ein solch Mineral, darnach das meiste unter den *tribus principiis* die Herrschaft überkommen, darnach hat es viel Mercurium, Sulphur und*

Albertus M.  
Ansichten.

R. Baco's An-  
sichten.

Vasilius Valen-  
tini's Ansichten.

Basilii Valentinus' Ansicht  
über die Zusam-  
mensetzung und  
Entstehung der  
Metalle.

Sal, oder wenig Mercurium, Sulphur und Sal, oder sind miscirt in einer ungleichen Abtheilung des Gewichts: daß also etliche Metalle dadurch fix werden, etliche aber unfix, das ist etliche beständig, etliche aber flüchtig und unbeständig.“ In seiner »Wiederholung des großen Steins der uralten Weisen« sagt er: »Der Geist« (metallische Character?) »steckt im Mercurio, die Farbe such im Schwefel und die Coagulation (den festen Aggregatzustand) im Salze.« Basilii Valentinus hebt aber noch ausdrücklich hervor, daß diese angenommenen Bestandtheile der Metalle nicht mit den unter denselben Namen darstellbaren Substanzen identisch seien; in seinem letzten Testament, da wo er von des Metalles Samen (Entstehung) handelt, sagt er: »Alle, so von dem Saamen der Metalle geschrieben haben, sind darin einig, der männliche Saamen des Metalls sei der Schwefel, und der weibliche der Mercurius. Das will nun mit Verstand verstanden sein, und nicht der gemeine Sulphur und Mercurius dafür gehalten sein, denn es ist der sichtbare« (gemeine) »Mercurius selbst metallum, kann derothalben kein Saamen sein. — So auch ist der gemeine Sulphur des Metalls Speise, wie kann er denn ein Saamen sein?«

Boyle's An-  
sichten.

Die Ansichten der Chemiker des 16ten Jahrhunderts über die Zusammensetzung der Metalle stimmen mit den hier dargelegten überein (vergl. Paracelsus' Meinungen, Thl. II., Seite 272); in dem 17ten Jahrhundert wird die bisherige Lehre von Einigen theilweise angegriffen und von Anderen umgeformt. Boyle bestreitet, daß die Metalle so zusammengesetzt seien, wie es die Alchemisten angeben, und glaubt, der Gehalt an Schwefel und Salz in denselben sei durch nichts bewiesen; unsicher ist er aber, was den Gehalt der Metalle an Quecksilber angeht, und bringt in seiner Schrift *Chemista scepticus* mehrere Angaben bei, nach welchen verschiedene Alchemisten aus Metallen wahres Quecksilber gezogen haben wollten. Um das Ende des 17ten Jahrhunderts stellte sich überhaupt die Meinung der Chemiker so, daß sie den gemeinen Schwefel nicht als Bestandtheil der Metalle anerkannten, wohl aber das Quecksilber; das Letztere vertheidigte selbst J. Hoffmann, wenigstens in der ersten Zeit seiner Thätigkeit, und behauptete in seiner *Dissertatio de cinnabari antimonii* (1681), aus allen Metallen lasse sich Quecksilber ausziehen. Ebenso suchte Kunkel in seinen »chemischen Anmerkungen, darin gehandelt wird von den *principiis chymicis*« (1677) zu zeigen, daß in den Metallen nichts enthalten sei, was mit Recht als Schwefel bezeichnet werden könne, und die Farbe eines Metalls hänge lei-

Fortbauer der An-  
sicht, daß Quecksil-  
ber in den Metal-  
len sei.

neswegs von dem Gehalt an diesem Stoffe ab, während seine »Mögliche Fortdauer der Ansicht, daß Quecksilber in den Metallen sei. Observationes oder Bemerkungen von den fixen und flüchtigen Salzen u. s. w.« (1676) deutlich zeigen, wie fest er an dem Glauben eines Gehaltes an Quecksilber in allen Metallen hing, zu dessen Ausziehung aus Silber, Blei und Antimon er sich nur sechs Stunden Zeit ausbat. Auch Becher nahm in den Metallen einen mercurialischen Bestandtheil an (vergl. seine unten mitzutheilenden Ansichten über die Zusammensetzung der Metalle); vorsichtiger war Stahl, welcher in seinem Specimen Becherianum (1702) geradezu erklärte, ihm sei, was man über diesen Bestandtheil geäußert habe, sehr dunkel, und es entbehre des experimentellen Beweises; so gewiß es sei, daß die Metalle aus erdigen und verbrennlichen Bestandtheilen bestehen, so ungewiß sei, ob etwas Mercurialisches in ihrer Mischung enthalten sei. Profecto, sagt er, si quis exurgat, qui nobis pari evidentia, facilitate et simplicitate praxin principii istius (des mercurialischen), seu potius enchireseos mercurificandi, detegat atque proferat, quemadmodum ego de sulphureo (dem verbrennlichen) principio praestitisse mihi videor: illi merito gratias habitum iri confido, imo de peritis et harum rerum intelligentibus, audacter spondeo ac promitto.

Solche Beweise wurden indeß damals für die Existenz eines mercurialischen Principis in den Metallen nicht geführt.

Es scheint, daß mehrere Chemiker jener Zeit einen Grund dafür, daß Quecksilber als ein Bestandtheil der Metalle anzunehmen sei, dann zu haben glaubten, wenn sie aus der Auflösung der letzteren mit Salzsäure einen Niederschlag, der dem aus Quecksilberlösung mehr oder weniger ähnlich war, erhalten konnten. Erzählungen von Mercurificirungen von Metallen, und Aussprüche, welche den Glauben an einen mercurialischen Bestandtheil derselben deutlich ausweisen, liegen indeß aus jener Zeit zahlreich vor. So beschrieb Wedel in den Ephemeriden der deutschen Naturforscher 1682 die Beobachtung, daß er in seinem fünfzehn Jahre lang gebrauchten bleernen Dintenfaß Quecksilber gefunden habe, und er schrieb die Entstehung desselben unbedenklich dem zu, daß es die Dinte aus dem Blei ausgezogen habe. So meinte Boerhave, ob er gleich die Angaben über Ausziehung des Quecksilbers aus Metallen gründlich widerlegt hatte (vergl. Thl. I., S. 200), doch in seinen Elementis chemiae (1732): maxime antiqua, semperque invalescens magis, est opinio, qua argentum vivum caeterorum habetur omnium metallorum praecipua materies. So erzählte der französische

Fortdauer der Ansicht, daß Quecksilber in den Metallen sei.

Chemiker Groesse in den Memoiren der Pariser Akademie für 1733, daß er aus Blei Quecksilber erhalten habe, wenn er Salpetersäure mit Blei vollkommen gesättigt habe; es schlage sich hierbei ein schwarzgraues Pulver nieder, welches das aus dem Blei abgeschiedene Quecksilber enthalte; und für so sicher gab er seine Beobachtung aus, daß es einer besondern Experimentaluntersuchung bedurfte, um seine Angabe zu widerlegen. So wollte selbst noch Pott 1752 aus Grünspan durch Destillation mit kohlensaurem Ammoniak, Salmiak und Vitriolöl metallisches Quecksilber dargestellt haben, welches in dem Kupfer als Bestandtheil enthalten gewesen sei. (Vergl. noch bei Quecksilber im IV. Theile.)

Ich habe hier, der Zeit nach etwas vorgehend, die Angaben der Chemiker über den Gehalt der Metalle an Quecksilber vollständiger zusammengestellt, weil wir nun die Ansichten über die Zusammensetzung dieser Substanzen in einer andern Richtung betrachten wollen, die zu der gleichzeitigen Berücksichtigung mehrerer andern theoretischen Lehren führt. Wir wollen nämlich jetzt vorzugsweise die Vorstellungen über denjenigen Bestandtheil der Metalle, welcher ihre Verbrennlichkeit bewirkt und von dem ihre Verkalkbarkeit abhängt, untersuchen; hierzu ist es nöthig, auf einige Angaben über Verbrennung und Verkalkung aus früherer Zeit zurückzugehen.

Vorstellungen über die Verbrennung und Verkalkung — Ansichten der Alten.

Die Meinung der Alten, daß das Feuer ein Element der Körper sei (vergl. den Abschnitt über die Elemente im II. Theile, S. 267 ff.), scheint anzudeuten, daß sie das Feuer als etwas Materielles, die Verbrennung als eine einfache Abscheidung der in einem Körper enthaltenen Feuermaterie betrachteten, und die größere oder geringere Verbrennlichkeit einer Substanz als auf einem verschiedenen Gehalt an Feuermaterie beruhend. Der große Gehalt an dieser ist nach Plinius die Ursache der leichten Entzündlichkeit des Schwefels: *neque alia res (sulphure) facilius accenditur, quo apparet, ignium vim magnam ei inesse*. Diese Ansicht zieht sich bis gegen das Ende des 18. Jahrhunderts und länger hin, daß die Verbrennlichkeit von dem Gehalt an einem bestimmten Bestandtheile bedingt sei; bei den Arabern und bei den Abendländern bis zu 1700 ungefähr wird dieser Bestandtheil figürlich durch den Namen solcher Substanzen bezeichnet, welche besonders verbrennlich sind; bald als fettiger Be-

Annahme eines besondern Princips der Verbrennlichkeit.

standtheil, bald als Schwefel. Was den Gebrauch des letztern Wortes betrifft, so ist wohl zu merken, daß, wo die Schriftsteller der frühern Zeit vom Schwefel in Bezug auf die Verbrennung reden, dies bald so geschieht, daß sie den darstellbaren meinen, und dann nennen sie gewöhnlich den auch in diesem enthaltenen, seine Verbrennlichkeit bedingenden, Bestandtheil unter einem andern Namen, bald nennen sie diesen letztern Bestandtheil selbst ohne weiteres Schwefel, wenn von anderen verbrennlichen Körpern, z. B. von Metallen, die Rede ist.

Annahme eines  
besondern Princip  
der Verbrennlich-  
keit.

Wenngleich bei den Arabern und bei den Abendländern der Bestandtheil, welcher in den verbrennlichen Körpern enthalten sein und sich bei ihrer Verbrennung abscheiden soll, nicht mehr geradezu als Feuer bezeichnet wird, so bleibt doch die Ansicht, daß dieser Bestandtheil wahres Feuer und sein Freiwerden aus der Mischung, die sich als verbrennlicher Körper erweist, die Verbrennung sei, sehr lange die von vielen Chemikern angenommene. Wir werden weiter unten die verschiedenen Meinungen kennen lernen, welche man sich darüber machte, ob das Feuer als ein materieller Bestandtheil der brennbaren Körper zu betrachten sei, und inwiefern sich die Entwicklung von Licht und Wärme als eine Ausscheidung dieses Bestandtheils betrachten lasse. — Gehen wir zunächst dazu über, was von Seiten der Chemiker für den Nachweis, ein solcher Bestandtheil, der die Bedingung der Verbrennlichkeit sei, existire in den verbrennlichen Körpern, geschehen ist.

An der Untersuchung der Metalle und der Verkalkung derselben bilden sich die Ansichten über die Verbrennung besonders aus. Mit einer wahren Verbrennung wurde diese Veränderung der Metalle schon früher verglichen. Bei Dioskorides und bei Plinius werden die Rückstände von der Einwirkung des Feuers auf Metalle mit demselben Namen bezeichnet, wie die Rückstände der Verbrennung von Holz und ähnlichen Stoffen, als *σποδοί*, cineres, Asche; und so werden auch noch bei den abendländischen Alchemisten, bis zu Libavius um 1600, die Metalloxyde cineres genannt; *κεκαυμένος χαλκός*, verbranntes Kupfer, wird das Kupferoxyd bei Dioskorides genannt, *plumbum ustum* und *cinis plumbi usti* bei Plinius das Bleioxyd. Ähnlich, wie die Alten die Entstehung der Metalloxyde mit der Verbrennung von Holz u. a. verglichen, verglichen sie die Araber, wie es scheint, und sicher die Abendländer, mit der Darstellung des gebrannten Kalks. Calces werden die Metalloxyde in

Erkenntnis der  
Analogie zwischen  
Verbrennung und  
Verkalkung.

den lateinischen Uebersetzungen Geber's genannt, ohne daß wir jedoch wissen, ob auch in dem arabischen Originale ein ganz entsprechendes Wort gebraucht ist, und bei den abendländischen Chemikern ist seit dem 13. Jahrhunderte diese Bezeichnung die allgemein gebräuchliche.

Auf was beruht nun der Uebergang eines Metalls in Kalk? Diese Frage beantworten die Naturforscher während zweitausend Jahren: darauf, daß das Metall etwas verliert, indem es in Kalk sich verwandelt.

Schon Plato spricht sich um 400 vor Chr. dahin aus, daß sich der Rost bilde, indem sich Erdiges aus dem Eisen absondere; er schon scheint die Verkalkung als auf einer Zerlegung des Metalls beruhend betrachtet zu haben. — Bestimmter giebt Geber in seiner Summa perfectionis magisterii an, daß die Calcination auf einer Trennung eines feuchten Bestandtheils und namentlich des schwefligen Princips beruhe. Er sagt hier: *Calcinatio est per ignem pulverisatio, ex privatione humiditatis partes consolidantis.* — — *Una intentio, quare metalla calcinantur, est, ut sulphureitas adustiva deleatur. Per ignem enim comburitur omnis res, in qua est sulphureitas adustiva.* In Bezug auf die Drydation des Quecksilbers, welches nicht zu den Metallen gerechnet wurde, bedient sich Geber nicht des Ausdruckes Calcination, sondern er spricht von der Coagulation des Quecksilbers; diese beruht nach ihm gleichfalls darauf, daß sich etwas aus dem Quecksilber abscheidet, und zwar auch wieder Feuchtigkeit; deshalb muß jener Körper in einem offenen Kolben längerer Hitze ausgesetzt werden, wenn er coagulirt werden soll. *Coagulatio est rei liquorosae ad solidam substantiam, per humidi privationem, reductio.* — — *Habet argentum vivum humiditatem sibi multum unitam, quam ab illo separari non est possibile, nisi per ignis cautam violentiam.* — — *Coagulatur ex diuturna retentione in igne, cum vase vitreo, cujus collum sit multae longitudinis et in ventre figuram ampullae habeat, cum continua colli ejus apertione, ut postea possit humiditas ejus evanescere.* — Ebenso suchte Albertus Magnus den Grund der theilweisen Verkalkung des Messings bei der Bereitung desselben darin, daß sich etwas davon verflüchtige, und eine Decke von geschmolzenem Glase auf dem Metalle wirkt seiner Meinung nach die Verkalkung abhaltend, nicht weil sie den Zutritt eines Stoffes abwehret, sondern weil sie die Verflüchtigung hindert. In seiner Schrift *de rebus metallicis* sagt er: *Ligatur* (das Messing wird bei dem Schmelzen im metallischen

Theoretische Vorstellungen über die Verkalkung.

Geber's Ansichten.

Albertus Magnus' Ansichten.

Zustande erhalten) per oleum vitri; tolluntur enim fragmenta vitri, et convertuntur in pulverem, et spargitur (pulvis) in testam super aes, postquam immissa est calaminaris (der Galmei); et tunc vitrum projectum enatat super aes, et non sinit evaporare lapidem et lapidis virtutem, sed reflectit vaporem lapidis in aes, et sic diu et fortiter purgatur aes. —

Theoretische Worte  
Stimmen über die  
Verkalkung.

So auch betrachtete Paracelsus den Vorgang der Verkalkung, daß er auf einem Weggehen der schwefligen Theile beruhe, und da er das schweflige Princip in den Metallen mit der Seele, das feuerbeständige in ihnen (das Salz) mit dem Körper vergleicht, so nannte er auch die Kalke die Leichname der Metalle, todte Metalle. Von diesem Gleichnisse kommt der Ausdruck Wiederlebendigmachen (revivificir bei den Franzosen noch zu Lemerz's Zeit und später) für das Reduciren eines Metallkalces \*). Unter demselben Bilde suchte Cardanus \*\*) den Unterschied zwischen Metall und Kalk zu erläutern. — Agricola drückt sich weniger in Bildern aus, und meint ganz nüchtern (an Geber's Ansicht erinnernd), daß die Calcination der Metalle auf der Verjagung der in ihnen enthaltenen Feuchtigkeit beruhe. In seiner Schrift de ortu et causis subterranearum sagt er: Causam indagare convenit, ob quam reliqua metalla omnia, auro excepto, comburantur, atque unum altero citius. Aurum quidem terram habet minimam atque purissimam, et optime commistam cum aqua. Unde fit, ut illius terra arceat et contineat humorem, ne eum expiret; contra humor tueatur et defendat terram, ne accendatur. Ideo non comburitur, et quaecunque ad alia metalla adjecta comburunt ea, purgant aurum. Reliquis autem metallis quia terra est multa et minus pura, minusque bona temperatio, idcirco ipsa ignis violentia intereunt. Nam cum terra flammis accensa fuerit, humorem exhalant. Humor enim non potest ab igni defen-

Paracelsus'  
Ansichten.

Cardanus'  
Ansichten.  
Agricola's  
Ansichten.

\*) Das Wort Reduciren für Metallificiren ist seit Paracelsus in häufigerem Gebrauche; dieser stellt es manchmal noch, zur Erläuterung, mit Revivificiren zusammen.

\*\*) Hieronymus Cardanus, geboren 1501 zu Parma, gestorben 1576, Polyhistor, machte sich hauptsächlich als Arzt und als Mathematiker bekannt; als letzterer hat er wesentliche Verdienste für die Ausbildung der Wissenschaft. Seine Ansichten, so weit sie auf Physik und Chemie Bezug haben, entwickelte er besonders in seinen Werken: de rerum subtilitate und de rerum varietate.

Libavins\*  
Ansichten.

dere terram, ut non incendatur, nec incensam restinguere, ut non cremetur; neque contra terra continere humorem, ut eum non expirent. — Ebenso schreibt Libavius in seiner Alchymia gleichfalls die Verkalkung auf Rechnung eines Verlustes des Metalls an Feuchtigkeit: *Metalla, praesertim imperfecta, calcinantur reverberanturque fortiter, donec fusionem vitrariam accipiant, humiditate nimirum tenaci ut plurimum absumpta.*

An dem Ende des 16. und in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts ist die allgemeine Meinung die, daß der in dem Metall enthaltene Schwefel bei der Verkalkung durch das Feuer ausgetrieben werde. Der Gehalt an Schwefel wird als die Ursache der Verbrennlichkeit der Metalle betrachtet. Man fragte sich aber auch, welches denn die Ursache der Verbrennlichkeit des Schwefels sei, und damit rückte man der Annahme eines nicht darstellbaren, in allen verbrennlichen Körpern enthaltenen und ihre Verbrennlichkeit bedingenden Principis viel näher.

Ansichten über  
die Zusammen-  
setzung des  
Schwefels.

Daß schon die Alten sich den Schwefel als etwas Zusammengesetztes, viel Feuer Enthaltendes, dachten, geht aus der Seite 102 angeführten Stelle des Plinius hervor. Geber zuerst — wenn man anders sich auf die lateinischen Uebersetzungen seiner Schriften verlassen kann — spricht aus, daß in dem Schwefel und seines Gleichen ein verbrennlicher, fettiger Bestandtheil sei. In seiner *Summa perfectionis magisterii* liest man: *Sulphur et suum compar pinguedo sunt terrae; cujus experientia manifestam probationem elicias per illius inflammationem. Non enim inflammatur, nisi quod oleaginosum est, id est pingue. Sulphur itaque et suum compar causam corruptionis (per ignem) habent, scilicet inflammabilem substantiam et terream foetulentiam.* Also alles Verbrennliche habe einen fettigen Grundstoff der Verbrennlichkeit. Diese Anschauungsweise kommt indeß lange Zeit viel weniger vor, als die, wonach der Schwefel selbst als Princip der Verbrennlichkeit betrachtet wird. Erst um die Mitte des 17. Jahrhunderts bezeichnen wieder einige Chemiker den Grundstoff der Verbrennlichkeit als Del oder Fett; erst zu dieser Zeit äußern sich auch mehrere Chemiker wieder einmal über die Zusammensetzung des gemeinen Schwefels, während viele andere diesen Körper noch immer als mit dem elementaren Schwefel sehr nahe übereinkommend betrachten. Sylvius de le Boë hielt es um 1670 für eine ausgemachte Sache, der Schwefel bestehe aus Säure und Fett; er sagt in

Sylvius de le  
Boë's Ansicht.

seinem Werke *Praxeos medicae idea nova*: Sulphur omne oleo imprimis constare et acido spiritu, tam notum est Chymicis, ut ulteriori declaratione non videatur indigere. Den verbrennlichen Bestandtheil des Schwefels bezeichnet er also hier als Del, als den andern Bestandtheil betrachtet er das, was nach dem Abgange des Dels bei der Verbrennung zurückbleibt, die Säure; der ölige Bestandtheil wird nach ihm bei der Verbrennung abgeschieden. Sylvius faßt, wie Geber, unter der Bezeichnung Del alles in den Körpern Enthaltene zusammen, was verbrennlich ist; schon 1659 sprach er in seiner *Disputatio de alimentorum fermentatione in ventriculo* aus: Duplex observatur mistorum vinculum, primarium quidem et potentius, sal (das Feuerbeständige), secundarium vero et imbecillius, oleum (das Verbrennliche); illius vim frangit aqua, hujus immutat et destruit ignis. Das Feuer betrachtete er als nur dann auf die Sinne wirkend, wenn es (bei der Verbrennung) mit dem Träger der Verbrennlichkeit, dem oleum oder pabulum ignis, vereinigt ist; in dem erst genannten Werke sagt er: Ignis, quantum ego saltem potui hactenus observare, nullum producit in nostro sensu calorem, nisi quando in oleo, quod ejus pabulum vulgo dicitur (quo jure, jam non inquiram), existit et subsistit. — Boyle gelang es, aus Schwefelsäure durch Destillation mit Terpenthinöl Schwefel darzustellen; doch ließ er es unentschieden, ob der Schwefel durch die Verbindung der Säure mit verbrennlichem Stoffe entstanden sei, oder ob er schon als Bestandtheil in der Säure existirt habe. Er äußert sich darüber in seinem *Chemista scepticus* (1661): Cum olei vitrioli et olei terebinthini mixturam in parva retorta vitrea distillassem, obtinebam notabilem certae alicujus substantiae quantitatem, quae, circa retortae collum haerens, seipsam sulphur prodebat, non modo forti admodum odore sulphureo, similique colore, sed et eo, quod, carbonibus imposita, protenus accendebatur, et communis sulphuris ad instar urebat. — Ab hoc experimento deducere possim vel harum propositionum alteram, vel utramque; verum sulphur posse confici ex duarum ejusmodi substantiarum, quas Chymici pro elementaribus habent, quarumque neutra seorsim tale corpus in se continebat, conjunctione; vel, oleum vitrioli, licet destillatus sit liquor, parsque habeatur salini principii et concreti illius, quod eum suppeditat, posse tamen corpus esse adeo compositum, ut, praeter salinam ejus

Sylvius de le  
Boe's Ansicht  
über die Zusam-  
mensetzung des  
Schwefels.

Boyle's Ansicht.

Kunkel's Ansicht  
über die Zusam-  
mensetzung des  
Schwefels.

partem, sulphur contineat vulgari sulphuri simile. — Bestimmt nimmt aber in dem Schwefel einen öligen Bestandtheil als Ursache seiner Verbrennlichkeit Kunkel an, welcher in seinen »chymischen Anmerkungen, darinnen gehandelt wird von den Principiis chymicis« (1677) sich äußert: »Da ich vom Sulphure communi geschrieben, habe ich ihn für kein Principium (einfachen Körper) gehalten, aber doch statuirt, er bestände in einer Fettigkeit der Erden, welche ein Oleum combustibile sei, und habe sein Brennen daher bewiesen.«

Annahme desselben  
Principis in allen  
verbrennlichen  
Körpern und den  
Metallen. —  
Phlogistontheorie.

So bildete sich die Ansicht aus, in dem Schwefel sei ein fettiger Bestandtheil als Ursache der Verbrennlichkeit; daneben bestand noch die Meinung, ein Gehalt an Schwefel selbst sei die Ursache der Verbrennlichkeit der Metalle. Diese griff Kunkel in dem ebengenannten Werke mit Nachdruck an, und suchte den Satz zu widerlegen, welchen um 1670 die meisten Chemiker für wahr hielten: ubi ignis et calor, ibi sulphur. (Wie schon Paracelsus in seinem Tractat von natürlichen Dingen behauptet hatte: »was da brennt, ist sulphur«, sagte auch noch N. Lemerj 1675 in seinem Cours de chymie ganz bestimmt: le soulfre est le seul principe, qui s'enflame.) Vorzüglich aber waren es Becher und nach ihm Stahl, die es zur Anerkennung zu bringen wußten, daß keineswegs in den Metallen gemeiner Schwefel der die Verbrennlichkeit bedingende Bestandtheil sei, und welche dagegen zu beweisen suchten, ein und dasselbe, für sich nicht darstellbare, Princip sei in dem Schwefel, den Metallen und allen verbrennlichen Körpern enthalten, und seine Absonderung gehe in der Verbrennung vor sich.

Becher's Ansichten  
über Verbrennung  
und Verkalkung.

In seiner Physica subterranea (1669) stellt Becher in Bezug auf die Verbrennung folgende Grundsätze auf. Die Verbrennung ist eine Zerstörung, eine Auflösung des verbrennlichen Körpers in seine Bestandtheile; das drückt er so aus: Manifeste liquet, nihil posse ardere, quod non summe raribile (zertheilbar) sit, et omne, quod ardet, rarescere (sich zertheile) et in atomos resolvi. Ein einfacher Körper, der keiner Zerlegung fähig ist, kann somit nicht brennen. Quodcunque non potest rarefieri, id etiam non potest flagrare. Die Feuererscheinung beruht auf der bei dieser Auflösung stattfindenden Zertheilung und Verdünnung des verbrennlichen Körpers: concludimus, causam ignificationis seu incensionis omne id esse, quod rarefacit summeque attenuat. Jeder Körper, welcher

verbrennlich ist, muß aber in sich eine Ursache der Verbrennlichkeit haben; *ignem sustinens corpus, animam quoque ignis patientem habebit.* Diese Ursache sucht er in dem Gehalte an einem bestimmten Principe, welches er als fettige Erde, *terra pinguis*, bezeichnet; sie ist aber nicht gemeiner Schwefel, sondern nur ein Bestandtheil auch von diesem: *a sulphure in eo differt (terra pinguis), quod hoc mixtum et decompositum sit, constans ex sale acido, et nostra hac secunda (pingui) terra.* Diese Erde muß auch in den mineralischen Substanzen enthalten sein, wofern diese brennbar sind: *cum in omnibus animalibus et vegetabilibus pinguetudinem inveniamus, quam Neoterici nostri oleum vocant: quis dubitet, et eam fossilibus inesse, cum aliqua ardere, flagrare, in cineres redigi, ipsa etiam metalla in flammis redigi et comburi posse constet.* Die Verkalkung der Metalle beruht auf dem Austreiben dieser *terra pinguis* durch Feuer: *Ignis omnia dissolvit et disunit, quae ex heterogeneis partibus constant.* — — In metallis pars volatilior ab igne expellitur; der Gebrauch von Flüssen beruht nach Becher darauf, daß dann die schwefligen Theile verhindert werden, wegzugehen; ganz so, wie es sich schon *Albertus Magnus* (Seite 104 f.) vorgestellt hatte. Neben der *terra pinguis*, deren Annahme die verbesserte Hypothese vom Schwefel der Früheren ist, betrachtete *Becher* noch eine *terra lapidea* und eine *terra mercurialis*, den früheren Begriffen von Salz und Quecksilber entsprechend, als Bestandtheile der Metalle (vergl. Theil II., Seite 277), und wie *Paracelsus* (Seite 105 in diesem Theile) verglich auch *Becher* die eine von diesen mit dem Leibe, die andere mit der Seele; nur lebendige (regulinische) Metalle können sich verkalken und sind brennbar; *sequitur, priorem terram (lapideam) ut corpus, hanc vero posteriorem (pinguem) ut animam se habere, et proinde talis constitutionis esse debere, ut priori associari queat, nempe ignem sustinere.*

Becher's Ansichten  
über Verbrennung  
und Verkalkung.

Nach *Becher* bestehen alle Metalle aus den genannten drei Erden, für welche er manchmal noch geradezu die Bezeichnungen der Früheren braucht; seine Angaben darüber erinnern sehr an *Geber's* oben (S. 97 f.) mitgetheilte Ansichten. *Becher* urtheilt z. B. über die Zusammensetzung des Eisens: *ejus mixtum essentialiter intrant multae partes terrae rubrae stipticae, unctuosum in ferro quidem fortis est, sed pauca quantitate, nec humidi metallici sufficiens quantitas; oder kurz: Ferrum constat ex nullo sale, paulo sulphure et pauciori mercurio.* Ebenso sind die Unter-

Becher's Ansichten  
über die Zusam-  
mensetzung der  
Metalle.

Becher's Ansichten  
über die Zusam-  
menfetzung der  
Metalle.

schiede in der Zusammensetzung der anderen Metalle: Cuprum terram habet dilutiorem, magis rubram: — — aurum terram habet rubram fixissimam et purissimam, unitam substantiae mercuriali purissimae, mediante sulphure penetrante; — — argentum componitur ex multa terra alba (sale), pauco unctuoso (sulphure) et pauciori humido (mercurio); — — stannum multum terrae calcis habet, paucissimum mercurii, sulphur impurum et imperfectum; — — plumbum magnam mercurii quantitatem, modicum sulphuris, paucissimum terrae seu salis habet. —

Ansichten über  
die Entstehung  
der Metalle.

Auf diese Ansichten gestützt, spricht sich auch Becher dafür aus, daß die Metalle in der Erde sich noch stets erzeugen, und im I. Supplement zu seiner *Physica subterranea* handelt er hierüber weitläufig. Er sagt hier, er wisse wohl, daß Einige behaupten, die Metalle seien von Anfang der Welt an, und eine Zusammensetzung und fortwährende Bildung derselben sei nicht anzunehmen; auch der heilige Augustin sei dieser Meinung. Aber diese irren sämmtlich; denn alle Körper unter dem Monde (omne corpus sublunare) seien gemischt, und was gemischt sei, müsse durch Zusammentreten seiner Bestandtheile sich fortwährend bilden können; also auch die Metalle. Auch werde diese Schlussfolgerung durch die Erfahrung gerechtfertigt; schon Plinius sage (vergl. S. 97), in Elba gigni ferri metallum, und Strabo berichte noch viel bestimmter, dort wachse das herausgeförderte Eisen wieder nach. Ebenso erzähle Albertus Magnus, in Scavonien decke man die armen Gänge dreißig Jahre lang zu, damit die Metalle darin reifer und besser werden. Auch schreibe Agricola von dem Eisen, welches man aus Wiesen grabe (Rasen-Eisenstein), es brauche 10 Jahre zu seiner Reifwerdung und Zeitigung. (Diese Ansicht über die allmätige Entstehung der Metalle war zu Becher's Zeit ziemlich allgemein; selbst Boyle konnte sich darüber nicht hinaussetzen, und Lachenius führt in der antiquissimae Hippocraticae medicinae clavis gleichfalls die Eisenwerke zu Elba als Beweis dafür an.)

Becher gab seine Ansichten über die Zusammensetzung der Metalle und die Erklärungen über die Ursache ihrer Verbrennlichkeit mehr in allgemeinen Umrissen, als daß er sie in den Specialitäten aller einzelnen Prozesse durchgeföhrt hätte. Vester's spricht er den Wunsch aus, es möge ihm ein Nachfolger werden, welcher seine Theorie vervollkomme; und um hierzu

Anlaß zu geben, stellte er manche Behauptung bestimmt auf, welche er vielleicht noch zurückgehalten und mit directeren Beweisen zu unterstützen gesucht hätte, wenn ihm ein ruhigeres Leben und eine ungestörtere Beschäftigung mit der Wissenschaft vergönnt gewesen wäre. *Clare heic loci scribo*, sagt er einmal bei einer solchen Gelegenheit in der *Physica subterranea*, quoniam ab improbis Sophistis et Philosophicidis persecundus, vix per horam vitae tutus sum, optaremque, ut aliqui ea ad finem perducerent, quorum ego heic loci posui fundamentum. Sein Wunsch ging in Erfüllung, indem Stahl die von Becher geäußerten theoretischen Ansichten weiter fortbildete. Gleich bei seinem ersten literarischen Auftreten zeigt sich Stahl als Anhänger der Becher'schen Lehre; seine *Zymotechnia fundamentalis, seu fermentationis theoria generalis, qua nobilissimae hujus artis causae et effectus eruuntur, simulque experimentum novum sulphur rerum arte producendi et alia utilia experimenta atque observata inseruntur*, welche 1697 erschien, enthält schon seine Zustimmung zu Becher's Ansicht, daß der Schwefel denselben verbrennlichen Stoff (Becher's *terra pinguis*) enthalte, wie die Metalle, und daß die Schwefelsäure der andere Bestandtheil des Schwefels sei, gerade wie der Metallkalk der andere Bestandtheil eines Metalls. Das angekündigte experimentum novum sollte hierfür den Beweis liefern, indem nach ihm eine Reduction der Schwefelsäure zu Schwefel auf demselben Wege bewerkstelligt wird, auf welchem die der Metalle vor sich geht; durch Erhitzung mit Kohle. Zu diesem Ende wurde die Schwefelsäure erst an Alkali gebunden, dann mit Kohle erhitzt, wo sich jetzt neu gebildeter Schwefel aus der Schwefelleber durch Säuren ausscheiden lasse. Seine Ansichten über die Zusammensetzung der Metalle und die Verbrennung entwickelte Stahl 1702 weitläufiger, wo er Becher's *Physica subterranea* neu herausgab; er beklagt hier, daß dies Werk so wenig Anerkennung gefunden habe, und sucht ihm diese besonders durch sein beigefügtes Specimen *Becherianum* zu erwirken. Stahl sagt in dem letztern nochmals bestimmt, daß die verkalkbaren Metalle aus einer besondern brennbaren Substanz und Metallkalk zusammengesetzt sind: *Ignobilia metalla continent substantiam inflammabilem, quae nudo igne aperto in auras abiens, metallum in cinerem fatiscens relinquit*. Reduction der Metallkalke ist Vereinigung mit dieser brennbaren Substanz: *Metallis ita combustis non licet in metallicam suam faciem reverti per quodcunque aliud experimentum vel additamentum, nisi quod materiam*

Stahl's Ansichten  
über Verbrennung  
und Verkalkung.

Einführung des  
Begriffs des  
Phlogiston durch  
Stahl.

talem inflammabilem illis iterum communicare atque insinuare possit. Eine brennbare Substanz, welche man bisher bald als sulphur oder sulphureitas, bald als oleum oder pinguetudo oder terra pinguis unterschieden hatte, und welche nach Stahl nicht Feuer selbst, sondern nur die Bedingung der Entstehung des Feuers ist, nannte er Phlogiston: Ad substantiam ipsam mixti, ut ingrediens, ut materiale principium et pars totius compositi constitutiva, concurrat materia et principium ignis, non ipse ignis. Ego Phlogiston appellare coepi, nempe primum ignescibile et inflammabile, directe atque eminenter ad calorem suscipiendum habile principium; nempe si in mixto aliquo cum aliis principiis concurrat. An einer andern Stelle definiert er das Phlogiston als materiale et corporeum principium, quod solo citatissimo motu ignis fiat. Es ist die Substanz, durch deren Abscheidung die Metalle zu Kalken werden; solo urendi actu, in libero aëre, substantia haec e mineralibus et pluribus metallis ita absumitur, ut tota prior compages in cineris speciem dilibatur; id quod manifestum est in plumbo, stanno, cupro, ferro etc., quae singula, levi ustione continuata, ita in cineres abeunt, dum portio haec, de qua nobis hucusque sermo est, igneo motu in auras exhalat. Als Phlogiston bezeichnet also Stahl das Princip des Brennbarseins, nicht ganz dem Begriffe des griechischen Wortes entsprechend, welches Verbranntes bezeichnet und nicht Brennbares, was die Chemiker jener Zeit darunter verstanden. Dieser Ausdruck ist indeß von ihm nicht zuerst gebraucht, sondern nur schärfer definiert und allgemeiner eingeführt worden. Denn ich finde in Boyle's schon 1661, also lange vor Stahl, gedrucktem Chemicista scepticus folgende Citation aus Sennert's Schriften: Ubique pluribus eadem affectiones et qualitates insunt, per commune quoddam principium insint, necesse est. At colores, odores, sapes, esse *φλογιστόν* (brennbar sein), et similia alia, mineralibus, metallis, plantis, animalibus insunt. Aber so wenig kam diese Bezeichnung in Aufnahme, daß Stahl sie als eine neue vorschlugen und einführen mußte. — Seine Verbrennungstheorie und seine Ansichten über die Metalle entwickelte Stahl später, außer in seinen Vorlesungen, die dann auch als Lehrbücher erschienen, hauptsächlich in seinen »zufälligen Gedanken und nützlichen Bedenken über den Streit von dem sogenannten Sulphure« (1718). Nach einer Einleitung, welche die Ausbildung der Scheidekunst durch die ihm vorhergehenden Chemiker zum Gegenstande hat, und nach einer gebührenden

Anerkennung der Verdienste Becher's, geht Stahl in dieser Schrift zu dem Beweis über, daß eine Menge der wichtigsten chemischen Fragen nicht beachtet, eine Menge der nothwendigsten Erklärungen von den Chemikern seiner Zeit nicht gegeben würden. Er führt zahlreiche Beispiele auf, besonders aber verweilt er dabei, daß die Verbrennung und Verkalkung schlecht erklärt werden. »Wer hat von diesem Ereignisse« (dem Verkalken der Metalle) »nur einige scheinbare wahre Ursache angemerkt?« fragt Stahl. »Es ist zwar von dem verbrennlichen Schwefel der Metalle vieles Reden, indeß haben geübte Chymici das größte Recht, sich über solche wortgelehrte Dichter zu beschweren, daß sie mit ihrem Schwefel durch alles, was sie nicht verstehen, hindurchfahren. — Diese prophezeien alle, doch unwissend und ohne rechten Verstand, welcher wohl darin zu finden wäre, nicht daß der Schwefel, aber wohl in dem Schwefel, eben dasselbige brennende Grundwesen sei, was auch in den Metallen, ja allen verbrennlichen Dingen, das wahre eigentliche und specifique brennliche Hauptwesen ausmacht.« Dieses Grundwesen, die Bedingung der Verbrennlichkeit, ist in allen brennbaren Substanzen dasselbe: »es ist vor die Augen zu legen, daß sowohl in dem Fett, da man die Schuhe mit schmieret, als in dem Schwefel aus den Bergwerken und allen verbrennlichen halben und ganzen Metallen in der That einerlei und eben dasselbige Wesen sei, was die Verbrennlichkeit eigentlicht giebt und machet.« In Bezug auf die Benennung dieses Grundwesens sagt er hier: »Es ist meines Erachtens das vernunftgemäße, wenn man es von seinen allgemeinen Wirkungen benennt. Und dieserwegen habe ich es mit dem griechischen Namen Phlogiston, zu deutsch brennlich, belegt.« Bei einigen Substanzen wird bei der Verbrennung dieses Phlogiston ganz als Feuer abgetrieben, bei anderen nur theilweise als Feuer, theilweise in seiner eigenthümlichen Form, als Ruß, welchen Stahl als das möglichst rein darzustellende Phlogiston ansieht. Von dem aus der Verbrennung des Terpenthinöls dargestellten Ruß sagt er z. B.: »es ergiebt sich von selbst, daß er das wahre Principium, sowohl der Fettigkeit, als der Brennlichkeit gewesen«, denn an der Luft angezündet, verbrenne er ohne allen Rückstand. Die Identität des Brennlichen in den Metallen und den Vegetabilien sucht er nun besonders nachzuweisen, sodann, daß das Phlogiston etwas ganz Anderes sei, als der gemeine Schwefel (seine Hauptgründe dafür habe ich Seite 78 mitgetheilt), und endlich weitläufig, wie der Schwefel selbst zusammengesetzt sei.

Stahl's Ansichten  
über die Entstehung  
der Metalle.

Was die Entstehung der Metalle angeht, welche wir hier noch einmal berühren wollen, so weicht Stahl von Becher ab. Dieser hatte noch fortwauernde allmälige Bildung derselben und ihrer Erze angenommen (vergl. S. 110); Stahl hingegen spricht in seiner Schrift von dem sulphure aus, weit wahrscheinlicher sei es, »daß die ganghaftig befindlichen Erze, stracks von Anfang, in die allerweifeste Eintheilung, Befestigung und Auszierung der Erde mit eingelegt und eingeschaffen worden«. Er verspottet Diejenigen, welche glauben, die unedlen Metalle würden mit der Zeit besser, reifer, garer, den edlen Metallen ähnlicher; er verweist sie auf die Bergwerke, aus denen man seit Jahrtausenden unedles Metall entnehme, ohne daß das, was man jetzt gewinne, edler oder von der Zeit garer gekocht sei, als das früher geförderte. »Die britannischen Cassiterides sind nun über 2000 Jahre bekannt, und ist doch die Küche so übel bestellt, daß man sich jeden Gedanken vergehen läßet, daß das Zinn einmal ausgekocht sein möchte. Es ist eine eigene Art Windeier« (die unedlen Metalle), »sie wollen nicht hart werden.«

Aufnahme der  
Phlogistontheorie.

Wir haben eben die Grundzüge der Phlogistontheorie dargestellt, wie sie Stahl entwickelte und welche seine Schüler bald weiter ausarbeiteten. Neben Neumann, Pott, Eller und Marggraf, welche als die vorzüglichsten Repräsentanten dieser Theorie in Deutschland schon im I. Theil besprochen wurden, ist Juncker \*) hier noch hervorzuheben, dessen *Conspetus chemiae theoretico-practicae in forma Tabularum repraesentatus, in quibus physica, praesertim subterranea (d. i. mineralische oder unorganische Chemie) et corporum naturalium principia, habitus inter se, proprietates, vires et usus — — e dogmatibus Becheri et Stahl'si potissimum explicantur* (zuerst 1730) eine der vorzüglichsten Autoritäten für die Phlogistontheorie abgab. In Frankreich findet man bald nach 1700 Stahl's Ansichten gekannt und benutzt, aber dadurch verändert, daß man statt der von ihm gegebenen Namen die älteren braucht, und Stahl's Lehren ausspricht, als ob sie eine unmittelbare Folge der früheren Meinungen seien. So nennt Homberg den brennbaren Bestandtheil der Metalle hartnäckig immer noch Schwefel, ob er gleich weiß, daß er von dem gemei-

\*) Johann Juncker, 1683 zu Lehdorf in Hessen geboren, starb 1759 als Professor der Arzneiwissenschaft zu Halle.

nen Schwefel verschieden ist, und er braucht lieber in einer Abhandlung von 1703 den Ausdruck *soufre du soufre commun*, als daß er sich dazu bequemt, die Bezeichnung Phlogiston anzunehmen; noch 1710 bezeichnete er das Princip der Verbrennlichkeit als Schwefel, und suchte zu beweisen, in den verbrennlichen Mineralien und in den vegetabilischen Substanzen sei Schwefel von einerlei Art enthalten. Ebenso drückt St. J. Geoffroy noch 1718 denselben Begriff durch *soufre principe* oder *principe huileux* aus, an die früheren unklaren Bezeichnungen *sulphur* und *oleum* sich lieber anschließend, als an Stahl's Phlogiston, und erst Macquer ließ hier Stahl's Verdiensten die gehörige Anerkennung zu Theil werden. Gehen wir indeß von den Chemikern, welche die phlogistische Theorie benutzten, ohne sich als Anhänger Stahl's zu bekennen, zu denen über, deren Nichtübereinstimmung mit des Letztern Lehre offen vorliegt. Wir wollen hier zuerst die abweichenden Ansichten derjenigen Forscher kurz angeben, welche ohne reformirende Wirkung geblieben sind, und dann genauer erörtern, welche Arbeiten zu dem Umsturze der Phlogistontheorie hinführten.

Aufnahme der  
Phlogistontheorie.

Unter Stahl's Zeitgenossen sind Fr. Hoffmann und Boerhave die bedeutendsten Autoritäten, welche sich gegen des Erstern Theorie ausgesprochen haben. Hoffmann stimmte in einzelnen Stücken mit der Lehre vom Phlogiston überein, und nahm selbst letztere Bezeichnung für den Bestandtheil der Körper, welcher ihre Verbrennlichkeit bedinge, an; den Schwefel z. B. betrachtete er als zusammengesetzt aus Säure und Phlogiston, welches letztere in den Fetten und ätherischen Delen am reichlichsten enthalten sei; *acidum, si accenditur sulphur et ejus vapor colligitur, ad oculum sisti potest; substantia vero illa altera phlogista ejus solutione in oleo tam expresso, quam destillato, se sensibus offert*, sagt er in der Sammlung seiner *Observationum physico-chymicarum selectiorum* (1722). Aber in den Metallen nahm er kein Phlogiston an, er glaubte nicht, daß die Verkalkung auf einem Verluste des Metalls an einem Bestandtheil beruhe, sondern er hielt es für wahrscheinlicher, daß Verkalkung die Verbindung des Metalls mit einem Stoffe sei, den er als Schwefelsäure bezeichnete. Bei dem Rösten der (schwefelhaltigen) Erze bleibe das Metall verkalkt zurück, und zwar weil es Schwefelsäure aufgenommen habe, welche in dem Schwefel enthalten gewesen sei, dessen Phlogiston bei der Verkalkung sich ausgeschieden habe. Jede Verkalkung beruhe auf der Aufnahme solcher Schwefel-

Abweichende  
Ansichten anderer  
Chemiker.  
Fr. Hoffmann's.

Dr. Hoffmann's  
Ansichten  
über die  
Verkalkung.

Säure, und Reduction sei Entziehung dieser Säure, welche mit Metall verbunden den Kalk bilde, nicht Zuführung eines Stoffes, welcher mit Kalk verbunden das Metall bilde (welches letztere Stahl's Meinung war). In dem Abschnitt des eben angeführten Werks, wo er seine experimenta circa mirabilem carbonum virtutem bespricht, drückt er sich hierüber folgendermaßen aus: In metallurgicis laboribus res notatu digna est, quod minerae jöviales, item ferreae, cupreae et plumbeae, calces quoque antimoniales, item scoriae et vitra metallorum, non in purum metallum vel minerale suum liquari possint, nisi carbones immediate accedant et misceantur, ac demum subministrato aperto igne fundantur. Utrum hac ratione, quae nonnullorum est sententia, quippiam istius, quod in carbonibus latet, phlogisti, in ipsam metallicam mixtionem simul transeat, et id, quod igne vel additione aliarum rerum in calcinatione absumtum est, restituat, — an potius tantum hoc modo separetur illud, quod eorum fluxilitatem impedit, res non tam clara atque evidens est, quin accuratiorem adhuc mereatur inquisitionem. — Nos rem ita explicavimus: inhaerescit mineris metallicis sulphuris acidum, quia per leniorem praecedentem calcinationem pars oleosa et inflammabilis avolat; metallorum quoque ac mineralium calces ac vitra identidem acido, quod intime poros penetrat et particularum figuram et situm immutat, debentur; hoc acido sale, tanquam causa, sublato, reditus fit in pristinum corpus. Indicantur itaque ea, quae intime penetrant, et quae acidum absorbendi potentia pollent, quo spectant maxime carbones, qui in flammam redacti, corporibus reducendis non modo immediate ignem subministrant, sed et simul oleoso et rarefactivo alcalino volatili suo principio intimos poros, ubi acidum occultum est, ingrediuntur, illud absorbent, et sic metallum restituunt. — Diese Ansicht Hoffmann's fand indeß nicht viele Anhänger; abgesehen von der Unzulänglichkeit seiner Beweisführung, daß in den Kalken eine solche Säure enthalten sei, stand seine Erklärung der Stahl's weit an Klarheit und auch an Consequenz nach, sofern Stahl die Bildung der Säure aus Schwefel und der Kalke aus Metallen als analoge, Hoffmann aber als entgegengesetzte betrachtete, da nach ihm sich die Säure aus Schwefel durch Zerlegung des letztern, der Kalk aus Metall durch Verbindung des letztern bilden soll.

Boerhave's  
Ansichten.

Boerhave erkennt in seinen Elementis Chemiae (1732) die Stahl'sche Theorie nicht an; er beginnt die Darstellung der Lehre von der Ver-

brennung damit, daß er sagt, bei diesem Gegenstande mehr als bei jedem andern müsse man sich vor der Speculation hüten und nur empirisch forschen, und namentlich jede Hypothese meiden. *Oportebit abstinere quam severissime ab omni speculatione in sola mente nata, neque indulgere quam minimum ulli, utcumque plausibili figmento, nulli servire precario assumptae sententiae, nisi velimus per dubia nosmet incertos dare et praecipites.* Die Vernachlässigung dieser Vorsicht habe zu großen Irrthümern in der Chemie und Physik geführt, und ebenso in der Medicin, wo Aerzte sich mit Fragen, die mit den Untersuchungen über Wärmeerzeugung in Zusammenhang stehen, beschäftigt hätten. — Auch Boerhave nimmt indefs in allen verbrennlichen Körpern einen besondern Bestandtheil an, der sie verbrennlich mache, und glaubt, daß die Verbrennung mit der Abscheidung dieses Bestandtheils verbunden sei, und daß das Zurückbleibende der andere, unverbrennliche Bestandtheil sei. Was in einem Körper verbrennlich ist, nennt er das *pabulum ignis*, in dem Schwefel *oleum*. Die Verbrennung des letztern zeigt auch nach Boerhave, daß dieser Körper aus einem sauren und einem brennbaren öligen Bestandtheil zusammengesetzt ist. *Sulphuris oleosa, combustibilis pars dum in igne deslagrat, pars salina acidissima, oleo vitrioli simillima nascitur.* Allein er scheint nicht die *pabula ignis* in den verschiedenen verbrennlichen Stoffen als einen einzigen besondern Körper anzusehen, und er spricht sich namentlich gegen die Ansicht über die Zusammensetzung der Metalle aus, nach welcher in ihnen Erde (Metallkalk) mit einem verbrennlichen Stoffe gemischt enthalten sei; er führt weitläufig den Beweis, daß aus den Metallen nichts dargestellt werden könne, was den Namen Erde verdiene; in einigen Metallen nimmt er hingegen Schwefel als Bestandtheil an, und in Bezug hierauf stellt er einmal, bei Gelegenheit der Verkalkung des Bleies, Fragen auf, welche an Stahl's Theorie erinnern. Im Allgemeinen betrachtet zwar Boerhave die Kalke als nicht wesentlich, sondern nur der Form nach, von den Metallen verschieden; deshalb sagt er: *Quam mire latere varia forma abscondente queunt metalla, quam facile inde iterum apparere, und fragt dann: an sulphurea quadam parte ablata, vitrescunt (sich verkalken) metalla in igne? Sic vitri stibiati confectio suadet, suadent alia. An, reddito sulphure hoc, metallica forma redit? Multa id docent, in plumbo praecipue.* Doch spricht er sich nicht diese Fragen bestimmt bejahend aus, und lehnt ihre Aufstellung offenbar mehr an die alchemistische Ansicht vom Schwefel, als an die Stahl's

Boerhave's  
Ansichten über  
die Verbrennung  
und Verkalkung.

vom Phlogiston an, wie denn seine Meinung über die Zusammensetzung der Metalle sich überhaupt der der Alchemisten nähert (vergl. S. 101). Was nach Boerhave bei der Verbrennung vor sich geht, darauf werde ich weiter unten zurückkommen, wo ich über die verschiedenen Ansichten, weshalb Luftzutritt bei der Verbrennung nöthig ist, zu berichten habe.

Solche Aussprüche gegen Stahl's Lehre von der Zusammensetzung der Metalle und gegen seine Phlogistontheorie fanden damals keine Anhänger; alle bedeutenderen Chemiker während der ersten drei Viertel des 18. Jahrhunderts erkannten diese Theorie als wahr an, und unbestreitbar ist für sie, daß sie einen großen Fortschritt in der Fähigkeit, chemische Erscheinungen unter allgemeineren Gesichtspunkten zu betrachten, in sich schloß, daß sie die damals am besten studirten Erscheinungen sehr genügend erklärte. Keine Verminderung ihrer Autorität bewirkten die Zweifel, welche ausgezeichnete Gelehrte aus anderen Zweigen der Naturforschung gegen die Existenz des Phlogistons aussprachen. Der bedeutendste unter diesen ist Buffon, welcher in dem zweiten Supplementbände zu seiner Histoire naturelle (1774) geradezu erklärte, das Phlogiston existire mehr in den Systemen der Chemiker, als in der Natur, es sei keine einfache Substanz, sondern eine Verbindung von Luft und Feuer, und die Begriffe, welche man über dieses, ohne genügenden Grund angenommene, Princip aufstelle, seien dunkel und unvollständig. Macquer, welcher damals in Frankreich der bedeutendste Repräsentant der phlogistischen Theorie war, ließ diese Schmähung nicht ungestraft; Buffon ist gemeint, wenn Macquer in seinem Wörterbuche (1778) — da, wo er über die Ursache der Kausticität handelt, und im Allgemeinen den Grundsatz aufstellt, die Existenz einer Substanz lasse sich erweisen, ohne daß man sie zu isoliren und in einer Flasche eingeschlossen vorzuzeigen nöthig habe, und aus der bloßen Nichtdarstellbarkeit dürfe auf die Nichtexistenz keinesweges geschlossen werden, — bemerkt, diese elende Art, das Dasein einer Substanz zu bezweifeln, sei doch von einem gewissen Mann gebraucht worden, welcher sich in große chemische Untersuchungen mengen wolle, ohne von dieser Wissenschaft etwas zu verstehen. Höflicher und ausführlicher antwortet dann Macquer noch an Buffon da, wo er die Lehre vom Phlogiston selbst auseinandersetzt, und er sucht hier die Annahme dieser Substanz durch die schon von Stahl gegebenen Gründe zu rechtfertigen.

Buffon's Einwürfe  
gegen die Phlo-  
gistontheorie.

In großer Anzahl lagen indeß zu dieser Zeit schon Beobachtungen vor, deren nachmalige Bestätigung, Erweiterung und richtige Deutung plötzlich die Phlogistontheorie stürzte. Diese Beobachtungen gingen darauf, daß die Metalle bei ihrer Calcination schwerer werden, obgleich sie nach der phlogistischen Lehre dabei einen Bestandtheil, das Phlogiston, verlieren sollen; sie lehrten zugleich den Einfluß kennen, welchen die Luft bei der Verkalkung und Verbrennung ausübt. Gehen wir von diesen zahlreichen Beobachtungen zuerst diejenigen durch, welche die Thatsache der Gewichtszunahme bei der Verkalkung außer Zweifel setzten, aber gar nicht oder unrichtig erklärten, und betrachten wir nachher abgesondert diejenigen, welche mit der Auf- findung der richtigen Erklärung in mehr oder weniger nahem Zusammen- hange stehen.

Schon Geber scheint bemerkt zu haben, daß Blei und Zinn bei ihrer Verwandlung in Kalke schwerer werden; er drückt aber seine Wahrnehmung nur undeutlich aus. Er sagt in der *Summa perfectionis magisterii* von dem Blei, aus ihm lasse sich Silber gewinnen, und zeigt hiermit höchst- wahrscheinlich seine Kenntniß an, daß das gewöhnliche Blei bei der Cupel- lation, welche er vorzugsweise als *artificium* oder *magisterium* (Kunst- oder Meisterstück) bezeichnet, etwas Silber giebt. *Ex plumbo per nostrum ar- tificium de facili argentum formamus*, drückt er sich aus; *non conser- vat proprium pondus in transmutatione, sed mutatur in novum pon- dus*; und von dem Zinn sagt er: *pondus acquirit in magisterio*. — Später wurde diese Gewichtszunahme wenig beachtet, bei den übrigen Che- mikern aus dem Zeitalter der Alchemie finden wir keine Angaben dar- über; nur Paul Eck von Sulzbach, dessen *Clavis philosophorum*, dem Datum der darin näher angegebenen Experimente zufolge, um 1490 ausgearbeitet wurde, spricht hier bestimmt davon, daß die Metalle bei der Verkalkung schwerer werden, und beschreibt seine über diesen Gegen- stand an Quecksilber und Quecksilberamalgame, die er verkalkte, angestellten Versuche.

Um so mehr Beobachtungen liegen aus dem 16. und 17. Jahrhun- dert über diesen Gegenstand vor. Cardanus nach seiner Schrift: *de re- rum subtilitate* (1553), hatte die Gewichtszunahme bei der Verkalkung des Bleies wahrgenommen, und erklärte sie durch die Entweichung der himmli- schen Wärme (der Feuermaterie, vergl. unten über das negative Gewicht des Phlogistons), welche dem regulinischen Metalle sein Leben gegeben habe

Uebergang zu dem  
Entwurf der Phlo-  
gistontheorie. —  
Beobachtung der  
Gewichtszunahme  
bei der Verkalkung.

Geber.

Paul Eck.

Cardanus.

Beobachtung der  
Gewichtszunahme  
bei der Verkalkung.  
Scaliger.

(vergl. Seite 105). — Scaliger \*) hingegen erklärte dieselbe Beobachtung durch die Verzehrerung der in dem Metall eingeschlossen gewesenen Lufttheilchen, wodurch der Kalk specifisch schwerer werden müsse, was er mit der Zunahme der absoluten Schwere verwechselte. Diese Erklärung finden wir später bei Kunkel und bei Stahl's Schülern wieder (vergl. unten Kunkel's und Juncker's Ansichten). Viele Beobachtungen über diesen Gegenstand wurden an dem Antimon gemacht; so bemerkte

Hamerus Poppius.

schon Hamerus Poppius, ein deutscher Arzt, in seiner *Basilica Antimonii, sive expositio naturae Antimonii* (1618), daß das Gewicht desselben bei dem Verkalken mittelst des Brennsiegels eher zu- als abnimmt; licet copiosus fumus multum de antimonio dissipari arguat, tamen antimonii pondus post calcinationem auctum potius quam diminutum deprehenditur. — Ausführlicher besprach dieses Verhalten Lefèvre in seinem *Traité de chymie* (1660), und bestimmte genauer die Gewichtszunahme, welche an dem Antimon in dem Focus eines Brennglases stattfindet, und die er sich als auf der Fixirung von Lichtmaterie beruhend vorstellte.

Lefèvre.

Tachenius.

— Tachenius stellte (1666) in seinem *Hippocrates chemicus* fest, daß das Blei, wenn es zu Mennige gebrannt wird, um Ein Zehntel an Gewicht zunimmt, bei der Reduction aber das frühere Gewicht wieder zeigt, und er schrieb diese Gewichtszunahme bei der Verkalkung auf Rechnung einer Säure, welche in der Holzflamme enthalten sei und von dem Bleikalk absoorbirt werde. — Der französische Akademiker Ducllos stellte 1667 Versuche über die Zunahme des Gewichts an, welche das metallische Antimon in dem Focus eines Brennsiegels zeigt; er fand den Kalk um Ein Zehntel schwerer als das angewandte Metall, und glaubte diese Erscheinung durch die Annahme erklären zu können, der Kalk verbinde sich mit schwefligen Theilchen, welche in der Luft enthalten seien.

Ducllos.

Erklärung durch  
Annahme einer  
vonberaubten  
Feuermaterie.

Die eben mitgetheilten Erklärungen blieben ohne wesentlichen Einfluß auf die theoretischen Ansichten, welche man später über das Phänomen der

\*) Julius Cäsar Scaliger, ein bekannter Polyhistor des 16. Jahrhunderts, war 1484 zu Niva am Gardasee geboren. Nachdem er in seinen früheren Jahren abwechselnd in Kriegsdiensten gestanden und zwischendurch mit Philosophie und Medicin sich beschäftigt hatte, ließ er sich 1532 zu Agen in Frankreich (Departement des Lot und der Garonne) nieder, wo er 1558 starb. Gegen Cardanus schrieb er seine *Exercitationes exotericas adversus Cardanum de subtilitate*; von seinen Schriften schlägt sonst noch in die Chemie ein seine *Doctrina vera Alchymiae atque artis metallica*.

Gewichtszunahme bei der Verkalkung hegte. Um die Mitte des 17ten Jahrhunderts macht sich eine andere Vorstellung dafür geltend, man betrachtet nämlich jene Erscheinung als auf dem Zutritt ponderabler Feuermaterie beruhend. Diese letztere Ansicht zählt so bedeutende Autoritäten zu ihren Anhängern, daß wir bei ihrer Betrachtung etwas weitläufiger verweilen müssen.

Erklärung durch  
Annahme einer  
ponderablen  
Feuermaterie.

Becher, welcher zuerst die phlogistische Vorstellung für die Verkalkung der Metalle gab, daß sie hierbei das allgemeine Princip des Brennbarseins verlieren, ließ sich in dieser seiner Ansicht nicht irre machen durch die ihm wohlbekannte Thatsache, daß die Metalle bei der Verkalkung, wo sie einen solchen Verlust erleiden sollen, doch nicht leichter werden, sondern im Gegentheil an Gewicht zunehmen; er erklärte vielmehr das letztere als einen Proceß der Verkalkung nur begleitende, dafür nicht wesentliche, Erscheinung, welche auf der Vereinigung des Kalkes mit wägbarer Feuermaterie beruhe. In seiner *Physica subterranea* (1669) fährt er, nachdem er die Verbrennung als eine Zertheilung des verbrennlichen Körpers (Seite 108) betrachtet hat, folgendermaßen fort: *Nunc a disjunctione continuitatis ad alterum progrediamur, nempe alterationem gravitatis, quae proxime continuitatem seu quantitatem sequitur. Hanc vero igne alterari certissimum est, nam stannum, licet per se in cineres redigatur, gravius tamen fit, et antimonium, speculo caustico calcinatum, licet multas particulas evaporet, gravius tamen fit. Et capellas, si probe cum injecto metallo ponderes, licet multum metalli videatur evaporare, si tamen eas postea ponderes, invenies notabiliter graviore existere, quam antea in toto cum metallis et omnibus additis erant. Hanc gravitatem igne causatam, Peripatetici non libenter audiunt; qui imaginariis tantum qualitatibus, et nudis vocabulis, ignis potentiam tribuunt, substantiamque esse negant; at si non sit substantia, quomodo corpora reddet graviora? — Clarum ergo erit, metalla igne tractata, sine ulla alia additione, graviora reddi, id est, in gravitate mutari. Hoc vero solo coctionis vocabulo fieri, sine corpusculorum interpositione et interventu, absurdum et durum est. — Statuendum ergo, ab igne particulas prodire, quae in corpora agunt, et in iis pro subjecti tamen varietate figuntur, unde major gravitas. Und allgemein: Practici, omnia corpora reverberii igne tractata rufescere et graviora reddi, cernunt; merito et coloris et gravitatis causam igneis particulis, subjecto reverberii igne tractato inhaerentibus, adscribent.*

Becher.

Erläuterung durch  
Annahme einer  
ponderabilen  
Feuermaterie.  
Boyle.

Eine vorzügliche Autorität gewann diese Ansicht an Boyle, welcher sich hauptsächlich in seinen Abhandlungen: *Experimenta nova, quibus ostenditur, posse partes ignis et flammae reddi stabiles ponderabilesque* und *Detecta penetrabilitas vitri a ponderabilibus partibus flammae* (1673) dafür aussprach. Boyle bezweifelt hier, daß die Verkalkung lediglich als auf der Ausscheidung eines Bestandtheils des Metalls beruhend angesehen werden könne, welchen man mitunter (wie z. B. Geber, Seite 104, Agricola (Seite 105) und Libavius (Seite 106 dieses Theils) als Feuchtigkeit bezeichnet habe, und daß der zurückbleibende Kalk nichts weiter als der erdige Bestandtheil, nur ein *Educt*, des Metalls sei. *Cum enim passim supponatur, drückt sich Boyle aus, in calcinatione magnam partem corporis dispelli, nec nisi terram, cui Chymici jungunt sal fixum, restitare; cumque ipsi Philosophi Mechanici (horum quippe duo vel tres de calcinatione sunt locuti) sentiant, multum dissipari ignis violentia, partes radicales, dum humiditate sua magis radicali et fixa privantur, in particulas siccas fragilesque converti: cum, inquam, haec placita foveantur circa calcinationem, videtur equidem, non rite ea formata esse, nec obtinere universim, quando quidem applicari minimum nequeunt metallis istis, in quae peracta experimenta nostra fuere. Etenim ex eis apparet ullam quantitatem, dignam notatu, humidarum fugaciumque partium in calcinatione fuisse dissipatam, sed id omnino et manifeste admodum apparet, hac operatione metalla plus acquisivisse ponderis, quam deperdidisse; adeo ut praecipuum metalli pondus remaneret integrum, tantum abest ut esset vel elementaris terra, juxta sensum Peripateticum (die Aristotelische elementare Erde), vel compositum terrae et salis fixi, ut Chymici passim de calce plumbi sentiunt. Diese Gewichtsvermehrung könne nur von dem Zutritt der wägbaren Feuermaterie herrühren, meint nun Boyle; unde potest hoc absolutae gravitatis incrementum, in metallis merae flammae expositis a nobis observatum, deduci, nisi ex partibus quibusdam ponderabilibus flammae? Und auf ebenderseiben Ursache, meint er in seiner Abhandlung *of the mechanical origin and production of fixedness* (1675), beruhe die Bildung des Quecksilberoxyds, des Mercurii praecipitati per se; auch in diese Zusammensetzung gehen nach ihm Theilchen aus dem Feuer, die er hier mit salzartigen vergleicht, ein: I have not been without suspicions, that in philosophical strictness this praecipitate may not be made per se, but*

that some penetrating igneous particles, especially salines, may have associated themselves with the mercurial corpuscles.

Erklärung durch  
Annahme einer  
vonderartigen  
Feuermaterie.  
N. Lemery.

Zu gleicher Zeit mit Boyle gab N. Lemery in seinem Cours de chymie (1675) eine ganz übereinstimmende Erklärung für die Gewichtszunahme der Metalle, zunächst des Bleies, bei der Verkalkung. Er sagt: Il arrive un effet dans la calcination du plomb et dans celles de plusieurs autres matières, lequel merite bien, qu'on y fasse quelque reflexion; c'est que quoyque par l'action du feu il se dissipe des parties sulphureuses ou volatiles du plomb, qui le doivent faire diminuer en pesanteur; néanmoins après une longue calcination on trouve qu'au lieu de peser moins qu'il ne faisoit, il pese d'avantage. — Quelques-uns, tachant d'expliquer ce phénomène, disent que tandis que la violence de la flamme ouvre et divise les parties de la chaux du plomb, l'acide des bois ou des autres matières qui brûlent, s'insinue dans les pores de cette chaux; mais cette raison n'aura pas de lieu quand on considerera, que cette augmentation se fait aussi-bien lors qu'on calcine le plomb avec le charbon seul, qu'avec le bois; car le charbon ne contient qu'un sel fixe, qui demeure dans les cendres, et qui ne monte point. — Il vaut donc mieux rapporter cet effet à ce que les pores du plomb sont disposez, en sorte que les corpuscules du feu s'y étant insinuez, ils demeurent liez et aglutine dans les parties pliantes et embarrassantes du métal sans en pouvoir sortir; et ils en augmentent le poids. — Si l'on revivifie (reducit) cette chaux de plomb par la fusion, les parties se rapprochent et expriment les petits corps ignées qui étaient interceptez; le plomb alors demeure moins pesant, qu'il n'estoit avant qu'on l'eust reduit en chaux, à cause de la perte qui s'est faite des parties sulphureuses. — Dieselbe Ansicht entwickelte Lemery noch ausführlicher in den Memoiren der Pariser Akademie für 1709; er gab hier an, daß Blei, Zinn, Spießglanz und Quecksilber diese Gewichtszunahme bei der Verkalkung zeigen, und suchte nochmals zu beweisen, daß die Ursache nicht in der Durchdringung des Kalkes durch eine Säure aus der Flamme liegen könne, denn auch in solchen Gefäßen nehme das Metall bei der Verkalkung an Gewicht zu, welche für die stärksten Säuren undurchdringlich seien. Nur die Feuermaterie sei so fein, daß sie hier hindurchgehen könne, um sich mit dem Kalle zu vereinigen; zudem trete auch bei der Verkalkung durch Concentration der Sonnenstrahlen

Erklärung durch  
Annahme einer  
ponderablen  
Feuermaterie.

eine solche Gewichtszunahme ein, wo doch an eine Säure gar nicht zu denken sei.

Becher's, L e m e r y's und B o y l e's Erklärung der Gewichtszunahme bei der Verkalkung wurde von den meisten Chemikern angenommen; K u n k e l sagt von ihr in seinen »chymischen Anmerkungen, darin gehandelt wird von denen Principiis chymicis« (1677), sie sei die allgemein anerkannte, ohne indeß selbst daran zu glauben (vergl. weiter unten die abweichenden Erklärungen). Eben so äußert sich H o m b e r g in den Memoiren der Pariser Akademie für 1700: Nous avons des exemples incontestables, où la matière du feu s'introduit dans certains corps, y reste long-temps et augmente la pesanteur de ces corps, comme nous voyons dans le regule d'antimoine calciné au miroir ardent; on ne peut pas dire que l'augmentation du poids du regule vienne des sels volatils ou de l'huile du charçon qui se serait introduit dans les interstices du regule, parceque le feu des charbons ne l'a pas touché. On est donc obligé d'admettre ici une introduction des particules du feu, qui restent dans le corps du regule, et qui le rendent plus pesant, qu'il n'était avant la calcination.

Homburg.

Befreiung, daß  
das Feuer wägs-  
bar sei.

Allen diesen Erklärungen liegt die Ansicht zu Grunde, das Feuer sei ein eigenthümlicher, mit Gewicht begabter Körper, eine ponderable Substanz. Diese Ansicht war in dem 16ten Jahrhundert die von vielen Chemikern angenommene; sie leitet sich ab von der Lehre der früheren Philosophen über die vier Elemente, wo auch das Feuer als ein Körper betrachtet wurde, welcher ponderablen Stoffen, wie Wasser und Erde, vergleichbar sei. Die Anhänger dieser Lehre hatten nur früher behauptet, das Feuer sei absolut leicht, habe die der Schwere entgegengesetzte Eigenschaft, ein Bestreben, sich von unserm Weltkörper weg zu entfernen. Zu dieser Meinung kehrten die Chemiker des 18ten Jahrhunderts zurück; die des 17ten hingegen legten dem Feuer Schwere in demselben Sinne, wie der Erde, den Metallen u., bei; sie betrachteten es als einen gegen unsern Weltkörper gravitirenden Stoff. Ausgezeichnete Autoritäten leugneten indeß damals schon, daß das Feuer überhaupt etwas Substanzielles sei, und betrachteten es nur als eine Qualität. B a n H e l m o n t bereits hatte sich um 1640 dagegen ausgesprochen, daß das Feuer ein körperliches Element sei (vergl. Theil II, Seite 273); er bereits erklärte, Brennen sei nicht die Ausscheidung einer

Ban Helmont.

besondern Feuermaterie, sondern nur der glühende Zustand eines dampfförmigen Körpers, und der Dampf sei eine Art Gas (*Flamma est fumus accensus, fumus est corpus Gas*). Dieselben Ansichten, wie van Helmont, entwickelte Newton in seinen *Opticks* (1701); auch nach ihm ist das Feuer nur eine Qualität, keine Substanz. *Is not Fire a body heated so hot, as to emit light copiously? fragt Newton. For what else is a red-hot Iron that Fire? and what else is a burning Coal, than red-hot Wood? Und weiter: Is not Flame a Vapour, fume or exhalation, heated red-hot, that is so hot as to flame? For bodies do not flame, without emitting a copious fume and this fume burns in the flame. — Some bodies heated by motion or fermentation, if the heat grow intense fume copiously, and if the heat be great enough, the fumes will shine, and become flame. Metals in fusion do not flame for want of a copious fume, except spelter (Zink), which fumes copiously and thereby flames. All flaming bodies as Oil, Tallow, Wax, Wood, fossil Coals, Pitch, Sulphur, by flaming waste and vanish into burning smoak; which smoak, if the flame be put out, is very thick and visible, and sometimes smells strongly, but in flame loses its smell by burning, and according to the nature of the smoak the flame is of several colours. — Smoak passing through flame cannot grow red-hot, and red-hot smoak can have no other appearance, than that of flame.*

Vestretung, daß  
das Feuer wägbare  
sei.

Newton.

Durch diese Aussprüche wurde der Glaube an eine Ponderabilität der Flamme, an eine substanzuelle Feuermaterie erschüttert; wir sehen deshalb mehrere Chemiker um 1700 von den Erklärungen, welche in diesem Glauben gegeben worden waren, abgehen. Aber damit wurde ihnen auch fast jede Möglichkeit, die Gewichtszunahme bei der Verkalkung nach damaligen Begriffen genügend zu erklären, genommen. Die Chemiker um 1700 und in den nächstfolgenden Jahren, bis 1770 etwa, welche die Ponderabilität der Feuermaterie nicht anerkennen, lassen sich deshalb gar nicht auf eine theoretische Deutung jener Gewichtszunahme ein und betrachten sie als ganz unwesentlich, oder sie geben dafür Erklärungen der schlechtesten und ungenügendsten Art.

Schon Kunkel sprach sich gegen die Annahme einer wägbaren Feuermaterie aus, deren Zutritt zu den Metallen die Gewichtszunahme bei der Verkalkung derselben verursache. In seinen chymischen Anmerkungen von

Kunkel's Ansicht.

Kunzel's Ansicht  
über die Gewichtszunahme bei der  
Verkalkung.

denen Principiis chymicis (1677) berührt er auch die Frage, weshalb diese Erscheinung eintrete. »Wie kommt es,« fragt er, »wenn ich einen Regulum Antimonii calcinire, so lange bis er nicht mehr raucht, daß er nach der Calcination immer schwerer wird, öfters auf ein Pfund wohl sechs scrupel, ja wohl eine Unz? Da doch so viel weggeraucht, welches man klärlich siehet, daß wenn alles dieses, was weggeraucht, könnte gefangen werden, man mehr als drei Unzen an Gewicht herausbringen würde?« Er beschreibt nun die Anstellung des Versuches und fährt fort: »Da fragt sich's nun: wo kommt das Gewicht her? Hierauf wird inögemein geantwortet: Die particulae igneae haben sich darein insinuiert.« Ebenso wolle man durch die Calcination des Antimons im Focus eines Brennsiegels beweisen, die Sonne strahle ponderable Materie aus. Er aber erklärt die Sache anders. Poröse Körper seien immer leicht, dichte Körper aber würden von der Luft gedrückt, welche den durch sie eingenommenen Raum zu erfüllen strebe, und daher komme die Schwere dieser dichten Körper. Mit welcher Kraft die Luft strebe, den Raum, den ein solcher Körper einnehme, zu erfüllen, das heiße, wie die Luft einen solchen Körper schwer mache, könne man sehen, wenn man ein Stück Gold oder Silber in der Luft und im Wasser wiege, wo dasselbe leichter erscheine, wenn es der Einwirkung der Luft entzogen sei. Die ponderable Feuermaterie könne nicht die Ursache der Gewichtszunahme bei der Verkalkung sein, sonst müßten Capellen, welche man leer dem Feuer aussetze, gerade so an Gewicht zunehmen, wie solche, auf welchen man Blei abtreibe. Das sei aber nicht der Fall, und daraus sehe man, daß die Gewichtszunahme davon herrühre, daß das Blei die Poren der Capelle, welche bisher voll Luft gewesen seien, ausfülle, und die Capelle somit dichter, d. h. schwerer mache. — Diese Verwechslung der Begriffe zwischen dichteren oder specifisch schwereren und absolut schwereren Körpern, welcher wir schon bei Scaliger (Seite 120) begegneten, kommt auch später noch öfters vor (vergl. unten Juncker's Ansicht).

Stahl's Ansicht.

Stahl sprach sich über die Ursache dieser Gewichtszunahme gar nicht aus; die Gewichtsverhältnisse ganz vernachlässigend, legt er dem Umstande keine Wichtigkeit bei, daß die Metalle, wenn sie ihr Phlogiston verlieren, doch schwerer werden, ebensowenig wie der vermeintlichen Beobachtung, daß man bei der Reduction eines Metallkalkes nie die Quantität Metall wiedererhalte, welche zur Verfertigung des erstern angewandt worden war, sondern immer weniger. Bei der Verkalkung des Bleies, lehrt er, geht das

Phlogiston weg, quamvis lithargirium, minium, cineres plumbi, sub Stahl's Ansicht. ipsa sui calcinatione, majus pondus acquirant, quam ipsa prima assumta quantitas plumbi exhibuerat, wie er sich in seinem Specimen Becherianum (1702) ausdrückt. Bei der Reduction tritt das Phlogiston wieder an den Bleikalk; nihilosecius in reductione perit non solum illa portio quasi supernumeraria (um welche das Gewicht bei der Verkalkung zugenommen hatte), sed interit notabile pondus de tota, quoque prima assumta quantitate. Wahrscheinlich trug Stahl Bedenken, Becher's, Boyle's und Lemery's Erklärung durch Annahme einer Fixirung wägbare<sup>r</sup> Feuermaterie beizutreten, weil er einsah, daß dieser Zutritt von Feuer mit seiner Hypothese von Ausscheidung des Phlogistons in Gestalt von Feuer sich nicht vereinigen läßt. Bei seinen Schülern sehen wir bald diese Erklärung offen bestritten.

Noch andere Chemiker jener Zeit wichen von Becher's, Boyle's und Lemery's Ansicht über die Ursache der Gewichtszunahme der Metalle bei der Verkalkung ab, und näherten sich dafür der schon von Tachenius gegebenen, von den Späteren aber wieder verworfenen, Erklärung. So z. B. enthalten die Acta et tentamina chymica, in laboratorio Holmiensi peracta von Urban Hiärne (1712) Beobachtungen, welche das Statthaben Hiärne's Ansichten. jener Erscheinung vollkommen bestätigen; diese selbst erklärt Hiärne, wie Tachenius es gethan hatte, durch die Annahme, aus den Kohlen oder dem Holze trete ein acidum pingue et sulphureum an die Kalke und vermehre ihr Gewicht; doch gestand er zu, daß sich die Gewichtszunahme von Kalken, welche durch Brenngläser bereitet seien, so nicht erklären lasse. — Ebenso leitete Hales in seinen Vegetable Staticks (1727) die Gewichtszunahme, welche das Blei zeigt, wenn es zu Mennige gebrannt wird, von dem Zutritt eines Stoffes ab, den er, wie früher Du Clos (Seite 120), unbestimmt als Schwefel bezeichnete. — Am nachdrücklichsten aber erklärte sich Boerhave in seinen Elementis Chymiae (1732) dagegen, diese Erscheinung als auf einer Absorption ponderabler Feuermaterie beruhend zu betrachten; er bewies die Unrichtigkeit dieser Ansicht dadurch, daß er große Massen von Metall kalt und glühend wog und keine Veränderung ihres Gewichts dabei wahrnehmen konnte; er schloß hieraus, die Feuermaterie, die in dem glühenden Metall sich doch in großer Menge angehäuft befinde, sei gewichtslos. Was die Versuche angeht, wo bei der Verkalkung eine Gewichtszunahme beobachtet wurde, so meint Boerhave, dies könne

Boerhave's Ansichten.

Boerhave's An-  
sichten über die  
Gewichtszunahme  
bei der Verkalkung.

wohl davon kommen, daß aus dem eisernen Löffel oder dem irdenen Gefäße, worin das Metall calcinirt worden, ponderable Theilchen dem Kalke zuge- treten seien. Was aber hier eigentlich dem Metalle oder dem Metallkalke sei- ner Ansicht nach beigemischt werde, sagt er nicht, ebensowenig als wo er spä- ter davon spricht, das Feuer wirke nicht nur zerlegend, sondern bewirke auch manchmal Verbindungen: Ignis non est sincerum dissolvens, quod modo educat de rebus illud, quod in iis antea praëxisterat; plurima enim admiscet illo ipso tempore, quo separat alia; quid enim apparet eviden- tius, quam haec rei conditio? dum antimonium, ope ignis coelestis ustulatum, ingentem quidem inde fumorum copiam expellit, interea ta- men simul tam magna copia admiscet, affigitque, huic calci alia cor- puscula, ut moles tantum queat increescere. Si plumbum eodem artifi- cio in minium mutatur, et hic quoque noxius vapor copia incredibili assurgit, calcem tamen factam majori pondere auget notabiliter. Hier ist also ausgesprochen, daß sich dem Kalke etwas in dem Feuer zumischt, aber nicht, was. Anderswo äußert er sich indeß, daß bei der Verkalkung manch- mal wohl salzige Theilchen aus der Luft an das Metall treten können (ver- gleiche unten bei den Ansichten über die Mitwirkung der Luft bei der Ver- kalkung).

Wie Stahl Bedenken getragen hatte, sich für Boyle's Annahme einer wägbaren Feuermaterie zu erklären, so finden wir auch bei des Erstern Schülern diese Annahme bestritten, nur mit dem Unterschiede, daß Stahl die Gewichtszunahme bei der Verkalkung gar nicht zu erklären versucht, während seine Schüler die größten Unrichtigkeiten zu Tage bringen, um eine Erklärung ohne Zuziehung jener Annahme zu erkünsteln. Weitläufig handelt z. B. diesen Gegenstand Juncker in seinem *Conspectus Chemiae* (1730) ab, und giebt die Erklärung der räthselhaften Erscheinung in der Weise, daß er, wie schon einige Chemiker vor ihm (Scaliger z. B., vergl. Seite 120, und Kunckel, Seite 126), das absolute Gewicht mit dem specifischen verwechselt. Die Schwere der Feuermaterie leugnet Juncker auf die Versuche mit kaltem und glühendem Eisen hin, weil sich hier bei Anhäufung der Feuermaterie keine Gewichtszunahme zeige; daß eine solche bei der Verkalkung sich zeige, schreibt er auf Rechnung einer Condensation der erdigen Theile des Kalkes, welche durch die Einwirkung des Feuers vor sich gehe. Denn um so viel das Metall bei der Calcination an Gewicht zunehme, um so viel nehme es dabei an Volumen ab. Wenn man regulini-

Sunder's An-  
sichten.

sches Antimon pulvere und ein bestimmtes Volum davon abmesse und dann calcinire, so zeige der Kalk nachher ein kleineres Volum und sei deshalb schwerer; bei der Reduction nehme das Volum wieder zu und die Gewichtszunahme verschwinde wieder; diese letztere beruhe also nur auf einer Verminderung des erfüllten Raumes, ebenso wie Ziegel nach dem Brennen größeres Gewicht und kleinere Dimensionen haben, als vor dem Brennen, und bekannt sei es auch, daß voluminöse Substanzen, wie Wolle und Flaumfedern, um so mehr wiegen, auf einen je kleineren Raum sie zusammengepreßt seien.

Ueber die Aufstellung so grundfalscher Ansichten muß man sich um so mehr wundern, da Boyle schon siebenzig Jahre früher, wie wir gleich berichten werden, auf das Deutlichste gezeigt hatte, daß bei der Verkalkung die absolute Schwere zwar zu-, die specifische aber abnimmt. Aus allen widersprechenden Meinungen, die wir in dem Vorhergehenden zusammengestellt haben, und welche wir später, zur Zeit des Kampfes der phlogistischen Theorie mit einer ihr entgegengesetzten Ansicht, sich noch vermehren sehen, ergibt sich deutlich, welche Schwierigkeit die Erklärung der Gewichtszunahme der Metalle bei der Verkalkung für die Chemiker des 17ten und 18ten Jahrhunderts in sich schloß. Um die Mitte des 18ten Jahrhunderts erklärte man sich diese Erscheinung entweder nach einer der hier aufgezählten falschen Ansichten, wie denn der Pater Ber a u d in seiner von der Akademie zu Bordeaux mit einem Preise gekrönten Dissertation sur la cause de l'augmentation de poids, que certaines matières acquierent dans la calcination (1748) meinte, diese Gewichtszunahme komme von dem Zutreten gewisser fremdartiger Theilchen, welche der Luft (ohne einen wesentlichen Bestandtheil derselben auszumachen) beigemischt seien; oder man erklärte sie mit der Annahme eines negativen Gewichts des Phlogistons, worüber wir unten weitläufiger handeln werden. So weit kam es damit, daß L i l l e t, Ziller's Ansichten. als er in den Memoiren der Pariser Akademie für 1763 die Gewichtszunahme des Bleies bei der Verwandlung in Glätte nochmals constatirt hatte, eine Erklärung dafür nur zu versuchen außer Stande war, und sich mit der Bemerkung begnügte, die Thatsache sei ein sujet d'une recherche curieuse, s'il est possible de saisir un point de Physique aussi delicat. In dem allgemeinen Bericht über die Arbeiten der Akademie, welcher den Memoiren vorangeht, wird aber die Schwierigkeit der Erklärung noch ausdrücklicher hervorgehoben; nachdem daran erinnert worden ist, die Gewichtszunahme

zunahme könne nicht von den Gefäßen u. s. w. herrühren, heißt es dann: *L'augmentation de poids tombe donc uniquement sur la litharge; et c'est un vrai paradoxe chymique, que l'expérience met cependant hors de doute. Mais s'il est facile de constater ce fait, il ne l'est pas autant d'en rendre une raison satisfaisante; il échappe à toutes les idées physiques que nous avons, et ce n'est que du temps, qu'on peut attendre la solution de cette difficulté.*

Ueber den Luftzutritt  
bei der Verbrennung  
und Verkalkung.

Und doch lagen seit längerer Zeit zahlreiche Beobachtungen vor, welche auf die richtige Erklärung dieser Erscheinung, welche auf eine richtigere Theorie der Verkalkung und der Verbrennung überhaupt nothwendig hätten hinführen müssen, wenn nicht die meisten und bedeutendsten Chemiker bis in die zweite Hälfte des vorigen Jahrhunderts von der seit lange herrschenden Ansicht befangen gewesen wären, die Verbrennung sei eine Zerstörung, ein Körper verbrenne indem er sich auf eine gewisse Art zerlege, in der Verbrennung und der ihr analogen Verkalkung habe eine Analyse statt. Für unmöglich galt damals, daß die Verbrennung ein synthetischer Proceß sein könne, daß in ihr aus dem verbrennlichen Körper sich nichts ausscheide, sondern daß mit ihm im Gegentheil sich etwas verbinde; daß die Verbrennung gerade in der Bildung einer Verbindung bestehe. Dieses Vorurtheil der Chemiker, erzeugt durch die Ansicht früherer Philosophen, daß Verbrennung eine Ausschcheidung der elementaren Feuermaterie sei, ließ alle Beobachtungen unbeachtet bleiben oder falsch deuten, welche darauf hinwiesen, in der Verbrennung gehe eine Verbindung vor sich, und zwar eine Verbindung des verbrennlichen Körpers mit Luft oder einem ihrer Bestandtheile; obgleich viele Thatsachen über die Nothwendigkeit des Zutritts der Luft bei der Verbrennung und Verkalkung seit langer Zeit constatirt waren.

Die Abhängigkeit des Brennens von der Luft, die Verstärkung des Feuers durch Zuführung von Luft, ist seit den ältesten Zeiten bekannt. Von den früheren Meinungen, welche man sich über die Wirkung der Luft bei der Verbrennung und der Verkalkung bildete, wollen wir hier nur einige anführen, die in Bezug auf eigentliche chemische Thatsachen geäußert wurden. Geber schreibt vor, die Verkalkung des Quecksilbers in einem offenen Gefäße vorzunehmen, damit die Feuchtigkeit des Metalls entweichen könne (Seite 104), und ebenso glaubt Albertus Magnus, der Zusatz von Glas zu einem Metalle verhindere die Verkalkung, indem

Frühere Ansichten.

es das Entweichen eines Dunstes aus dem Metalle abhalte (Seite 104 f.). Frühere Ansichten.  
 Hier ist also schon die Ansicht ausgesprochen, daß sich die Luft bei der Verbrennung und Verkalkung passiv verhalte, daß sie nur zur Aufnahme eines Stoffes diene, welcher aus dem verbrennlichen Körper bei der Verbrennung entweiche.

Diese Ansicht erhielt sich lange, bis in das 18. Jahrhundert, obgleich schon in dem 17. verschiedene richtigere Erklärungen und ausgezeichnete Beobachtungen über das Verhalten der Luft bei der Verbrennung veröffentlicht wurden. Rey, Hooke und Mayow gaben die ersteren, Boyle zog aus geschickter angestellten Versuchen weniger richtige Folgerungen.

Rey\*) wurde zur Untersuchung dieses Gegenstandes durch eine Anfrage eines gewissen Brun, Apothekers zu Bergerac, veranlaßt. Dieser theilte dem Erstern mit, er habe bei einer sechsständigen Calcination von 2 Pfund 12 Loth des feinsten englischen Zinns eine Gewichtszunahme von 14 Loth gefunden, bei der gleichen Behandlung von 6 Pfund Blei aber habe dieses um 12 Loth an Gewicht abgenommen; welche Erscheinungen den ihm bekannten Gelehrten unerklärlich seien. Rey beantwortete diese Anfrage in seinen *Essays sur la recherche de la cause, pour laquelle l'Estain et le Plomb augmentent de poids, quand on les calcine* (1630). Dieses Buch ist in 28 Abschnitte getheilt, von welchen die ersten 15 Theoreme behandeln, deren Feststellung nöthig ist, um das vorgelegte Problem zu lösen; dieses letztere geschieht in dem 16., welcher Folgerungen aus den 15 vorhergehenden enthält; in den 12 letzten widerlegt Rey die seiner Ansicht entgegengesetzten Meinungen. In dem 1. Abschnitt zeigt er, daß alles Materielle unter dem Himmel Schwere habe; in dem 2., daß es in der Natur überhaupt nichts absolut Leichtes gebe; in dem 3., daß somit eine natürliche Bewegung von der Erde weg nicht zu denken sei. In dem 5. Abschnitt spricht er davon, daß auch Luft und Feuer schwer seien (vergl. den

Rey's Ansichten  
über die Verkalkung

\*) Jean Rey war gegen das Ende des 16. Jahrhunderts zu Bugues (Departement der Dordogne) geboren. Er war Arzt, beschäftigte sich aber auch vorzüglich viel mit physikalischen und chemischen Studien, denen er nur in den letzten Jahren seines Lebens durch häusliche Unfälle und die Verfolgung eines Criminalprocesses entzogen wurde. Er starb 1645; von seinen *Essays*, welche im Ganzen nur wenig bekannt wurden, veranstaltete 1777 Sobet einen neuen Abdruck.

Rey's Ansichten  
über die Verkalkung.

Abschnitt über Gase in diesem Theil); in dem 6., daß die Schwere so fest mit allen Körpern vereinigt sei, daß diese auch noch ihr ursprüngliches Gewicht behalten, wenn sie mit einander in Verbindung treten. Der 7. Abschnitt handelt von der Verwandlung des Wassers in Luft (Dampf); der 8. lehrt, daß kein Körper absolut schwer ist, sondern immer nur in Bezug auf einen andern, zu welchem er hingezogen wird. Im 9. Abschnitt bespricht er, daß die Luft schwerer werden kann durch Zutritt einer Materie, welche schwerer ist, als sie selbst; im 10. und 11., daß dies auch geschehen kann durch Compression oder durch Abscheidung der minder schweren Theile der Luft; der 12., 13. und 14. Abschnitt handeln von der Wirkung des Feuers auf die Körper und namentlich auf das Wasser und die Luft; in dem 15. zeigt Rey, wie die Luft an Gewicht abnehmen kann. In dem 16. Abschnitt beantwortet er dann die Frage, warum Blei und Zinn beim Verkalken an Gewicht zunehmen: *A cette demande doncques, appuyé sur les fondements jà posez, je responds et soustiens glorieusement que ce surcroît de poids vient de l'air, qui dans le vase a esté espessi, appesanti, et rendu aucunement adhesif par la vehemente et longuement continue chaleur du fourneau, lequel air se mesle avec la chaux et s'attache à ses plus menus parties.* Rey leitet also die Gewichtszunahme von dem Zutritte der Luft an den Metallkalk ab, nicht an das Metall selbst; er erkennt nicht, daß der Metallkalk nichts Anderes als eine Verbindung von Metall mit Luft ist. Seinem eigenen Gleichniß zufolge, macht die Luft den Kalk schwerer, wie Sand an Gewicht zunimmt, wenn sich Wasser daran hängt. Wie er in dem 17. Abschnitt seines Buches zeigt, kann nicht das Lebloswerden oder Sterben der Metalle, was Cardan (Seite 119) geglaubt hatte, die Ursache der Gewichtszunahme sein; auch nicht die Ausscheidung der Lufttheilchen, was Scaliger (Seite 120), und nicht eine Art Ruß, was Casalpini angenommen hatte, wie er im 18. und 19. Abschnitt darthut. Im 20. bis 24. Abschnitt legt er dar, daß die Gewichtszunahme nicht von dem Gefäße, nicht von Kohlendämpfen, nicht von einem flüchtigen Salze der Kohlen, nicht von einem flüchtigen mercurialischen Salze, nicht von der Absorption von Feuchtigkeit herrühren könne; alle diese Meinungen, zeigt er im 25. Abschnitt, werden durch den einfachen Versuch, daß Antimon, mit einem Brennglase calcinirt, gleichfalls Gewichtszunahme zeigt, widerlegt. Weßhalb das Zinn bei der Verkalkung nicht in's Unendliche an Gewicht

zunehme, bespricht er im 26. Abschnitt, und erklärt dies dadurch, daß der Kalk einer Sättigung mit Luft fähig sei. *L'air espaisi s'attache à la chaux, et va adhérent peu à peu jusqu'aux plus minces de ses parties; ainsi son poids augmente du commencement jusqu'à la fin. Mais quand tout en est affublé, elle n'en sçaurait prendre davantage. Ne continuez plus vostre calcination soubs cet espoir; vous perdriez vostre peine.* Nachdem er nun noch im 27. Abschnitt erörtert hat, warum andere (nicht metallische) Kalke und Asche nicht an Gewicht zunehmen, fragt er sich im 28., in Bezug auf Brun's Beobachtung (Seite 131), ob das Blei gleichfalls diese Gewichtszunahme bei der Verkalkung zeige. Er bejaht diese Frage, auf vielfache Erfahrungen gestützt, und vermuthet, in Brun's Versuche mit entgegengesetztem Erfolge möge das angewandte Blei unrein gewesen sein.

Rey's Ansichten  
über die Verkalkung.

Ich habe über dieses Werk von Rey hier vollständigere Angaben mitgetheilt, weil es ein Muster ausgezeichnete Untersuchung aus der damaligen Zeit ist, und die erste Annäherung zur bessern Erklärung einer Erscheinung, deren richtiges Verständniß später auf das ganze System der Chemie reformirend einwirkte.

Rey hatte den Einfluß der Luft ausschließlich auf die Verkalkung in Erwägung gezogen; bald nach ihm gab Hooke\*) eine Erklärung für die Mitwirkung der Luft bei der Verbrennung überhaupt. In seiner *Micrographia* (1665) theilte er die Grundzüge einer Verbrennungstheorie mit, welche indeß so allgemein gehalten ist, daß man daraus weder die Richtigkeit seiner Kenntnisse, was die wichtigsten Einzelheiten angeht, noch die Versuche, auf welche hin er sich seine Ansichten gebildet haben mag, mit Sicherheit beurtheilen kann. Nach Hooke befindet sich in der Luft eine gewisse Substanz, welche mit der im Salpeter fixirten ähnlich, wo nicht identisch, ist. Diese Substanz hat die Eigenschaft, alle verbrennlichen Körper aufzulösen, aber nur, wenn ihre Temperatur hinlänglich erhöht ist. Diese Auflösung geht alsdann mit solcher Geschwindigkeit vor sich, daß Feuer entsteht, welches seiner Meinung nach eine bloße Bewegungserscheinung ist. Das Product der Auflösung kann luftförmig oder

Hooke's Ansichten

\*) Robert Hooke war 1635 auf der Insel Wight geboren. Er bezog 1653 die Universität Oxford, und wurde hier mit Boyle bekannt, welchem er bei seinen chemischen Untersuchungen behülflich war. 1662 wurde er Mitglied der Royal Society, und 1667 Secretär dieser Gesellschaft. Er starb 1702.

Hooker's Ansichten.

flüffig oder fest sein. In dem Salpeter ist jenes Lösungsmittel stark fixirt, so daß in einem gewissen Raume dieses Körpers ungleich mehr davon enthalten ist, als in einem gleichen Raume Luft. Die Verbrennung hört in einem geschlossenen Raume bald auf, sobald nämlich die hierin enthaltene Menge von Lösungsmittel mit verbrennlichem Stoffe gesättigt ist; die Verbrennung aber dauert fort und kann lebhafter gemacht werden bei freiem Zutritt oder vermehrter Zuführung von Luft, d. h. von neuem Lösungsmittel. Hooke versprach, diese Theorie bald weitläufiger zu entwickeln, was indeß nicht geschehen ist. Seine Andeutungen scheinen weniger eine richtige Vorstellung davon, wie die Luft bei der Verbrennung wirkt, einzuschließen, als einer späteren, namentlich in Stahl's Schule eifrig vertretenen, Ansicht vorzugreifen, nach welcher die Luft bei der Verbrennung sich nur passiv verhält, nur zur Aufnahme (nach Hooke zur Auflösung) des Brennbarern dient.

Mayow's Ansichten.

Hooke's Ansichten finden sich erweitert bei Mayow\*) wieder. Dieser bezeichnet in seinem Tractatus de sal-nitro et spiritu nitro-aëreo (1669) das Auflösungsmittel, welches Hooke in der Luft und in dem Salpeter annahm und als das die Verbrennung wesentlich Bedingende ansah, als spiritus nitro-aëreus, an das zweifache Vorkommen desselben, in der Luft und in dem Salpeter, erinnernd (vergl. die Ansichten über die Atmosphäre in diesem Theile). Er nahm an, jede Verbrennung sei durch den Zutritt dieses spiritus bedingt; das Erlöschen der Flamme im geschlossenen Raum finde nicht deßhalb statt, weil die vorhandene Luft mit Dämpfen aus dem brennenden Körper übersättigt werde, sondern es trete ein, wenn der in der vorhandenen Luft enthaltene spiritus nitro-aëreus absorbiert sei. Daß ein Körper brenne, dazu gehöre nicht nur, daß er brennbare Theile (Mayow bezeichnete diese noch als particulas sulphureas) enthalte, sondern auch, daß diese bei ihrem Austreten den spiri-

\*) John Mayow war 1645 in der Grafschaft Cornwall geboren. Er studierte anfänglich die Rechte, später die Arzneiwissenschaft zu Orford, und ließ sich als praktischer Arzt in Bath nieder, wo er 1679 starb. Von ihm erschienen 1668 Tractatus duo, de respiratione prior, alter de rhachitide, und 1669 Tractatus quinque medico-physici, 1) de sale nitro et spiritu nitri aëreo, 2) de respiratione, 3) de respiratione fetus in utero et ovo, 4) de motu musculari et spiritibus animalibus, 5) de rhachitide. Gesammelt wurden seine Schriften 1681 als opera omnia medico-physica. (Eine deutsche Uebersetzung durch J. Köllner erschien 1799.)

tus nitro-aëreus vorfinden: ad materiae cujusque sulphureae accen-Mayow's Ansichten. sionem requiritur, ut particulae igneo-aëreae ab aëre aut a nitro, ei prius admixto, suppeditentur. Die Feuererscheinung beruht darauf, daß die particulae nitro-aëreae bei dem Verbrennen, wo sie gebunden werden, in eine heftige Bewegung gerathen: ut particulae nitro-aëreae formam ignis induant, necessarium esse videtur, ut istae cum sale fixo, aut re aliqua alia strictius combinentur; quo eadem violenter et cum impetu elastico a conjuge sua abruptae, in motum velocissimum concitentur. Die Verbrennung beruht in der Wechselwirkung der schwefligen Partikeln des verbrennlichen Körpers auf die salpetrigen Partikeln der Luft (doch scheinen ihm in dem Feuer, welches durch einen Brennspiegel erzeugt werden kann, die schwefligen Theilchen zu fehlen): Ignis nihil aliud est, quam particularum nitro-aërearum, sulphurearumque, mutuo se commoventium, fermentatio maxime impetuosa. Auch die Verkalkung betrachtet Mayow als eine Wirkung des spiritus nitro-aëreus, und hier spricht er ganz bestimmt aus, daß der Verkalkungsproceß in einer Verbindung dieses spiritus mit dem Metalle beruhe; auch die Gewichtszunahme bei der Verkalkung schreibt er dieser Verbindung zu (richtiger als Rey, welcher sie auf Rechnung einer Absorption der Luft durch den, schon gebildeten, Kalk schrieb): Neque illud praetereundum est, quod Antimonium, radiis solaribus calcinatum, haud parum in pondere augetur, uti experientia compertum est; quippe vix concipi potest, unde augmentum illud antimonii nisi a particulis nitro-aëreis ignisque ei inter calcinandum infixis procedat.

Eine ganz ähnliche Theorie stellte 1671 Willis auf, zunächst zur Willis's Ansichten. Erklärung der thierischen Wärme aus dem Athmungsproceß (vergl. den Abschnitt über die Erkenntniß der atmosphärischen Luft in diesem Theile), aber so gedrängt, daß seine Worte hier wohl eine Stelle verdienen. In seiner Exercitatio de sanguinis incalescentia sive accensione sagt er: Ut flamma accendatur maneatque accensa, libero, et indiscontinuo aëris accessu opus est; idque non solum, ut effluvia vaporosa, flammae suffocationem minantia, foras convehantur et perpetim decedant, attamen longe potius, ut pabulum nitrosum, propter cujusvis rei incendium necessario requisitum, ab aëre suppeditetur: Enimvero omnis ignis sublunaris, ac potissimum flamma, omnino conflatur a particulis sulphureis, e corpore combustibili confertim erum-

Willis' Ansichten. *pentibus, atque nitrosis, quae ubique in aëre scatent, iis in occursum datis.* Hier ist also eine Art gemischter Theorie, ähnlich wie sie später bei dem Streite zwischen der phlogistischen und der antiphlogistischen Theorie aufgestellt wurde; Willis schreibt die Verbrennung theilweise auf Rechnung des Austretens eines brennbaren Principis aus dem verbrennlichen Körper, theilweise auf Rechnung einer activen Mitwirkung eines Bestandtheils der Atmosphäre. Daß darin salpetrige Theilchen seien, beweist er wie *Mayow*.

Boyle's Versuche. Diese richtigeren Erklärungen machten damals keinen Eindruck auf die Chemiker, zum Theil deswegen, weil aus Versuchen, die mit jenen Erklärungsweisen im engsten Zusammenhange standen, die bedeutendsten Autoritäten ganz andere Folgerungen zogen. So hatte namentlich Boyle Beobachtungen angestellt, welche den Einfluß der Luft auf die Verbrennung und Verkalkung klar darlegten, allein seine vorgefaßte Ansicht über ponderable Feuermaterie ließ ihn das Wichtigste seiner Resultate geradezu verkennen. Die Abhandlungen Boyle's, welche hierauf Bezug haben, wurden schon oben (Seite 122) angeführt. In seinen Versuchen zeigte sich, daß Luft während der Verkalkung absorbiert wird, allein Boyle dachte nicht daran, das Gewicht dieser verschwundenen Luft als die Ursache der Gewichtsvermehrung, die bei der Verkalkung eintritt, anzusehen. Er stellte verschiedene Experimente an, wo er Zinn und Blei über Spirituslampen verkalkte; in einem derselben füllte er eine Unze Blei in eine Retorte, deren Hals er luftdicht verschloß, und erhitzte längere Zeit über der Spirituslampe; *eventus hic erat, quod, postquam metallum illud in flamma detentum fuerat per bihorium, sigillato retortae apice fracto, aër externus cum strepitu in eam irruit (indicio sane, vas omnino fuisse integrum), nosque insignem quantitatem plumbi invenimus; septem quippe fuerunt scrupula et amplius in calcem subcaesiam versa, quae una cum metalli residuo iterum appensa cum essent, deprehensum a nobis fuit, luerum granorum sex hac operatione factum fuisse.* Allein Boyle sah in diesem Einströmen von Luft nur den Beweis, daß die Retorte luftdicht verschlossen war, daß die Gewichtszunahme also nur von dem Zutritte der Feuermaterie verursacht sein könne; dasselbe Experiment, welches er anstellte, gab hundert Jahre später die Grundlage einer neuen Theorie der Verkalkung ab, nachdem Lavoisier hinzugesügt hatte, das Gewicht der Retorte mit dem Blei vor dem

Verkalken, nach dem Verkalken vor dem Deffnen der Retorte und nach demselben zu bestimmen, was Boyle versäumt hatte, und diese Versäumniß allein konnte ihn auf seiner falschen Ansicht bestehen lassen. Boyle erkannte nicht, wie die Luft bei der Verbrennung eigentlich wirkt; obgleich er wohl wußte, daß ohne Zutritt von Luft keine Verbrennung möglich ist, was er besonders in seinen *New experiments touching the relation betwixt flame and air* (1672) darthat, wo er zeigte, daß in dem luftleeren Raum keine Verbrennung, selbst des Schwefels nicht, stattfindet; obgleich er bemerkt hatte, daß das Blei sich nur da verkalkt, wo es mit der Luft in Berührung ist, von welcher er deßhalb glaubte, sie enthalte einen besondern, von ihm als salinisch bezeichneten Bestandtheil, der zur Verkalkung des Bleies wesentlich mitwirke (vergl. atmosphärische Luft). Uebrigens ist Boyle der Erste, welcher richtig erkannte, daß die Metallkalke (der schweren Metalle) specifischer leichter sind, als die Metalle, aus welchen sie entstehen; eine Wahrheit, welche von mehreren seiner Vorgänger und Nachfolger außer Acht gelassen wurde, indem diese dem verkalkten Metalle ein größeres specifisches Gewicht als dem regulinischen zuschrieben, und die Zunahme des specifischen mit der Zunahme des absoluten Gewichts verwechselten (vergl. Seite 120, 126 und 128). In Bezug auf das eben besprochene Experiment über die Verkalkung des Bleies in einer Retorte sagt Boyle: *Adjiciam, me septem illa calcis scrupula examinasse, in aëre et aqua ponderando, ac deprehendisse, ut exspectabam, quod, quamquam gravitas metalli absoluta per flammae particulas firmiter ipsi adhaerentes fuerit adaucta, hoc tamen plumbi et extinctae flammae aggregatum multum gravitatis suae specificae amiserat.*

Die Anhänger der phlogistischen Theorie deuten den Einfluß, welchen die Luft auf die Verbrennung und Verkalkung ausübt, in einer Weise, die an die Meinungen der frühesten Alchemisten erinnert. Der Ansicht ähnlich, welche sich Geber und Albertus Magnus über den Proceß der Verkalkung und über die Mittel, sie zu verhindern, gebildet hatten (vergl. Seite 104), ist die Vorstellung Becher's über diesen Gegenstand; auch nach ihm verhält sich die Luft bei der Verbrennung passiv, sie nimmt die entweichenden schwefligen Theile des verbrennenden Körpers auf, mit ihrer Ausschließung wird die Bedingung hinweggenommen, unter welcher diese Theile sich ausscheiden können, und so die Verbrennung und Verkalkung verhindert (vergl. Seite 108 f.). — Ebenso weiß

Boyle's Versuche.

Becher's Ansichten.

Stahl's Ansichten. Stahl, daß in verschlossenen und von Luft befreiten Gefäßen gar keine Verkalkung stattfinden kann; *ferrum, regulus antimonii, cuprum, plumbum, ne stannum quidem, in exacte ocluso et pleno vase non comburuntur*, sagt er in seinem Specimen Becherianum, und in seinen »Gedanken und Bedenken von dem Sulphure« hebt er hervor, daß selbst der Körper, welchen er nahe als reines Phlogiston betrachtet, der Kienruß, bei abgehaltener Luft nicht verbrenne. Dies beruht nach ihm darauf, daß der Stoff fehlt, an welchen das Phlogiston treten kann, mit dessen Abscheidung aus dem verbrennlichen Körper die Verbrennung und Verkalkung verknüpft ist; aber Stahl hebt ausdrücklich hervor, daß die Luft hierbei keine Verbindung mit dem verbrennlichen Körper eingeht, denn ob die erstere überhaupt eine chemische Verbindung eingehen könne, sei nicht ausgemacht. Nachdem Stahl in dem Specimen Becherianum von den Körpern gesprochen hat, welche brennbare Verbindungen bilden können, meint er: *aliter sese habet cum aëre, de quo non ita exquisite constat, an revera, sive mixtiones sive compositiones, ingrediatur*. Der Zutritt der Luft bei der Verbrennung sei nothwendig, aber der Antheil, welchen sie daran nehme, sei passiver Art, und könne ebensowohl durch Wasferdampf geleistet werden, mittelst dessen sich gleichfalls die Flamme anfachen lasse: *ita ad flammam formandam absolute opus est aëre, aut ad minimum, aëris instar, elasticæ expansio halitu atque flatu aqueo*. Verbrennung mit Feuererscheinung ist nach Stahl nur ein besonderer Zustand des sich ausscheidenden Phlogistons, wenn sich die kleinsten Theilchen desselben in einer raschen Bewegung befinden, die von Stahl als ein *motus verticillaris* bezeichnet wird. Die Luft wirkt also bei der Verkalkung allgemein, indem sie das entweichende Phlogiston aufnimmt, bei eigentlichen Verbrennungen aber, indem durch sie zugleich den kleinsten Theilchen des Phlogistons der *motus verticillaris* mitgetheilt wird; das drückt Stahl, nach den *Fundamentis chemiæ dogmaticæ et rationalis*, auch so aus: *Aër excitat motum aetheris seu flammæ*, und nur in diesem Sinne heißt die Luft bei ihm auch die Seele des Feuers: *Aër ignis est anima; hinc, sine aëre nihil potest accendi vel inflammari*.

Boerhave's Ansichten.

In ähnlicher Weise erklärte Boerhave in seinen *Elementis Chemiæ* (1732) die Nothwendigkeit des Luftzutritts zur Unterhaltung der Verbrennung. Auch nach ihm wirkt hier die Luft nur mechanisch; von allen Seiten sich zudrängend, wirke diese auf den brennbaren Körper so ein, daß alle seine

kleinsten Theilchen in heftige Bewegung und starke Reibung kommen müssen. Boerhave berechnet das Gewicht der Luftsäule, welche auf eine mit verbrennlicher und angezündeter Substanz bedeckte Heerdplatte drückt, und sucht aus dem Flackern des Feuers nachzuweisen, daß diese Luftsäule immer emporgehoben werde und wieder falle, wie ein Hammer auf den Amboß; die hieraus hervorgehende Bewegung und Reibung muß nach ihm so lange mit Feuererscheinung stattfinden, bis alles fein Zertheilbare des brennbaren Körpers zerstört und entfernt ist. — Den Antheil, welchen die Luft an der Verkalkung der Metalle hat, kennt Boerhave, aber er schreibt die Verkalkung der unedlen Metalle an der Luft auf Rechnung gewisser salziger und schwefliger Theile, welche die Metalle angreifen, und an diesen Theilen sei die Luft in verschiedenen Ländern verschieden reich, einen Ueberfluß daran enthalte sie auf den Bermudischen Inseln. *Salibus et sulphuribus scatet aër. Nonne plumbum, cuprum, ferrum, ab aëris contactu motuque, assidue et cito, vertuntur in flores, calcem, scobem? hinc in ferruginem, aeruginem, cerussam abeunt? — — In America aër adeo efficax est rodendo, ut tegulas aedium, lapidea corpora, metalla fere omnia consumat; ut Britanni de aëre Bormudensi uno ore testantur.*

Boerhave's Ansichten.

So blieb die richtige Erklärung, in welcher Weise die Luft an der Verbrennung und Verkalkung Antheil nimmt, verkannt; in falschen Ansichten erschöpfte man sich, und wenn je einmal ein Chemiker eine richtigere Auslegung des Vorganges andeutete, so blieb seine Meinung unbeachtet. Wo nicht geradezu falsche Erklärungen über diesen Gegenstand gegeben sind, da beschränken sich die Schriftsteller bis zu dem letzten Viertel des 18. Jahrhunderts auf die einfache Angabe der Thatsache, daß Luftzutritt zur Verbrennung nothwendig ist. Die Wirkung der Lufttheilchen auf die brennbaren Bestandtheile eines verbrennlichen Körpers ist es z. B. nach Hales, Hales' Ansichten. in seinen *Vegetable Staticks* (1727), was das Feuer hervorbringt, ohne daß indeß das Wie? angegeben wäre: *The action and the reaction of the aerial and sulphureous (phlogistifischen) particles is, in many fermenting mixtures, so great, as to excite a burning heat, and in others a sudden flame; and it is, we see, by the like action and reaction of the same principles, in fuel and the ambient air, that common culinary fires are produced and maintained.*

Es stimmten also die Chemiker in Bezug auf die Constitution der

Metalle und auf die Verkalkung, was zugleich die Theorie der Verbrennung überhaupt in sich einschloß, seit 800 etwa darin überein, daß die Verkalkung der Metalle auf einer Austreibung gewisser Theile beruhe, welche im Anfang bald als schweflige, bald als feuchte bezeichnet werden, bis Stahl die Verkalkung als die Austreibung des Phlogistons hinstellte, und das regulinische Metall als eine Verbindung von Metallkalk und Phlogiston ansehen ließ. Fast allgemein anerkannt wurde sodann nach Stahl, die Luft wirke nur in der Art, daß sie zur Aufnahme des Phlogistons diene, welches, ohne einen solchen es aufnehmenden Körper vorzufinden, nicht aus der verbrennlichen Substanz austreten könne, und nebenbei bringe die Luft noch die feine Zertheilung des Phlogistons und sein Erscheinen im glühenden Zustande hervor. Unbeachtet blieben die Beobachtungen, welche noch eine andere Wirkung der Luft bei der Verkalkung anzudeuten schienen, wie z. B. die Wahrnehmung, welche Hales in seinen *Vegetable Staticks* (1727) mittheilte, daß Blei, welches zu Mennige verkalkt ist, bei starker Hitze eine große Menge Luft entweichen läßt; lediglich nach der Annahme, daß nur soviel Metall sich verkalken kann, als Luft vorhanden ist, um das aus dem Metall in der Hitze entweichende Phlogiston aufzunehmen, wurden die Versuche von Beccaria (1759) erklärt, daß Zinn und Blei, in verschlossenen Gefäßen erhitzt, um so mehr Kalk geben, je größer der übrige leere Raum in den Gefäßen noch war. Keinen Anstoß nahm man an der Erscheinung, daß der Metallkalk, der Bestandtheil, schwerer wiegt, als das Metall, die Verbindung, in welche der erstere eingeht. Das Factum der Gewichtszunahme bei der Verkalkung wurde von den Chemikern immer noch bald mit der Annahme eines Zutritts von Feuermaterie, nach Becher, Boyle und Lemeroy (Seite 121 ff.), oder eines hypothetischen, nicht näher bezeichneten, Stoffs aus der Luft, wie von Boerhave, Hales (Seite 128 und 127), u. A., bald durch Verwechslung des specifischen Gewichts mit dem absoluten, wie von Stahl's Schülern (Seite 128), zu erklären gesucht; nur die von Rey und Mayow angedeutete Erklärung, durch Annahme einer Luftabsorption, fand damals keine Vertreter. Viele Chemiker gegen 1770 bekümmerten sich gar nicht um die Erklärung dieser Erscheinung, welche noch stets nur als eine zufällige, aber jede Verkalkung begleitende, angesehen wurde; alle metallischen Substanzen, meint Baumé in seiner *Chymie experimentale et raisonnée* (1773), haben die Eigenschaft, nach der Verkalkung 10 bis 12 Procent schwerer zu wiegen, und ebenso, wie man diese

Fortdauernde Ver-  
färbung der Luft bei  
der Verbrennung  
und Verkalkung.

Wachsthum der Ge-  
wichtsverhältnisse.

Gewichtszunahme irrthümlich bei allen Metallen für nicht wesentlich verschieden hielt, betrachtete man sie auch als unerheblich für die Theorie der Verkalkung. Die Verbrennung und Verkalkung konnten die Chemiker nach ihrer Theorie erklären, und das genügte ihnen als Chemikern; die Gewichtsverhältnisse, welche dabei vorkommen, zu untersuchen, wurde als nicht in ihr Gebiet gehörig betrachtet; den Physikern überließ man es, eine Erklärung dafür zu geben, wie ein Körper ein größeres Gewicht zeigen kann, wenn er einen Bestandtheil verloren hat, wie ein Körper überhaupt wechselndes Gewicht zeigen kann. Für um so unerheblicher galt damals die Beachtung der Gewichtsverhältnisse und die Untersuchung, inwiefern sie mit einer Theorie übereinstimmen, als das Gewicht überhaupt für etwas Veränderliches gehalten wurde; in Bezug auf Verkalkung und Reduction der Metalle namentlich stand lange die Ansicht fest, wenn man ein gegebenes Gewicht Metall calcinire und wieder reducire, so erhalte man in der letzten Operation nie die ganze anfänglich angewandte Quantität Metall wieder. Dies hatten schon N. L e m e r y (Seite 123), S t a h l (Seite 127) u. A. behauptet, und M a c q u e r betrachtete es noch 1778 als eine außer allem Zweifel stehende Thatsache. Mit dieser Ueberzeugung von der Veränderlichkeit des Gewichts mußte aber natürlich auch die verbunden sein, eine genauere Beachtung der Gewichtsverhältnisse könne nicht zur Entscheidung über die Theorie der Verbrennung und Verkalkung hinzugezogen werden; die ersteren Erscheinungen überließen also die Chemiker ganz den Physikern, welche ihrerseits nichts damit zu machen wußten, und erst bei der Bekämpfung der Phlogistontheorie durch einen Gelehrten, wie L a v o i s i e r, der zugleich ein geschickter Chemiker und ein gründlicher Physiker war, suchten die Anhänger des phlogistischen Systems für die Gewichtszunahme bei der Verkalkung physikalische Erklärungen zu geben, welche unglücklich genug ausfielen, wie wir weiter unten ausführlicher sehen werden.

Ueberblicken wir die Ansichten der bedeutendsten Vertreter der Phlogistontheorie um 1770, so finden wir in Bezug auf Verbrennung, Verkalkung und Constitution der Metalle folgende Meinungen besonders beachtet.

Verbrennung und Verkalkung ist Ausscheidung des Phlogistons aus einem verbrennlichen (phlogistonhaltigen) Körper. Das Phlogiston ist ein Grundstoff, der im vollkommen isolirten Zustande nicht darzustellen ist; was man als mehr oder weniger reines Phlogiston betrachtete, werde ich

Die Phlogistontheorie in ihrer Ausbildung um 1770.

Die Phlogistontheorie in ihrer Ausbildung um 1770.

unten zusammenstellen, wo ich über die Bekämpfung der Phlogistontheorie zu berichten habe, während welcher die isolirte Darstellung des Phlogistons besonders gesucht wurde. Große Undeutlichkeit herrschte bei den meisten Chemikern jener Zeit darüber, in welchem Zusammenhange das Phlogiston mit der Feuererscheinung bei seiner Ausscheidung steht, indem einige das Feuer nur als eine Qualität des Phlogistons, andere als eine damit der Substanz nach verwandte Materie betrachteten. Wallerius namentlich hielt das Phlogiston für wahre Feuermaterie; auch Macquer, welcher noch zudem das Licht damit identificirte, aber auch glaubte, das Phlogiston lasse sich auch unrein und dann im nicht glühenden Zustande abscheiden. Den Sinn der Deductionen, welche zu jener Zeit über das Verhältniß zwischen Feuer und Phlogiston gemacht wurden, im Auszug wieder zu geben, gelingt mir nicht; lauter unbestimmte und schwankende Ansichten lassen sich nicht in kurzen Sätzen ausdrücken; auf einige bestimmtere Aussprüche werde ich gleich nachher zurückkommen, die erst mit Berücksichtigung von Thatsachen gegeben wurden, welche von der eigentlichen Phlogistontheorie nie anerkannt wurden.

Daß der Gehalt an Phlogiston in einem verbrennlichen Körper mit der Farbe desselben in bedingendem Zusammenhange stehe, wird von Vielen noch angenommen; wir sahen oben, daß schon Albertus Magnus (Seite 99) und Basilius Valentinus (Seite 100) die Farbe eines Metalls von seinem Gehalt an schwefligen (verbrennlichen) Theilen abhängig sein ließen.

Einige waren auch noch der Ansicht, in den Metallen sei außerdem ein mercurialischer Grundstoff enthalten (vergl. Seite 100 ff.), ohne daß jedoch dieser Bestandtheil zu jener Zeit noch besonders berücksichtigt wird.

Die Abscheidung des Phlogistons bei der Verbrennung läßt durch den Rückstand erkennen, mit welchen Substanzen dasselbe in dem verbrennlichen Körper enthalten gewesen war. Daß es in den Metallen sich mit Kalken in Verbindung befindet, wird auf diese Art erkannt.

Ueber die Natur der Metallkalken hatten die Anhänger der Phlogistontheorie um 1770 bis 1780 sehr abweichende Ansichten.

Alle stimmten überein, daß diese Metallkalken, die erdigen Bestandtheile der Metalle, verschieden sind, aber Einige glaubten, dies beruhe nur darauf, daß man die Calcination nicht vollkommen ausführen könne, daß immer noch etwas Phlogiston dem erdigen Bestandtheil anhängt. In dem ver-

Ansichten über die Metallkalken.

schiedenen Verhältniß des Rückhaltes an Phlogiston zu dem erdigen Bestandtheil des Metalls sahen mehrere Chemiker, und namentlich Macquer, die Ursache der Verschiedenheit der Metallkalke, und diese glaubten, mit einer vollständigen Austreibung des Phlogistons wäre wahrscheinlich die Ausziehung eines und desselben erdigen Bestandtheils aus allen Metallen verbunden.

Andere glaubten, die Metallkalke seien nicht in Rücksicht auf die noch in ihnen enthaltene Menge Phlogiston verschieden, sondern sie seien wesentlich verschieden, und zwar seien sie Verbindungen aus denselben entfernteren Bestandtheilen in verschiedenen Verhältnissen. So stellte Wenzel in seiner »Einleitung in die höhere Chemie« (1773) die Ansicht auf, die Metalle bestehen aus Zerförbarem durch Feuer (Phlogiston), was Wenzel als den auflösenden Bestandtheil des Metalls, auch wohl als Schwefel oder Phosphor unterscheidet, und aus Feuerbeständigem (Metallkalk), welches der Inbegriff der bindenden Bestandtheile sei. Das Feuerbeständige in den Metallen sei aber eine Zusammensetzung aus drei Principien, welche als färbende Erde, talgähnliche Erde, und Salz bezeichnet werden. Die erstere sei das Element, welches den Metallkalcken die Fähigkeit gebe, Glasflüsse zu färben; sie mangle in dem Zinn- und Zinkkalk. Die talgähnliche Erde und das Salz aber, für welche der damit verbundene Begriff sich nicht kurz wiedergeben läßt, seien als Bestandtheile in allen Metallen enthalten.

Noch andere Chemiker betrachteten den feuerbeständigen Antheil der Metalle, die Kalk, geradezu als einfache Körper, ohne sich in solche Speculationen über ihre Zusammensetzung oder etwaige Identität, wie die im Vorhergehenden erwähnten, einzulassen. Diese letztere Ansicht vertrat zu jener Zeit hauptsächlich Bergman, welcher zugleich der Erste war, der den relativen Gehalt der verschiedenen Metalle an Phlogiston zu ermitteln suchte. Das Princip, auf welches er diese Untersuchung gründete, haben wir bereits im II. Theile, Seite 362, kennen gelernt; es ist hier der Ort, einiges Nähere über die Resultate anzugeben.

Nach Bergman's Versuchen werden aus einer neutralen Silberlösung 100 Gewichtstheile Silber durch 135 Gewichtstheile Quecksilber ausgefällt, welche letztere an der ersteren Stelle in die Auflösung übergehen. In diesen Quantitäten der beiden Metalle muß gleichviel Phlogiston enthalten sein; setzen wir die in einer gewissen Quantität Silber enthaltene Menge Phlogiston = 100, so muß hiernach dieselbe Quantität Quecksilber

Ansichten über die Metallkalke.

Wenzel's Ansicht über die Zusammensetzung der Metalle.

Bergman's Bestimmung des Phlogistongehalts der Metalle.

Bergman's Bestimmung des Phlogistongehalts der Metalle.

eine Menge Phlogiston, welche durch  $\frac{100 \cdot 100}{135} = 74$  gegeben ist, enthalten. So bestimmte er für mehrere Metalle ihren relativen Gehalt an Phlogiston, auch den absoluten glaubte er, auf sehr ungewisse Annahmen gestützt, finden zu können; ich theile einige seiner Angaben in letzterer Form mit, da sie seine Resultate in ersterer Beziehung einschließen. Nach ihm sind enthalten in 100 Kupfer 2,12 bis 2,34, Zink 1,33, Zinn 0,83, Silber 0,73, Quecksilber 0,54 bis 0,58, Wismuth 0,42 bis 0,47, Blei 0,31 bis 0,34 Phlogiston.

Bekämpfung der Phlogistontheorie.

Aber zu jener Zeit (1782), wo Bergman mit solcher Bestimmtheit Angaben über die Zusammensetzung der Metalle und über ihren Phlogistongehalt machte, war die ganze Annahme, daß die Metalle wirklich diese Zusammensetzung haben, schon heftig angegriffen. Von 1772 an wurde die Erscheinung der Luftabsorption bei der Verkalkung wiederholt und genauer beobachtet, und bald wurde gefolgert, daß Verbrennung und Verkalkung nicht auf der Ausscheidung des Phlogistons aus dem verbrennlichen Körper, sondern auf der Vereinigung des verbrennlichen Körpers mit einem Bestandtheil der Atmosphäre, dem Sauerstoff, beruhe. Priestley, Bayen, Lavoisier, Scheele waren es besonders, welche damals Experimente über diesen Gegenstand anstellten; Lavoisier allein zog aus den Resultaten dieser Versuche die Schlußfolgerungen, welche bald als richtig anerkannt wurden, und mit deren Annahme der Sturz der phlogistischen Theorie verbunden war.

Priestley's Versuche über die Luftabsorption bei der Verkalkung.

Priestley beschrieb in seinen *Observations on different Kinds of Air* (1772) mehrere Versuche, nach welchen Luft verschwindet, wenn man in abgeschlossenen Räumen Zinn und Blei verkalkt. Allein er betrachtete in keiner Weise die Luftabsorption als die Verkalkung oder die dabei stattfindende Gewichtszunahme bedingend; die Verkalkung erklärte er sich nach der phlogistischen Theorie, die Gewichtszunahme beachtete er nicht.

Lavoisier's erste Arbeiten über die Gewichtszunahme bei der Verbrennung.

In demselben Jahre begann Lavoisier seine Arbeiten über diesen Gegenstand. Es sind diese für den Totalzustand unserer Wissenschaft von so großer Wichtigkeit, daß sie bereits im I. Theil, Seite 305 bis 311, besprochen werden mußten. Ich will zu dem dort Gesagten hier nur noch einige nähere Angaben über die allmätige Ausbildung von Lavoisier's Ansichten und über den Zusammenhang seiner Untersuchungen mit denen anderer Chemiker nachtragen.

In seiner ersten Mittheilung, welche Lavoisier über die Verbrennungstheorie machte (in der Note, welche er 1772 bei der Akademie niederlegte), hob er als die eigentliche neue Entdeckung hervor, daß Schwefel und Phosphor bei der Verbrennung Gewichtszunahme zeigen. In der That war diese Erscheinung bisher nur für die Verkalkung der Metalle constatirt worden. Als weitere Entdeckung berichtet er gefunden zu haben, daß die Gewichtszunahme bei Schwefel und Phosphor von der Absorption einer großen Menge Luft herrühre, welche sich mit den Dämpfen jener verbrennlichen Substanzen verbinde. Die Ursache der Gewichtszunahme bei Verbrennung des Schwefels und Phosphors schein ihm dieselbe sein zu müssen, welche auch bei der Verkalkung von Metallen thätig sei, und in der That habe sich aus Bleiglätte bei ihrer Reduction eine große Menge Luft entwickelt.

Lavoisier's erste Arbeiten über die Gewichtszunahme bei der Verbrennung.

Soviel sich aus der kurzen Mittheilung Lavoisier's entnehmen läßt, waren also seine Kenntnisse über die Verbrennung und Verkalkung damals (1772) folgende: Inwiefern das Phlogiston dabei wirksam ist, erörtert er nicht; hingegen spricht er geradezu aus, daß die dabei stattfindende Gewichtszunahme von Luftabsorption herrühre. Unentschieden bleibt auch, ob er die Verbrennung als wesentlich auf dieser Luftabsorption beruhend ansah, oder ob er die letztere nur als einen begleitenden Umstand betrachtete; in diesem Falle wäre seine damalige Ansicht mit der von Rey (Seite 132) übereinstimmend. Endlich glaubte Lavoisier damals, die atmosphärische Luft werde ganz, nicht nur ein Theil derselben, bei der Verbrennung absorbirt, und als die Luft, welche im Bleikalk enthalten sei, scheint er sogar die Kohlensäure zu betrachten, welche sich ihm bei der Reduction der Bleiglätte (mit kohlehaltigen Substanzen) ergeben hatte.

Diese Ansichten bedurften also noch mancher Verbesserungen. Die nächsten Arbeiten, welche die Hauptsache bestätigten und zur Berichtigung der Verbrennungstheorie beitrugen, wurden 1774 bekannt. Lavoisier setzte in diesem Jahre außer Zweifel, daß die Gewichtszunahme bei der Verkalkung dem Gewicht der absorbirten Luft genau gleich ist. In demselben Jahre wurde die frühere Ansicht, wonach Reduction der Metalle auf Zuführung von Phlogiston beruhe, durch Bayen\*) erschüttert, welcher zeigte,

Bayen über Reduction ohne Zusatz von Phlogiston.

\*) Pierre Bayen war 1725 zu Chalons sur Marne geboren; er erlernte die Pharmacie zu Paris, wo er sich bald so auszeichnete, daß ihm die In-

Kopp's Geschichte der Chemie. III.

Bayen über Reducition ohne Zusatz von Phlogiston.

daß Quecksilberkalk sich durch bloße Temperaturerhöhung, ohne Zusatz von phlogistonhaltigen Substanzen, reduciren lasse, wobei eine Luftentwicklung statt habe. Das entstehende regulinische Quecksilber wiege weniger, als der angewandte Quecksilberkalk; dieser Gewichtsverlust entspreche dem Gewichte der sich entwickelnden Luft. Bayen schloß hieraus, daß man entweder die Lehre vom Phlogiston sehr einschränken, oder zugeben müsse, der Quecksilberkalk sei kein wahrer Kalk, oder es gebe Kalke, welche ohne Zutritt von Phlogiston reducirt werden können.

Widerlegung der phlogistischen Theorie durch Lavoisier.

Die Entdeckung des Sauerstoffgases, welche gleichfalls 1774 durch Priestley geschah und Lavoisier'n bekannt wurde, leitete den Letztern endlich dazu, die Verbrennung nur als die Vereinigung eines verbrennlichen Körpers mit Sauerstoff zu betrachten; nach mehreren Untersuchungen über die Verbrennung einzelner Substanzen (vergl. S. 306 bis 311 im I. Theile) entwickelte er diese Ansichten in einigen größeren Abhandlungen »über die Verbrennung« (1778) und »über das Phlogiston« (1783); er widerlegte hier die Annahme eines besondern Principes der Verbrennlichkeit, und begründete eine neue Theorie über die Constitution der Metalle und der anderen verbrennlichen Körper. Während Stahl diese als Phlogistonverbindungen angesehen hatte, welche bei der Verbrennung sich zerlegen, betrachtete Lavoisier die Metalle, den Schwefel, den Phosphor, die Kohle als unzerlegbare Substanzen, welche bei der Verbrennung eine Verbindung (mit Sauerstoff) eingehen.

Verteidigung der Phlogistontheorie.

Lavoisier's Ansichten fanden bald Beachtung, aber zunächst auch vielfachen Widerspruch, wenn gleich einzelne der wichtigsten Erscheinungen, auf welche diese Ansichten gegründet waren, auch von einigen Anhängern der phlogistischen Theorie bestätigt wurden. So bewies namentlich Scheele in seiner »Abhandlung von Luft und Feuer« 1777, daß das Sauerstoffgas

---

specien der Feld-Apotheken des französischen Heeres während des siebenjährigen Krieges übertragen wurde. Nachher widmete er sich ausschließlich der Chemie, und führte namentlich eine größere Arbeit über die Mineralquellen Frankreichs aus. Er war Mitglied des Nationalinstitutes, und starb 1797. Gemeinschaftlich mit Nouelle und Charlard publicirte er 1781 Recherches chimiques sur l'étain, faites et publiées par ordre du gouvernement; seine anderen Abhandlungen finden sich in dem Journal de Physique und den Annales de Chimie.

bei der Verbrennung verschwindet, und daß bei der Reduction der edlen Metalle Sauerstoff frei wird (vergl. den Abschnitt über Sauerstoff in diesem Theile). Hestig bekämpft wurde aber Lavoisier's System von den meisten der bisherigen Autoritäten in der Chemie, welche unfähig waren, sich von dem so lang gehegten Begriffe des Phlogistons auf einmal loszureißen und sich mit einer ihnen ganz neuen Untersuchungsweise, der quantitativen, zu befreundeten. Macquer erklärte sich von Anfang an dagegen, ebenso Baumé, Demachy und Guyton de Morveau, besonders heftig aber bestritt fortwährend die neueren Ansichten de la Metherie \*), welcher als Redacteur der damalig bedeutendsten naturwissenschaftlichen Zeitschrift in Frankreich, des Journal de Physique, eine nicht geringe Autorität ausübte. In England erklärten sich Watson, Priestley, Kirwan, in Schweden Bergman und Scheele gegen die antiphlogistische Theorie; in Deutschland fand Stahl's Lehre an allen Chemikern Vertheidiger. Erst gegen das Jahr 1790 änderte sich die Meinung der Chemiker im Allgemeinen; ich werde weiter unten, bei Betrachtung des Sieges der antiphlogistischen Theorie, die ersten Anhänger derselben und den Uebertritt ihrer bedeutenderen Gegner zu ihr ausführlicher besprechen. Hier wollen wir zunächst betrachten, in welcher Weise die Anhänger des phlogistischen Systems dieses gegen Lavoisier's Reform zu vertheidigen suchten.

Die Anhänger der phlogistischen Theorie versuchten dieses, entweder indem sie die Erfahrungen, auf welche Lavoisier sein System gegründet hatte, leugneten, oder indem sie sie auf eine Lavoisier's Art entgegen-  
 gefetzte zu erklären suchten, oder indem sie seiner Erklärungsweise lediglich Einwürfe machten, um sie mindestens als ebenso unvollkommen wie die Phlogistontheorie erscheinen zu lassen, oder endlich indem sie Erklärungen aufzufinden sich bestrebten, in welchen Lavoisier's Ansichten mit den Lehren der Phlogistontheorie vermittelt seien.

\*) Jean Claude de la Metherie war 1743 zu Clayette bei Maçon geboren. Er widmete sich der Medicin, beschäftigte sich aber hauptsächlich mit der Chemie, der Physik und der Naturgeschichte. Er starb 1817. Die Redaction des Journal de Physique führte er seit 1785; von seinen anderen zahlreichen Schriften nennen wir hier nur als der Chemie angehörig seinen Essai sur l'air pur (Sauerstoffgas; 1785), und seine Bearbeitung von Bergman's chemischem Mineralsystem, welche 1792 unter dem Titel Sciagraphie minérale erschien.

Bestreitung der  
Fundamentalversuche  
siehe Lavoisier's.

Die erstere Richtung, nämlich die Fundamentalversuche des Lavoisier'schen Systems zu leugnen, wurde am frühesten und am erfolglosesten versucht. Ich kann hier nicht alle Einzelheiten aufführen, wie weniger geschickte Chemiker als Lavoisier andere Resultate in ihren Versuchen erhielten als dieser; wie bestimmt mitunter die Widersprüche waren, mag man aus Baumé's Versicherung (1776) ersehen, daß sich der Quecksilberkalk gar nicht durch die bloße Hitze reduciren lasse, sondern daß er dabei unverändert sublimire, aus Gren's Angabe (1790), welcher gefunden zu haben glaubte, daß der rothe Quecksilberkalk, wenn er in offenen Gefäßen calcinirt worden sei, bei seiner Reduction in verschlossenen Gefäßen keine Spur von Sauerstoff entwickle, und daß überhaupt in keinem frisch bereiteten Metallkalk Luft enthalten sei, sondern nur in länger aufbewahrtem. Solche Widersprüche gegen die Resultate gut angestellter Versuche konnten indeß nie einen nur irgend anhaltenden Einfluß haben; viele Chemiker suchten deshalb, statt die neueren Experimente über Verbrennung und Verkalkung zu bestreiten, sie nur anders als Lavoisier, und zwar mit den Grundsätzen der phlogistischen Theorie im Einklang, zu erklären.

Erklärung der  
Gewichtszunahme  
bei der Verkalkung  
nach phlogistischen  
Ansichten.

Diese Erklärungen der Phlogistiker nahmen sich vorzüglich die Gewichtszunahme bei der Verkalkung der Metalle zum Gegenstand, und zwar suchte man hier zuerst lediglich zu zeigen, daß diese Erscheinung statthaben könne, ohne daß die Phlogistontheorie dadurch gestürzt werde. Man sah fast allgemein hier ganz ab davon, daß bei der Verkalkung Luft absorbiert wird; man suchte nur einen Begriff dafür zu geben, wie ein Körper (ein Metall) schwerer werden kann, wenn er einen Bestandtheil (das Phlogiston) verliert.

Annahme der negativen Schwere  
des Phlogistons.

Diese Bestrebungen führten die Anhänger der alten Phlogistontheorie, welche sich zu keiner Concession zu Gunsten der neueren Ansichten verstehen wollten, auf die berüchtigte Annahme, das Phlogiston sei ein mit negativer Schwere begabter Körper; wie andere Stoffe eine Anziehung gegen die Erde hin zeigen, so habe das Phlogiston ein Bestreben, sich von der Erde weg zu entfernen; verbinde man also Phlogiston mit einem Körper von bestimmtem Gewichte, so gravitire dieser jetzt weniger gegen die Erde nach Maßgabe des ihm zugesetzten Phlogistons; er werde absolut leichter.

Diese Theorie ist nicht ganz so aus dem Stegreif bei der Vertheidigung der Phlogistontheorie aufgestellt worden, wie es gewöhnlich angenommen wird; sie ist weiter nichts als der letzte Sproßling der alten philosophischen Ansichten über das Feuer als Element, und zugleich die Frucht der verworrenen

Ideen, welche man über das Verhältniß zwischen Feuermaterie und Phlogiston hatte. Das Feuer galt schon den älteren Philosophen als diejenige Substanz, welche, an und für sich ihre Stelle am weitesten von der Erde weg, noch über dem Aether, einnehmend, auch ein Bestreben habe, sich von der Erde weg zu entfernen; in demselben Sinne betrachteten es die Scholastiker als ein absolut leichtes Element (vergl. Theil II., S. 271). Die Erklärung des Cardanus, daß die Metalle bei der Verkalkung schwerer werden, weil sie dabei die himmlische Wärme, das reine Feuerlement, verlieren (vergl. S. 119), gründete sich schon auf die Annahme einer absoluten Leichtigkeit der Feuermaterie, und Rey bestritt deßhalb schon (vergl. S. 131), daß es überhaupt einen absolut leichten oder negativ schweren Körper gebe. — Unter den Phlogistikern betrachteten nun viele (vergleiche Seite 142) das Phlogiston als eine dem Elementarfeuer entsprechende Substanz, und die Verbrennung als eine Abscheidung des letztern, wenn gleich Stahl sich gegen diese Vermengung der Begriffe ausgesprochen hatte (vergleiche Seite 112). Stahl's nächste Nachfolger erklärten sich zwar offen dagegen, dem Feuer, wenn man es als einen Bestandtheil der Körper betrachten wolle, eine absolute Leichtigkeit in dem oben angegebenen Sinne beizulegen (Juncker z. B. thut es geradezu in seinem *Conspectus chemiae*, 1730); aber die Leichtigkeit, mit welcher durch eine solche Annahme die Gewichtsverhältnisse bei der Verkalkung sich erklären lassen, verführte doch bald viele Chemiker dazu. So schrieb schon H. Th. Scheffer in den Abhandlungen der Stockholmer Akademie für 1757 dem Phlogiston negative Schwere zu, und derselben Annahme bediente sich der Dijoner Akademiker Chardeon 1769, also ehe die Phlogistontheorie ernstlich bestritten wurde, um die Gewichtszunahme der Metalle bei der Verkalkung zu erklären. Eine hauptsächlichliche Stütze gewann diese Hypothese an Guyton de Morveau, welcher mittelst ihrer in seinen *Digressions academiques* (1772) für jene Erscheinung eine Theorie zu geben suchte. Seine Ansicht hat das Eigenthümliche, daß nach ihr das Phlogiston nicht als eine absolut leichte, sondern nur als eine relativ leichte betrachtet wird; die spezifische Schwere desselben sei nämlich geringer als die der Luft. Um anschaulich zu machen, wie durch den Zutritt des Phlogistons zu einem Metallkalke (bei der Reduktion) das Gewicht des letztern sich vermindern kann, giebt Guyton de Morveau folgendes Gleichniß. Man bringe an einen Waagebalken zwei Würfel Blei, die sich beide unter Wasser befinden und gleich schwer sind;

Annahme der  
negativen Schwere  
des Phlogistons.

Annahme der  
negativen Schwere  
des Phlogistons.

befestigt man jetzt an dem einen Würfel von Blei ein Stück Kork, so steigt dieser Würfel, er wird leichter, als der andere, obgleich man mit ihm noch etwas verbunden hat. Was der Kork hier in Beziehung zum Wasser ist, das ist das Phlogiston in Beziehung zu der Luft; sein Zutritt läßt die Körper mit geringerer Schwere erscheinen. Guyton beachtete hier nicht, daß in dem Beispiele mit dem Blei das Volum durch das Zufügen des Korks vermehrt wird, daß aber bei der Reduction, der vermeintlichen Zufügung von Phlogiston, das Volum vermindert wird, sofern das entstehende Metall weniger Raum einnimmt als der angewandte Metallkalk, und dieser Irrthum wurde bald erkannt, wobei es sich denn nicht bestätigte, was Macquer 1778 von Guyton's Theorie rühmte, »daß sie in einer Art vorgetragen sei, welche auf die fähigsten Köpfe Eindruck machen müsse«. Guyton selbst nahm bald, bei seinem Uebergang zu dem antiphlogistischen Systeme, seine Ansicht zurück. Mit der meisten Hartnäckigkeit wurde die Hypothese von der absoluten Leichtigkeit des Phlogistons in Deutschland vertheidigt, und namentlich Gren \*) suchte seit 1786 zu zeigen, daß man ihm eine negative Schwere beilegen müsse, wobei er sich vorzüglich auf die Versuche eines Engländers Fordyce berief, wornach Eis mehr wiegen solle, als das aus ihm entstehende Wasser; den Wärmestoff aber, welcher

\*) Friedrich Albert Carl Gren war 1760 zu Bernburg geboren, der Sohn eines aus Schweden stammenden Gutmachers. Ursprünglich zum Studium der Theologie bestimmt, widmete er sich der Pharmacie, als ihm der Tod seines Vaters 1775 die zum Studiren nöthigen Hülfsmittel entzog. Er erlernte die Apothekerkunst in Bernburg, und conditionirte 1779 und 1780 in Offenbach und Erfurt. 1782 bezog er die Universität Helmstädt, um Arzneiwissenschaft zu studiren, und setzte dies Studium von 1784 an zu Halle fort, wo er 1786 in der Medicin, 1787 in der Philosophie als Doctor promovirte. In dem letztern Jahre wurde er hier zum außerordentlichen, 1788 zum ordentlichen Professor der Naturwissenschaften ernannt. Er starb 1798. — Sein »Grundriß der Naturlehre« erschien zuerst 1788 (nach seinem Tode wurde die 4. Auflage von Karsten 1801, die 5. von Fischer 1808 herausgegeben); sein »Handbuch der gesammten Chemie« zuerst 1787—1796, (die 3. Auflage gab Klapproth 1806—1807 heraus); von seinem »Grundriß der Chemie« die erste Abtheilung 1796 (die Fortsetzung gab Karsten 1800, die 3. Auflage Bucholz 1809 heraus). Das »Journal der Physik« gab er von 1790 bis 1794 heraus, und setzte es von 1795 bis 1798 als »Neues Journal der Physik« fort. 1798 gründete er die »Annalen der Physik«, welche nach ihm Gilbert herausgab, und seit 1825 Poggen-dorff fortsetzt.

hiernach absolut leicht sei, betrachtete Gren als den Hauptbestandtheil des Phlogistons, in welchem außerdem noch Lichtstoff enthalten sei. Dieser Ansicht traten mehrere Chemiker bei, so z. B. Wiegleb noch 1791. Aber in Deutschland wurde die Unhaltbarkeit derselben gleichfalls bald eingesehen; auch die Mathematiker nahmen sich hier der Sache an, und obgleich einige von ihnen, z. B. K. Chr. Langsdorff, die Beilegung einer negativen Schwere von ihrem Standpunkte aus zu rechtfertigen suchten, zeigten andere, namentlich J. L. Mayer und Fr. Hindenburg, die Unzulässigkeit derselben mit siegreichen Gründen. Gren selbst mußte 1791 diesem letztern Urtheil beistimmen.

Annahme der negativen Schwere des Phlogistons.

Anderer Anhänger der Phlogistontheorie bestrebten sich, diese zu verteidigen, indem sie einige der Einwürfe zu erledigen suchten, mit welchen Lavoisier ihr System bekämpfte, und indem sie außerdem dem Lavoisier'schen System Einwürfe machten. In diesen Beziehungen sind zwei Punkte hauptsächlich wichtig geworden; Lavoisier wandte den Phlogistikern ein, daß sie in ihren Erklärungen ein ganz hypothetisches, nicht darstellbares, Wesen interveniren lassen; die Phlogistiker suchten also das Phlogiston direct nachzuweisen, und verschiedene Chemiker glaubten es in verschiedenen Substanzen, zuletzt die meisten im Wasserstoff, zu finden; mit der Annahme dieser letztern Ansicht verband sich bei den Phlogistikern der Einwurf gegen die Anhänger des Lavoisier'schen Systems, daß diese damals (bis zu 1783) nicht erklären konnten, wie sich Metalle bei ihrer Auflösung in Säuren verkalken, wenn hierbei eine Wasserstoffgasentwicklung stattfindet, und woher in diesem Falle der Wasserstoff stamme. — Diese beiden Punkte, welche zur Erledigung des Streites über das Phlogiston Vieles beizutragen, haben wir jezt genauer durchzugehen.

Versuche zur Darstellung des Phlogistons, und Einwürfe gegen Lavoisier aus der Verkalkung der Metalle durch Säuren.

Indem Stahl die gröbren Begriffe, daß ein vorzüglich brennbarer Körper, der Schwefel, die Ursache der Brennbarkeit aller verbrennlichen Substanzen sein solle, vollends beseitigte, hütete er sich wohl, einen ähnlichen Fehler zu begehen wie seine Vorgänger, und einen bestimmten brennbaren Körper mit dem Principe der Brennbarkeit zu identificiren. Niemals giebt er an, das Phlogiston vollkommen isolirt erhalten zu haben; er macht nur Körper namhaft, in welchen es vorzugsweise reichlich enthalten sei; am reinsten glaubte er es im Ruß aus Delen darstellen zu können (vergl. S. 113). Später glaubten andere Chemiker, daß es in einigen Substanzen in noch reinerer Gestalt auftrete, Macquer z. B. hielt die Dämpfe sehr langsam

verbrennender Kohlen (Kohlenoxydgas) für »ziemlich freies, reichliches und einfaches Phlogiston«. Am wichtigsten aber, und am vollständigsten durchgeführt wurde die Ansicht, daß das Phlogiston mit dem Wasserstoffgas identisch sei, und die hierauf gegründete Erklärung der Verkalkung durch Säuren.

Daß die Säuren auf die Metalle eine ähnliche Wirkung ausüben, wie das Feuer, war von einigen derselben schon früher erkannt, namentlich von der Salpetersäure. Schon Raym und Lull vergleicht die Einwirkung der Salpetersäure und des Königswassers geradezu mit der des Feuers; haec aqua dicitur aqua ignis, quia comburit et cremat aurum et argentum melius, quam ignis elementalis facere potest, sagt er in seinem Testamentum; er nennt hier auch die Producte der Einwirkung der Salpetersäure auf Metalle geradezu calces, die Salpetersäure selbst heißt bei ihm auch aqua calcinativa. — Ebenso bezeichnet Albertus Magnus in seiner Schrift Compositum de compositis die Einwirkung der Salpetersäure auf die Metalle: Mercurium et Martem calcinat, convertit in calces. Auch in dem 14. Jahrhundert kommt diese Bezeichnung noch häufig vor; so wird in der Practica des Dd omar (um 1450) das Königswasser aqua calcinationis omnium metallorum genannt. Diese Analogie zwischen den Wirkungen des Feuers und der Säuren auf die Metalle wurde später weniger berücksichtigt; bei der Begründung des phlogistischen Systems erklärte Stahl nur die Verkalkung durch Feuer, nicht die durch Säuren vor sich gehende; während er für die erstere annahm, es habe dabei eine Ausscheidung des in dem Metall enthalten gewesenen Phlogistons statt, glaubte er, daß bei der Einwirkung der Säuren das Phlogiston keineswegs ganz abgeschieden werde; denn er nahm an, die Säuren verbinden sich nicht mit den vom Phlogiston befreiten Metallkalcken (vergl. über die Constitution der Salze Seite 78 f.). Was das Aufbrausen, was die Entwicklung von Wasserstoffgas angeht, so fanden diese Erscheinungen damals wenig Beachtung. Allein später wurde dargethan, daß sich eine Säure nie mit einem Metalle als solchem, sondern nur mit dem Metallkalcke desselben vereinigt. Es warf sich hierbei natürlich die Frage auf, was aus dem Phlogiston des Metalles wird, wenn eine Säure aus dem letztern den Metallkalk an sich zieht. Diese Frage beantworteten die Anhänger der phlogistischen Theorie, indem sie das bei der Lösung von Metallen in Säuren sich entwickelnde Wasserstoffgas für das freierwerdende Phlogiston selbst hielten.

Schon 1700 erklärte N. L e m e r y das bei der Auflösung von Eisen

Verkalkung der  
Metalle durch  
Säuren.

Betrachtung des  
Wasserstoffes als  
Phlogiston.

in Schwefelsäure entweichende Gas für den schwefligen (brennbaren) Bestandtheil des Metalles (vergl. bei Wasserstoff). Im Zusammenhange mit dem ganzen phlogistischen Systeme wurde indeß das Wasserstoffgas als Phlogiston erst von Cavendish betrachtet, dem ersten Chemiker, welcher dieses Gas genauer untersuchte. Ich habe in dem I. Theil, Seite 232, seine Meinungen über diesen Gegenstand mitgetheilt. Aber vorzüglich wurde diese Ansicht durch Kirwan \*) verbreitet, der deßhalb auch im Allgemeinen als ihr Begründer angesehen wird. Kirwan entwickelte die Gründe dafür 1781 in seinen Experiments and Observations on the specific Gravities and attractive Powers of various saline Substances, und in den Fortsetzungen, welche er hierzu noch 1782 und 1783 folgen ließ. Er sah hier das Wasserstoffgas, oder wie es damals genannt wurde, die leichte entzündbare Luft, als Phlogiston an, welches durch latente Wärme in den gasförmigen Zustand übergegangen sei; in den Metallen ist nach ihm Metallkalke und Wasserstoff (Phlogiston) enthalten; letzterer wird frei, wenn das Metall gelöst wird und sich die Säure mit dem Metallkalke verbindet; er entwickelt sich entweder isolirt im Gaszustande, oder er verbindet sich mit einem Theile der zur Lösung angewandten Säure und phlogistisirt sie; er bildet im letztern Falle mit Schwefelsäure z. B. phlogistisirte Schwefelsäure (schweflige Säure), mit Salpetersäure phlogistisirte Salpetersäure (salpetrige Säure). Fügt man Wasserstoff dem Metallkalke wieder hinzu, so erhält man wieder

Betrachtung des  
Wasserstoffes als  
Phlogiston.

\*) Richard Kirwan war gegen 1750 in Irland geboren. Er studirte Rechtswissenschaften, und lebte einige Zeit als Advocat in London; erst später widmete er sich den Naturwissenschaften. 1779 wurde er Mitglied der Royal Society. 1790 kehrte er nach Irland zurück, wo er Präsident der Royal Irish Academy wurde. Er starb 1812. Ihm zu Ehren nannte sich die chemische Gesellschaft zu Dublin die Kirwan'sche. Außer seinen obengenannten Experiments and Observations (von denen eine deutsche Uebersetzung 1785 erschien) schrieb er noch für die Chemie seinen später zu besprechenden Essay on Phlogiston and the Constitution of Acids (1787) und mehrere Abhandlungen in die Philosophical Transactions und die Transactions of the Royal Irish Academy. Außerdem trat er noch mit Erfolg als Schriftsteller in den philosophischen Wissenschaften auf, auch in der Geologie und Mineralogie, und gab in seinen Elements of Mineralogy (1784; deutsche Uebersetzungen 1784 und 1785), zugleich eine Anleitung zur chemischen Zerlegung der Mineralien. Unter dem Titel »Kirwan's physikalisch-chemische Schriften« gab Crell 1783—1801 Uebersetzungen der vorstehenden Werke und anderer Abhandlungen von Kirwan heraus.

Betrachtung des  
Wasserstoffs als  
Phlogiston.

regulinisches Metall; dies erklärt Priestley's Beobachtung, welcher 1782 zuerst wahrnahm, daß Metallkalke, wenn man sie in Wasserstoff erhitzt, unter Verschwinden des letztern wieder zu regulinischem Metall werden. Kirwan's Ansicht, die namentlich durch Priestley's eben angeführten Versuch große Bestätigung zu erhalten schien, fand vielen Beifall, und wenn auch einige Chemiker nicht geradezu mit ihm den Wasserstoff und das Phlogiston für identisch hielten, so gaben sie doch zu, daß der erstere viel von dem letztern enthalten müsse. In Deutschland vertheidigte Kirwan's Meinung hauptsächlich Wiegleb, welcher 1784 eine Abhandlung darüber publicirte; es bestritt sie Götting, welcher den Wasserstoff nicht für Phlogiston halten wollte, weil der erstere in Bitriolöl oder Salpetersäure geleitet diese nicht phlogistifire, sie nicht in schweflige oder salpetrige Säure verwandle. Allein Kirwan's Ansicht verlor erst dann an ihrer Autorität, als auch die Antiphlogistiker die Erscheinungen deuten konnten, für welche bisher nur Kirwan's Theorie eine Erklärung gab.

Erklärung der  
Wasserstoffgas-  
entwicklung aus  
Metallen durch  
Lavoisier.

Den Antiphlogistikern wurde dies erst möglich, als Cavendish 1783 die Entdeckung gemacht hatte, daß bei der Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff sich Wasser bildet. Lavoisier bestätigte sogleich, daß das Wasser wirklich aus Wasserstoffgas und Sauerstoffgas zusammengesetzt ist, und gab 1785 eine vollständige Erklärung der Erscheinungen, welche bei der Lösung von Metallen in Säuren statthaben. Allen diesen entsprach seine Theorie, daß die Metalle einfache Körper seien, und daß ihre Verkalkung auf der Vereinigung mit Sauerstoff beruhe; der Sauerstoff, der den Metallen Zutritt, wenn sie in Säuren gelöst werden, stammt, wie Lavoisier damals zeigte, bald von der Säure, und dann entwickelt sich eine niedrigere Drydationsstufe des Radicals dieser Säure, bald von dem als Lösungsmittel der Säure vorhandenen Wasser, und dann entwickelt sich dessen anderer Bestandtheil, Wasserstoffgas.

Ausbildung der  
antiphlogistischen  
Theorie um 1795.

Mit der Entdeckung der Zusammensetzung des Wassers stand das antiphlogistische System ausgebildet da. Fassen wir die Hauptpunkte desselben, wie sie Lavoisier entwickelte, nochmals zusammen, um sie mit den abweichenden Ansichten der anderen Chemiker vergleichen zu können, so finden wir sie in Folgendem: das Phlogiston existirt nicht; Verbrennung ist nicht Abscheidung des Phlogistons, sondern Vereinigung mit Sauerstoff; das Sauerstoffgas besteht aus einer wägbaren Grundlage, die durch Aufnahme von vielem latenten Wärmestoff in Gaszustand versetzt ist; der Zu-

tritt der wägbaren Grundlage des Sauerstoffs an den verbrennenden Körper oder das sich verkalkende Metall bewirkt die Gewichtszunahme, die sich hierbei zeigt; das Freiwerden des bisher im Sauerstoff latent gewesenem Wärmestoffs bringt Erhitzung bis zum Glühen, d. h. die Feuererscheinung hervor; die Metalle, Schwefel, Phosphor, Kohle u. s. w. sind unzerlegbare Körper.

Ausbildung der  
antiphlogistischen  
Theorie um 1785.

Die Lage der Anhänger der phlogistischen Theorie wurde nun eine kritische, was sich am besten aus ihren eigenen Widersprüchen ersehen läßt. Alle stimmen nur darin überein, daß es einen Stoff gebe, welchen man als Phlogiston bezeichnen müsse, allein die einen halten jetzt diesen Stoff für einfach, andere für zusammengesetzt. Alle Phlogistiker erkennen aber jetzt die Gewichtszunahme bei der Verkalkung als eine diesem Proceß wesentlich angehörende Erscheinung an, und suchen dafür in ihren Erklärungen über Verbrennung Rechenschaft zu geben. Was die äußere Erscheinung der Verbrennung, die Feuererscheinung, angeht, so ist die Confusion hier am größten. Die einen glauben, das Feuer sei eine Substanz, die anderen halten es für eine Qualität; von den ersteren betrachten es einige als einen einfachen Körper, andere als einen zusammengesetzten. Alle mögliche Ansichten wurden von den Phlogistikern in dieser Beziehung aufgestellt, welche außer dem Widerspruche gegen Lavoisier nur das gemeinsam haben, daß keine von ihnen mehr mit Stahl's ursprünglicher Lehre übereinstimmt, außer insofern, daß die Verbrennung auf der Abscheidung eines Stoffes, welcher Phlogiston genannt wird, aus dem verbrennlichen Körper beruhe.

Anarchie unter  
den Phlogistikern.

Dieser Zustand einer gewissen Anarchie unter den Phlogistikern dauert von 1780 ungefähr bis um 1800. Ich will hier nicht alle Meinungen, welche geäußert wurden, aufzählen; schon die Mittheilung derjenigen, welche der Autorität ihrer Urheber wegen Beachtung verdienen, ist ermüdend genug.

Die Phlogistiker jener Zeit warfen dem Lavoisier'schen Systeme vor, nach demselben werde gar nicht erklärt, weshalb einige Körper brennen, andere nicht. Um dies zu thun, müsse man nothwendig die Existenz eines Princips der Brennbarkeit, d. h. ein Phlogiston, zugeben. Man sieht, daß es ihnen ebenso schwer fiel, eine gemeinsame Erscheinung ohne die Annahme einer gemeinsamen, und zwar activen, Ursache zuzugestehen, als es den früheren Chemikern schwer gefallen war, die Kausticität ohne die An-

Anarchie unter  
den Phlogistifern.

nahme eines besondern kaustischen Principes zu erklären; den ersteren genügte nicht die Erklärung, daß die verbrennlichen Körper Affinität zu dem Sauerstoff gemeinsam haben. — Aus der Verwerfung des Phlogistons, meinten die Anhänger der alten Theorie, gehe nun für das Lavoisier'sche System eine Menge von Inconsequenzen hervor; bald solle die Kohle, bald der Wasserstoff dieselbe Wirkung hervorbringen, während es doch immer nur das Phlogiston sei. Die Phlogistiker hielten sich von solchen Inconsequenzen auf eine eigene Art frei. So z. B. suchte Kirwan, wie oben angegeben, (1781) zu beweisen, daß der Wasserstoff mit dem Phlogiston identisch sei; zu gleicher Zeit aber demonstirte er auch, da die Kohle reich an Phlogiston sei, und da die Kohlensäure aus der Vereinigung der Kohle mit dem Sauerstoff sich bilde, so müsse Kohlensäure aus Phlogiston und Sauerstoff bestehen.

Um über die Unsicherheit der von den letzten Phlogistifern geäußerten Ansicht einen Begriff zu bekommen, braucht man nur folgende Meinungen mit einander zu vergleichen, für welche noch außerdem zu bemerken ist, daß ihre Urheber fast alle noch stets Abänderungen an ihnen anbrachten. —

Macquer's Ansicht.

Macquer war 1779 der Ansicht, das Phlogiston sei eine einfache Substanz, es sei mit der Feuermaterie identisch und auf seiner Auscheidung beruhe die Verbrennung; die Feuermaterie sei außerdem identisch mit der Lichtmaterie, und da diese die durchsichtigen Gefäße durchdringe, so erkläre sich hieraus die Reduction des Quecksilberkaltes in Glasgefäßen; das Phlogiston werde ihm als Licht von dem zur Wärmeentwicklung angewandten Feuer zugeführt. Macquer gestand zu, daß bei der Verkalkung an den verbrennenden Körper Sauerstoff trete, dessen Gewicht die Gewichtszunahme des ersteren hervorbringe. — Baume hingegen betrachtete das Phlogiston als eine Verbindung der Feuermaterie mit einer gewissen erdigen Substanz. Diese Verbindung könne in unendlich vielen Proportionen existiren, woraus verschiedene Arten von Phlogiston, vom gewichtslosen und reinen Feuer bis zum schwersten erdigen Phlogiston, entstehen.

Baume's An-  
sichten.

Kirwan's  
Ansichten.

In England glaubte Kirwan (1783), das Phlogiston sei ein einfacher Körper und mit dem Wasserstoff identisch; nach seiner Ansicht wird bei der Verkalkung der Metalle nur ein Theil des in ihnen enthaltenen Phlogistons ausgetrieben; mit dem Rest von Phlogiston vereinigt sich der Sauerstoff, durch dessen Gewicht die Metallkalke schwerer werden, und ist in ihnen (mit Phlogiston verbunden) als fixe Luft enthalten. Phlogiston

und Feuermaterie sind indeß nach ihm zwei verschiedene Dinge. Aber nicht bloß in den Metallkalcken ist nach ihm fixe Luft enthalten, sondern auch in allen Säuren. — Ueber Priestley's hauptsächlichste Ansichten habe ich schon in dem I. Theil, Seite 242, berichtet. Seine Meinungen über die Constitution der Metalle und ihrer Kalke sind übrigens in seinen letzten Schriften sehr unklar und verwirrt. Die Verkalkung beruht nach ihm auf Verlust des Phlogistons; zugleich aber nimmt der Metallkalk bei seiner Entstehung Wasser auf; aber Priestley giebt auch an, daß die meisten Metallkalke fixe Luft enthalten. Genaueres darüber werde ich unten bei der Betrachtung seiner letzten Vertheidigung der Phlogistontheorie und in den dort angegebenen Stellen mittheilen. — Cavendish hat seine Ansichten zuletzt in der Abhandlung ausgesprochen, wo er über die Erzeugung des Wassers aus Sauerstoff und Wasserstoff handelt. Nach ihm kann man das Phlogiston als mit Wasserstoff identisch betrachten, und den Sauerstoff als Wasser, welches seines Phlogistons beraubt ist; Wasser ist also die Verbindung aus Sauerstoff und Phlogiston. Bei der Verbrennung scheidet sich das Phlogiston des verbrennlichen Körpers ab und bildet mit dem zur Verbrennung nothwendigen Sauerstoff Wasser, welches mit der Substanz, die in dem verbrennlichen Körper mit Phlogiston verbunden war, sich vereinigen kann.

Scheele's Ansichten müssen wir der Wichtigkeit wegen, welche man ihnen zur Zeit ihrer Aufstellung beilegte, hier nochmals betrachten. Er hielt den Sauerstoff für eine Verbindung von Phlogiston, welches ein einfacher Körper sei, mit Wasser und einer hypothetischen Säure; successive Entziehung des Phlogistons verwandele diese Verbindung in Stickstoff oder fixe Luft, oder Salpetergas, oder Salpetersäure; durch Zuführung von Phlogiston zu derselben entstehe Wärme, und bei Zuführung von noch mehr entstehe Licht. So standen seine Ansichten denen Priestley's geradezu entgegen; man machte gegen die ersteren bald geltend, daß große Inconsequenzen sich in ihnen finden; so z. B. nahm Scheele an, weder das Phlogiston noch der Sauerstoff könne Glasgefäße durchdringen, wohl aber die Verbindung aus ihnen, die Hize (vergl. auch Thl. I, S. 261). — Bergman stimmte im Allgemeinen Scheele's Meinungen bei.

In Deutschland stellte Gren, nachdem die Fundamentalversuche der antiphlogistischen Theorie, welche er anfangs zu leugnen versuchte (vergleiche Seite 148), sich bestätigt hatten und seine Annahme eines negativ schweren Phlogistons gleichfalls nicht haltbar befunden worden war, die Ansicht auf,

Anarchie unter den Phlogistiflern.

Priestley's Ansichten.

Cavendish's Ansichten.

Scheele's Ansichten.

Bergman's Ansichten.

Gren's Ansichten.

Anarchie unter den  
Phlogistern.  
Gren's Ansichten.

das Phlogiston sei die Basis des Lichtes, und es sei in allen den Körpern enthalten, welche bei der Vereinigung mit Sauerstoff Feuererscheinung zeigen; die Abscheidung des Lichtes (Phlogistons) bei der Verbrennung liefere einen Bestandtheil des Feuers, der zweite werde durch die frei werdende Wärme des Sauerstoffgases geliefert. Dieses System sollte die phlogistische Theorie mit der antiphlogistischen versöhnen; es that dies in der Weise, daß es alle Verbrennungsprocesse, welche auf einfachen Verwandtschaften beruhen, als die Wirkung doppelter Wahlverwandtschaft hinstellte.

Richter's Ansichten.  
Wiegleb's An-  
sichten.

— Eine ähnliche Theorie vertheidigte Richter. — Auch Wiegleb, welcher früher Kirwan's Ansicht über die Identität des Phlogistons mit dem Wasserstoff verfochten hatte, trat 1796 der Ansicht bei, Phlogiston sei nichts Anderes als der Lichtstoff. — Damit ziemlich übereinstimmende Meinungen stellte auch Götting\*) in seinen »Beiträgen zur Berichtigung der antiphlogistischen Theorie« (1794 und 1798) auf; ob er gleich aussprach, daß er von der Nichtexistenz des Phlogistons überzeugt sei, behielt er doch diesen Begriff, wie ihn Gren, Richter und Wiegleb modificirt hatten, bei, und brauchte nur einen andern Namen dafür. Er glaubte gefunden zu haben, daß Phosphor in Sauerstoffgas bei gewöhnlicher Temperatur nicht leuchte, bei erhöhter Temperatur sich aber in dem Augenblick entzünde, wo er zu leuchten anfange; in Stickgas hingegen leuchte er bei niedriger Tempe-

Götting's An-  
sichten.

\*) Johann Friedrich August Götting war 1755 zu Derenburg bei Halberstadt geboren, wo sein Vater Prediger war. Er erlernte die Pharmacie bei Wiegleb in Langensalza und bildete sich nachher (seit 1775) in Weimar weiter aus. In einer dortigen Apotheke beschäftigt, versuchte er sich zugleich mit literarischen Arbeiten. Diese machten ihn bekannter, und der damalige Herzog von Weimar unterstützte ihn durch Ueberweisung der zum Studium nöthigen Hülfsmittel. 1784 bezog Götting die Universität Göttingen, und bereifte 1787 Holland und England. Nach seiner Zurückkunft wurde er zum Professor der Chemie in Jena ernannt, wo er 1809 starb. Von seinen zahlreichen Schriften nennen wir außer dem oben Angeführten hier nur folgende: »Einleitung in die pharmaceutische Chemie« (1778); »Handbuch der theoretischen und praktischen Chemie« (1798—1800); »Elementarbuch der chemischen Experimentirkunst« (1809). Vieles schrieb er noch über einzelne Gegenstände der technischen Chemie, wie er denn auch Berthollet's Werk über die Färbekunst 1792 in das Deutsche übersezte. Um die Pharmaceuten mit den Fortschritten der Chemie bekannt zu machen, begründete Götting das »Taschenbuch für Scheidekünstler und Apotheker« (1780), welches er bis 1802 fortsezte, von wo an es bis 1818 Bucholz herausgab, 1819 N. Brandes, und dann bis 1829 Trommsdorff.

ratur, ohne Wärme zu entwickeln. Götting schloß hieraus, das Sauerstoffgas sei aus Sauerstoff und Wärmestoff, das Stickgas aber aus Sauerstoff und Lichtstoff zusammengesetzt; eine brennbare Substanz bestehe allgemein aus ponderabler Grundlage und Lichtstoff, welcher letztere sich bei der Verbrennung mit dem Wärmestoff des Sauerstoffs zu Feuer vereinige, während sich die ponderable Grundlage mit dem Sauerstoff verbinde. — Um die Widersprüche der letzten Vertreter der Phlogistontheorie noch genauer kennen zu lernen, vergleiche man noch ihre verschiedenen Ansichten, was die chemische Constitution des Sauerstoffgases, des Wasserstoffgases, des Stickstoffes, des Wassers und ähnlicher Körper angeht, bei der speciellen Geschichte derselben.

Götting's An-  
sichten.

Die Uneinigkeit der Phlogistiker unter einander ließ um so mehr die Einfachheit und strenge Consequenz der Lavoisier'schen Theorie hervortreten; durch die Widersprüche der ersteren widerlegten sich ihre Meinungen gegenseitig, und kaum war nach 1785 noch eine ernstliche Bekämpfung derselben durch das antiphlogistische System nöthig. Dazu kam, daß von den bedeutendsten Bertheidigern der phlogistischen Theorie Bergman und Macquer 1784, Scheele 1786 starben; die überlebenden zeigten sich bald als hinter den empirischen Fortschritten der Wissenschaft zurückgeblieben; Widerlegungen des antiphlogistischen Systems, wie diejenigen, welche Monnet\*) 1788 — 1790, Baumé zu derselben Zeit, Demachy noch 1794 publicirten, und in denen Alles geradezu geleugnet wurde, was sich ausschließlich nach Lavoisier's Ansichten erklären ließ — konnten jetzt keinen Eindruck mehr machen. Immer mehr nahm die Zahl der Anhänger Lavoisier's zu. Während er im Anfange allein stand und unter den Chemikern fast keinen Beistand, unter den anderen Naturforschern

Sieg der antiphlo-  
gistischen Theorie.

zunehmende Ver-  
breitung der An-  
sichten Lavoisier's.

\*) Antoine Grimoald Monnet, geboren 1734, Generalinspector der französischen Bergwerke zur Zeit der französischen Revolution, starb zu Paris 1817. Man hat von ihm eine Dissertation sur l'arsenic (1774), welche einen von der Berliner Akademie über diesen Gegenstand ausgesetzten Preis errang, einen Traité des eaux minérales (1768), eine nouvelle hydrologie (1772), einen Traité de la vitriolisation et de l'alunation (1769), und Abhandlungen in dem Journal de Médecine, Rozier's Observations sur la Physique, den Turiner und Stockholmer Denkschriften und anderen periodischen Werken.

Zunehmende Ver-  
breitung der An-  
sichten Lavoisier's.

Frankreichs nur an Laplace eine Stütze hatte, traten von 1785 an die ausgezeichnetsten Chemiker seinen Ansichten bei; Berthollet sprach sich zu dieser Zeit dafür aus, bald auch Fourcroy, der bisher lavirt hatte, 1787 Guyton de Morveau; in Gemeinschaft mit diesen und anderen bedeutenden Gelehrten gab Lavoisier von 1789 an die Annales de chimie heraus, um ein Organ für die neue Theorie zu haben und den Einfluß des von de la Metherie geleiteten Journal de physique zu bekämpfen.

Zu gleicher Zeit wurde seine Theorie durch seinen *Traité de chimie* verbreitet, dessen Uebersetzung durch Hermbstädt (1792) das antiphlogistische System zuerst vollständiger in Deutschland bekannt machte; neben Hermbstädt zeichnete sich noch Girtanner\*) aus, als besonders für die Verbreitung dieses Systems in Deutschland thätig. Während die meisten älteren Chemiker es hier noch bestritten, nahmen viele der zu dieser Zeit auftretenden es an; so sprach sich A. v. Humboldt 1793 dafür aus. Klaproth's Uebertritt zu demselben (1792; vergl. I. Theil, Seite 345) zog indeß bald den der anderen Chemiker nach sich; Wiegleb, Gren, Richter vermittelten sich einen Uebergang durch die Aufstellung der gemischten Systeme, deren wir oben, S. 157 f., erwähnten, in welchen sie an die Stelle des Phlogistons einen Lichtstoff setzten; Trommsdorff trat 1796 auf die Seite der Antiphlogistiker. Doch wurden in Deutschland noch bis nach 1800 phlogistische Ideen in mancherlei Form vertheidigt, wie denn z. B. Erell noch im Anfange dieses Jahrhunderts der Phlogistontheorie offen anhing.

In England wurden Lavoisier's Ansichten durch Henry's\*\*)

\*) Christoph Girtanner war 1760 zu St. Gallen geboren und starb zu Göttingen 1800. Er war als Arzt und Chemiker berühmt, auch als politischer Schriftsteller hat er sich bekannt gemacht. In der Chemie wußte er besser durch Zusammenstellung fremder Beobachtungen die Wissenschaft zu verbreiten, als durch eigenes Arbeiten sie zu fördern. Reck in gewagten Schlussfolgerungen, die er nur durch Versuche Anderer unterstützen konnte, ließ er sich zu sehr unrichtigen Behauptungen verleiten (vergl. die Ansichten über den Stickstoff und die Salzsäure). Von seinen »Anfangsgründen der antiphlogistischen Chemie« erschien 1792 die erste, 1801 die dritte Auflage.

\*\*) Thomas Henry war 1734 zu Wrexham in Nordwales geboren; er betrieb die Apothekerkunst von 1764 an zu Manchester. Besondere Verdienste erwarb er sich um die Einführung der Chlorbleicherei. Er starb 1816. Er schrieb noch: *Experiments and Observations* (1773), und Abhandlungen in

Uebersetzung seiner *Opuscules physiques et chimiques* (1776) bekannter; Zunehmende Verbreitung der Ansichten Lavoisier's. einer der ersten Anhänger derselben war dort Lubbock, dessen *Dissertatio de principio sorbili* (Sauerstoff) 1784 erschien. Cavendish räumte zu derselben Zeit ein, daß nach den beiden entgegengesetzten Theorien sich die meisten chemischen Prozesse gleich gut erklären lassen. In Beziehung auf seine vorhin (Seite 157) mitgetheilte Ansicht sagt er in seinen *Experiments on air*, nachdem er hier die Grundzüge des Lavoisier'schen Systems mitgetheilt hat: „Es scheint, als ob sich die Erscheinungen sehr gut aus dieser Theorie erklären ließen, ohne das Phlogiston zu Hülfe zu rufen. Da nun, dephlogistisirte Luft (Sauerstoff) mit einem Körper verbinden, eben das ist, als ihn seines Phlogistons berauben und Wasser hinzuthun, so wird man wohl schwerlich durch Versuche ausmachen können, welche von beiden Meinungen die wahre sei. Da aber das allgemein angenommene Phlogiston sämmtliche Erscheinungen ebenso gut erklärt, so habe ich es beibehalten.“

Allein der Vorzug, welchen Cavendish der Phlogistontheorie gab, hielt sie nicht länger; dieser selbst beschäftigte sich indeß später nicht mehr mit Chemie, und sprach sich nie für die antiphlogistische Theorie aus. Black trat 1790 zu der letztern über; er schrieb zu dieser Zeit an Lavoisier, daß er das letztere System jetzt in seinen Vorlesungen erläutere. Lange widerstand Kirwan; noch 1787 suchte er in einem besondern *Essai on Phlogiston and the constitution of acids* seine oben (Seite 156) mitgetheilte Ansicht zu verfechten; dieses Buch kann als die letzte ernstliche Anstrengung der Phlogistontheorie zu ihrer Vertheidigung angesehen werden; alle Anhänger, welche sie noch hatte, näherten sich damals in ihren Ansichten denen Kirwan's, so daß dieses letzte Bekenntniß des alten Systems in dem Streit mit dem neuen noch Wichtigkeit hat, obgleich das letztere zu jener Zeit als schon vollkommen begründet zu betrachten ist. — Kir-

Kirwan's letzte Vertheidigung des Phlogistons.

die *Memoirs of the literary and philosophical Society of Manchester* und in die *Medical Transactions published by the College of Physicians in London*. — Auch sein Sohn, William Henry, machte sich als Chemiker bekannt; er war 1775 zu Manchester geboren, studirte zu Edinburg, und widmete sich später zu Manchester der Industrie und wissenschaftlichen Untersuchungen. Er starb in Melancholie durch Selbstmord 1836. Abhandlungen chemischen Inhalts finden sich von ihm in den *Philosophical Transactions* und in den *Memoiren der Societät zu Manchester*.

Kirwan's letzte  
Vertheidigung des  
Phlogistons.

wan handelte seinen Gegenstand in dreizehn Abschnitten vollständig ab, jede Frage, die hierbei zu berücksichtigen war, berührend. In dem ersten Abschnitte gab er Notizen über die Gase, weil mit dem Studium dieser Körper die Aufstellung der antiphlogistischen Theorie eng verbunden war (weßhalb man auch damals die Anhänger derselben manchmal als Pneumatiker bezeichnete), und namentlich über ihr specifisches Gewicht; im zweiten handelte er von der Constitution der Säuren und den Versuchen, welche man über die Zerlegung und Wiederherstellung des Wassers angestellt hatte; im dritten bis achten von der Schwefelsäure, der Salpetersäure, der Salzsäure, dem Königswasser, der Phosphorsäure und der Keesäure; in dem neunten von der Verkalkung und Reduction der Metalle und der Erzeugung der fixen Luft (welche nach ihm in allen Metallkalken enthalten sein sollte, vergl. Seite 156); im zehnten von der Auflösung der Metalle; im elften von den Metallfällungen; im zwölften von dem Unterschiede zwischen Stahl und Eisen; im dreizehnten zog er seine Folgerungen zu Gunsten des Phlogistons. — Lavoisier übernahm es mit mehreren seiner Anhänger, diese letzte Vertheidigung der Phlogistontheorie zu widerlegen; in französischer (1788) und englischer (1789) Sprache erschien Kirwan's Buch mit einem Commentar, welcher die größere Naturgemäßheit der neueren Ansichten im Vergleich zu den von Kirwan angenommenen in das klarste Licht setzen mußte. Lavoisier selbst bearbeitete die Einleitung und den 2ten, 3ten und 11ten, Berthollet den 4ten, 5ten und 6ten, Guyton de Morveau den 7ten und 13ten, Fourcroy den 8ten, 9ten und 10ten, Monge den 12ten Abschnitt, und der Zweck ihrer Widerlegung wurde vollkommen erreicht. Kirwan selbst konnte nicht länger den von seinen Gegnern beigebrachten Gründen widerstehen, und 1792 erklärte er offen, daß er jetzt seiner Ueberzeugung nach Anhänger des antiphlogistischen Systems sei. »Nach zehnjähriger Anstrengung,« schrieb er an Berthollet, »lege ich die Waffen nieder und gebe das Phlogiston auf. Ich sehe jetzt klar ein, daß keine einzige bewährte Erfahrung die Hervorbringung von fixer Luft aus Wasserstoff« (Phlogiston) »und Sauerstoff bezeugt, und unter diesen Umständen ist es unmöglich, das phlogistische System länger aufrecht zu halten.« Doch gewöhnte sich Kirwan nie ganz in den Geist der neueren Theorie hinein; die Bemerkungen, welche er 1800 gegen die Nomenclatur der Antiphlogistiker machte, zeigten deutlich, daß er sich von den so lange gehegten älteren Ansichten nicht ganz losreißen konnte.

Nur Priestley hielt standhaft an der einmal gefaßten Meinung fest. Nachdem er von Lavoisier's ersten Arbeiten an sich gegen die von diesem aufgestellten Ansichten ausgesprochen hatte, unterließ er selbst noch nach seiner Auswanderung, in hohem Alter, nicht, die Phlogistontheorie zu vertheidigen; aus seiner Zurückgezogenheit in Amerika richtete er 1796 seine Considerations on the doctrine of phlogiston and the composition of water an die noch lebenden Verfasser der Antworten an Kirwan. Wohl fühlte er damals, daß in der öffentlichen Meinung die Phlogistontheorie aufgegeben war; unter den vielen berühmten Chemikern der damaligen Zeit konnte er als Anhänger seiner Ansichten nur Crell\*), Westrumb und J. J. Gmelin aus Deutschland, Keir und einige andere weniger bekannte Chemiker aus England nennen; zu diesen kamen noch De la Metherie, Sage und Baumé in Frankreich, und auch von diesem Häufchen dem Phlogiston treu Gebliebener gingen bald einige zu der andern Theorie über. Was Priestley wollte, war, daß die Vertreter des antiphlogistischen Systems nicht im Gefühl ihres Sieges alle Einwürfe, die man ihnen noch machen könne, ignoriren sollten. »Behandelt mich nicht nach Art Robespierre's,« sagte er, »ertragt mit Geduld eine chemische Vendée. Antwortet mir, überzeugt mich und mißbraucht eure Gewalt nicht.« Aber ehe noch die Gelehrten, an welche diese Aufforderung gerichtet war, ihr entsprachen, beantwort-

Lezte Vertheidigung des Phlogistons durch Priestley.

\*) Lorenz von Crell war geboren 1744 zu Helmstädt; längere Zeit wirkte er als Bergath und Professor an der Universität seiner Vaterstadt; er starb zu Göttingen 1816. Ausgezeichnet viel für die Verbreitung chemischer Kenntnisse in Deutschland leistete er durch seine journalistische Thätigkeit; nicht nur die neueren Entdeckungen (unter welchen er jedoch die antiphlogistische Theorie beharrlich bestritt), sondern auch die älteren besseren chemischen Abhandlungen, welche in den Schriften gelehrter Gesellschaften zerstreut standen, theilte er mit großem Fleiße mit. Von ihm herausgegeben wurden: »Chemisches Journal« (6 Thle. 1778—1781); »die neuesten Entdeckungen in der Chemie« (13 Theile. 1781—1784); »Chemisches Archiv« (2 Theile. 1783); »Neues chemisches Archiv« (8 Bde. 1783—1791); »Neuestes chemisches Archiv« (1798); »Chemische Annalen« (40 Bde. 1784—1803); »Beiträge zu den chemischen Annalen« (6 Thle. 1785—1799); »Auswahl vorzüglicher Abhandlungen aus den französischen Annalen der Chemie« (1801). Auch viele selbstständige Werke machte Crell in Deutschland durch Uebersetzungen heimisch; durch ihn wurden Kirwan's Schriften, Black's Vorlesungen über Chemie, Crawford's Untersuchungen über die Wärme u. a. bei uns bekannt.

Letzte Vertheidigung des Phlogistons durch Priestley.

tete schon A det, damals französischer Gesandter in Nordamerika, die Einwürfe von Priestley, und die Pariser Chemiker brauchten, statt einer Vertheidigung ihrer Ansichten, nur einen Bericht über Priestley's und A det's Schriften zu geben, welcher 1798 von Berthollet und Fourcroy dem Nationalinstitut erstattet wurde. Er war mit vieler Courtoisie abgefaßt; man war seiner Sache sicher, und während früher die Gegner der antiphlogistischen Theorie oft großartiger abgefertigt worden waren, verfuhr man jetzt glimpflich mit dem letzten Vertheidiger der Phlogistontheorie und bezeichnete diese, da die Sache als abgemacht betrachtet werden konnte, nur als eine doctrine un peu chancelante. Diese Beantwortungen befriedigten Priestley nicht; eine neue Schrift von ihm: the doctrine of phlogiston established and that of the composition of water refuted, erschien 1800; er sagte hier, das gegen ihn Vorgetragene habe ihn noch nicht überführt, doch habe er darauf in der neuen Schrift Rücksicht genommen, er wünsche aber den Franzosen, daß ihre politische Revolution von festerer Dauer sein möge, als es von ihrer chemischen zu erwarten sei. Die Gründe, welche er in diesen beiden Arbeiten für das Phlogiston geltend zu machen suchte, beziehen sich hauptsächlich auf die Hervorbringung einer brennbaren Luft aus Kohle mit Hammerschlag. Gegen die antiphlogistische Theorie warf er ein, daß nach ihr unter diesen Umständen nur Kohlensäure entstehen dürfe; er selbst erklärte die Bildung des brennbaren Gases aus der Einwirkung des seiner Meinung nach in den Dryden enthaltenen Wassers auf die Kohle, wo phlogistisirtes Wasser (Wasserstoff) als brennbare Luft entwickelt werde (vergl. Kohlenoxyd); die Zusammensetzung des Wassers erkannte er nicht an, gestützt darauf, daß sich hier immer Salpetersäure (von beigemengtem Stickgas) bilde, welche er als das Hauptproduct des Verbrennens von Wasserstoffgas in Sauerstoff betrachtete (vergl. Wasser). — Zum letzten Male sprach sich Priestley zu Gunsten des Phlogistons 1802 in einer englischen Zeitschrift, dem Monthly Magazine, aus, und so kann man wohl sagen, daß er die Stahl'sche Theorie, wiewohl vergeblich, doch rastlos bis zu seinem Tode (1804) vertheidigt hat.

Sturz der phlogistischen Theorie.

Es trat inzwischen wirklich ein, was einer der ersten Anhänger Lavoisier's in England, L u b b o c k, schon 1784 in seiner Dissertatio de Principio sorbili seu communi mutationum chemicarum causa geurtheit und vorausgesetzt hatte: Sequentem, maximi in chemia momenti, conclusionem stabilire liceat. Quod nullum a corpore combustibili, comburendo,

aufugiat principium; quod nullum, quale perhibitum fuerit Phlogiston, in natura existat; quod Phlogiston mera sit contemplatio, mera qualitas, quae, si nunquam vixisset Stablius, ipsa vitam fortasse nunquam, nunquam corporis dotes et honores fuerit assecuta. Sed quamvis hoc principium, hoc instrumentum, quod chemiae et chemicis, ob universum suum imperium, adeo commodum fuerit, falsum, et meram contemplationem, esse demonstratur; quamvis eadem haec contemplatio omnia in chemia confuderit, et rebus, aliter satis perspicuis, multum obscuri intulerit; tamen eandem, quae tam distinctis, tam apte ementitis fuco coloribus, veritatis ipsius speciem potis fuerit aemulari, sero nunc demum morti cedere, sine admiratione, nedum dolore, quis possit? Pace dulci quiescat, et longa et aeterna oblivionis nocte decenter et silenter reponatur. Dieses Urtheil ist übrigens zu hart, was den Werth, den die Phlogistontheorie für ihre Zeit hatte, betrifft; in dem ersten Theile, Seite 264 ff., habe ich schon besprochen, wie fördernd die Aufstellung dieser Theorie der Ausbildung unserer Wissenschaft gewesen ist, wie sie ein nothwendiges Zwischenglied war, vermittelst dessen man von den früheren noch irrigeren Meinungen zu einem richtigeren Verständniß der Verbrennung und Verkalkung gelangte.

Sturz der phlogistischen Theorie.

Allgemein angenommen wurde also jetzt, daß die Metalle chemisch unzerlegbare Körper sind, daß Verkalkung Vereinigung der Metalle mit Sauerstoff ist; daß die Verbrennung in der Verbindung eines verbrennlichen Körpers mit Sauerstoff bestehe, und daß die Feuererscheinung dabei auf dem Freiwerden latenter Wärme aus dem Sauerstoffgas beruhe. Wir wollen jetzt noch Einiges darüber angeben, wie sich die Kenntnisse über diese einzelnen Ansichten seit Lavoisier erweiterten und berichtigten.

Weitere Ausbildung der antiphlogistischen Theorie.

Lavoisier begnügte sich nicht damit, die qualitative Constitution der Metalloryde festzustellen, sondern er suchte auch ihre quantitative Zusammensetzung zu ermitteln. In Bezug hierauf stellte er nur wenige eigene Versuche an; er benutzte vielmehr die Resultate von Bergman's Versuchen über die Metallfällungen, von denen wir Seite 143 f. gesprochen haben, und rechnete sie nach seinen Ansichten um. Bergman's Meinung, die Menge des fällenden und des gefällten Metalls enthalten eine gleiche Quantität Phlogiston, ging nach Lavoisier's System in den Satz über, daß die Menge des fällenden und des gefällten Metalls gleich viel Sauerstoff be-

Lavoisier's Untersuchung der Zusammensetzung der Dryde.

Lavoisier's Unters-  
suchung der Zus-  
ammensetzung  
der Dryde.

dürfen, um mit ihm vereinigt sich in Säuren lösen zu können. Indem also Lavoisier aus Bergman's Versuchen berechnete, wie viel von den verschiedenen Metallen mit einer gleichen Quantität Sauerstoff sich zu Dryden vereinigen, also den relativen Sauerstoffgehalt der verschiedenen Dryde ermittelte, und indem er weiter für Ein Dryd, das Quecksilberoxyd, den absoluten Sauerstoffgehalt bestimmte, konnte er 1785 die Aufstellung einer Tabelle für die Zusammensetzung der Dryde versuchen. Doch berücksichtigte er dabei, daß ein Metall manchmal sich in verschiedenen Verhältnissen mit Sauerstoff zu vereinigen fähig ist, daß das Eisen z. B. in Schwefelsäure aufgelöst mit weniger Sauerstoff verbunden ist, als wenn man es in Sauerstoffgas verbrennt; deshalb gab er für mehrere Metalle verschiedene Quantitäten Sauerstoff an, die ihnen zutreten können. Von seinen Bestimmungen will ich hier einige mittheilen, welche auf Dryde gehen, für die eine Vergleichung mit unserer jetzigen Kenntniß der Zusammensetzung statthast ist; für mehrere von ihm angegebene Metalle läßt sich nicht mit Sicherheit sagen, welche der jetzt davon bekannten Drydationsstufen mit den von ihm gemeinten zu vergleichen sei. Ich füge die richtige Zusammensetzung zur Würdigung seiner Bestimmungen bei.

Es verbinden sich 100 Theile Metall mit Sauerstoff

nach Lavoisier:

Eisen . . .	{	27 . .	29,5 (Drydul)
		37 . .	39,3 (Dryd = oxydul)
Kupfer . . .	{	16 . .	12,6 (Drydul)
		36 . .	25,3 (Dryd)
Zink . . .		19 . .	24,8
Zinn . . .	{	14 . .	13,6 (Drydul)
		23,5 . .	27,2 (Dryd)
Silber . . .		10,8 . .	7,4
Wismuth . . .		9,6 . .	11,3
Quecksilber . . .		8,0 . .	7,7
Blei . . .	{	4,47 . .	7,7 (Dryd)
		14,19 . .	10,3 (Mennige)

Diese ersten Versuche zur Ermittlung der Zusammensetzung von Dryden wurden bald erweitert, und directere Bestimmungen ausgeführt. Doch war es erst Proust, welcher mit der Erkenntniß der constanten Proportionen die Gewichtsverhältnisse der Verbindungen aus Metallen und Sauerstoff genauer feststellte (vergl. II. Theil, Seite 368).

Die Ansicht, daß die Metalle chemisch einfache Körper seien, erhielt sich seit Lavoisier, und nur selten tauchten Ideen auf, nach welchen ihre Zusammengesetztheit wahrscheinlicher wäre. Gay-Lussac's und Thénard's Meinung (1808), daß die Alkalimetalle Wasserstoffverbindungen seien, erweckten in mehreren Chemikern wieder die Ansicht, es sei doch möglich, daß alle Metalle Wasserstoffverbindungen seien, und daß ihr Wasserstoffgehalt sich als Gehalt an Phlogiston deuten lasse; die Alkalimetalle wären hiernach Verbindungen der Alkalien mit Wasserstoff (Phlogiston), welcher durch Wasser ausgetrieben würde; die Metalle wären Verbindungen von Metallalkalien mit Wasserstoff; dieser vereinigte sich bei der Verkalkung mit Sauerstoff zu Wasser, welches mit dem Metall verbunden bliebe, und es als Dryd erscheinen ließe; Cavendish's Ansicht (Seite 157) wäre gerechtfertigt. H. Davy selbst verwarf diese phlogistische Anschauungsweise nicht unbedingt; in einer späteren Note zu der Vorlesung, in welcher er 1807 die Entdeckung der Alkalimetalle veröffentlichte, sagte er: »Es würde sich unstreitig eine chemische Theorie vertheidigen lassen, welche annähme, daß die Metalle aus unbekanntem Basen und aus der im Wasserstoff befindlichen Materie bestehen, und daß Metalloryde, Alkalien und Säuren Zusammensetzungen solcher Basen mit Wasser sind. In dieser Theorie würde man aber mehr unbekannte Principien als in der allgemein herrschenden annehmen müssen, und sie würde minder klar und minder elegant sein. Als ich bei meinen ersten Versuchen über die Destillation der Basis von Kali« (wo Feuchtigkeit zugegen war, und Drydation stattfand) »stets Wasserstoffgas sich entwickeln sah, wurde ich veranlaßt, die phlogistische Hypothese mit den neuen Thatsachen zu vergleichen, und ich fand, daß sie sich ihnen ohne Schwierigkeit anpassen läßt. Genauere Untersuchungen bewiesen mir indeß in der Folge, daß in den Fällen, in welchen ein brennbares Gas erscheint, etwas Wasser oder ein anderer Körper, in welchem man Wasserstoff annimmt, gegenwärtig war.« Davy behielt auch Recht gegen Gay-Lussac und Thénard, welche die phlogistische Hypothese, wie sie Davy nannte, vertheidigten (vergl. die Geschichte des Kaliums), und diese Letzteren traten ihm 1810 bei. Von jener Zeit an ist über die Unzerlegbarkeit der eigentlichen Metalle für die jetzigen chemischen Hülfsmittel kein Zweifel mehr aufgetreten, und die Zusammengesetztheit eines den Metallen ähnlichen Körpers, des Ammoniums, ist nicht weiter mit Erfolg als Anhaltspunkt zu Schlüssen über die Constitution der Metalle versucht worden.

Spätere Erinnerungen an die phlogistische Theorie.

Berichtigung der  
Lavoisier'schen An-  
sicht über die Ver-  
brennung.

Die von Lavoisier aufgestellte Definition der Verbrennung, daß sie die Vereinigung eines verbrennlichen Körpers mit Sauerstoff sei, und die Erklärung, welche er über die Entstehung der Feuererscheinung gab, daß sie von dem Freiwerden der latenten Wärme des Sauerstoffgases herrühre, unterlag bald Berichtigungen. Wie noch die Chemiker des 17. Jahrhunderts (vergl. Seite 108) alle Verbrennung als auf Abscheidung des Schwefels beruhend betrachtet hatten: *ubi ignis et calor, ibi sulphur*, — so betrachteten die Antiphlogistiker zuerst alle Verbrennung als auf Verbindung mit Sauerstoff beruhend, und ihre Meinung konnte ausgedrückt werden: *ubi ignis et calor, ibi oxygenium*. Man nahm aber bald wahr, daß Körper verbrennen, ohne daß sie sich mit Sauerstoffgas in Berührung befinden. Daß die Metalle bei ihrer Vereinigung mit Schwefel auch ohne Zutritt von Sauerstoff eine Feuererscheinung zeigen, bewiesen die holländischen Chemiker Deiman, Paets van Troostwyck, Nieuwland, Bondt und Lauwerenburgh 1793. Die Feuererscheinung, welche Bittererde mit Schwefelsäure zeigt, ohne daß dabei eine Drygenation stattfindet, hatte Westrumb schon 1784 bemerkt. Die Verbrennung, welche viele Metalle in Chlorgas zeigen, entdeckte derselbe 1789, und nachdem das Chlor seit 1810 als sauerstofffrei erkannt wurde, war damit ein neuer Beweis gegen die Richtigkeit der Lavoisier'schen Definition der Verbrennung gewonnen. So wurden noch mehr Beispiele bekannt, welche darthaten, daß Verbrennung nicht ausschließlich die Vereinigung mit Sauerstoff begleitet, sondern daß sie bei der Verbindung auch anderer Körper, welche große Affinität zu einander haben, stattfinden kann, und schon 1803 erklärte Berthollet in seiner *Statique chymique*: *Si le dégagement de la lumière ne diffère de l'élimination du calorique que par les circonstances de l'émission, on ne doit pas être surpris qu'il puisse être dû à des causes très-différentes; sa source la plus ordinaire est la combinaison de l'oxygène avec quelque substance inflammable, mais d'autres combinaisons et la compression même d'une substance peuvent la produire; il suffit qu'il se fasse sous certaines conditions un changement dans la proportion du calorique d'un corps ou d'un système de corps.* — Aber auch die Ansicht wurde bald berichtigt, die Hitze bei der Verbrennung stamme von dem Freiwerden der latenten Wärme des Sauerstoffgases, oder allgemein davon, daß die spezifische Wärme des Verbrennungsproductes geringer sei, als die seiner Bestandtheile im unver-

bundenen Zustände. Die genaueren Versuche über die specifische Wärme der Gasarten und der Dämpfe, über welche zu berichten der Geschichte der Physik zu steht, haben das Irrige dieser Ansicht dargethan; eine bessere Erklärung der Licht- und Wärmeerscheinung, die bei der Verbrennung auftritt, versuchte man in den elektrochemischen Theorien, welche in ihrer Aufstellung durch H. Davy und Berzelius bereits im II. Theil, Seite 334 ff., besprochen wurden, wohin ich zurückverweise.

Berichtigung der Lavoisier'schen Ansicht über die Verbrennung.

Mit der schärferen Bestimmung, welche Körper als einfache zu betrachten seien, und mit der Wahrnehmung, daß die verschiedenartigsten Körper eine Feuererscheinung bei ihrer Verbindung zeigen können, trat immer mehr die Ansicht zurück, daß alle verbrennlichen Körper diese gemeinsame Eigenschaft dem gemeinsamen Gehalt an Einem ponderablen Bestandtheil verdanken. Noch in dem ersten Decennium dieses Jahrhunderts machte man Hypothesen über die Möglichkeit, daß in allen verbrennlichen Substanzen Wasserstoff enthalten sei; Davy's Ansicht darüber habe ich vorhin (Seite 167) mitgetheilt; van Mons sprach sich geradezu dafür aus, auch Döbereiner schien sich, vorsichtiger, dazu hinzuneigen. Diese Hypothesen haben sich nicht bestätigt, doch aber ist die Ansicht noch immer vorherrschend, in dem Gehalt an Einem Princip, wenn auch nicht an Einem wägbaren Bestandtheil, sei die Verbrennlichkeit begründet; elektiropositive Elektrizität nimmt man in allen den Substanzen an, die vorzugeweise als verbrennliche bezeichnet werden. Diese Annahme ist, bis jetzt, das letzte Resultat, das aus einer Anschauungsweise hervorgeht, welche seit tausend Jahren in der Chemie herrscht, welche bald allein die Erklärungen bedingte, und die Phlogistontheorie hervorrief, bald vor anderen Untersuchungsweisen zurücktrat: daß nämlich Körper, welche dieselben Erscheinungen hervorbringen können, wahrscheinlich Einen gemeinsamen wägbaren Bestandtheil, oder doch Ein gemeinsames unwägbares Princip, enthalten.

Wir haben in dem Vorhergehenden Alles zusammengestellt, was mit der historischen Betrachtung der Ansichten über die Metalle, die Verkalkung und die Verbrennung im nothwendigsten Zusammenhange steht. Um die Entwicklung einzelner Lehren vollständiger einzusehen, sind die Abschnitte über einige Gegenstände (Sauerstoff z. B., Wasser u. a.) noch zu vergleichen,

Kurze Zusammenstellung der verschiedenen Ansichten.

Kurze Zusammen-  
stellung der verschie-  
denen Ansichten.

deren Geschichte hier schon ausführlicher zu entwickeln der übersichtlichen Darstellung noch mehr Hindernisse in den Weg gelegt hätte, als aus der Menge und der Verschiedenheit von Material, das hier nothwendig Berücksichtigung finden mußte, ohnehin schon hervorgehen. So verschieden sind in der That die Gegenstände, deren Bearbeitung zur Ausbildung unserer jetzigen Ansichten über die Metalle, die Verkalkung und die Verbrennung wesentlich beitrug, daß zur Erlangung eines klaren Ueberblickes über die früher gehegten Meinungen und ihren Zusammenhang unter einander eine kurze Rückerrinerung an das, was wir eben zusammenstellten, nothwendig erscheint.

Ueber die Verbren-  
nung und das Feuer.

Hinsichtlich der Meinungen über die Verbrennung und das Feuer erinnerten wir zuerst daran, daß bei den Alten dieser Vorgang als eine Abscheidung der elementaren Feuermaterie betrachtet worden zu sein scheint (Seite 102). Die damit gegebene Idee, daß das Feuer etwas Substantielles sei, bleibt nun lange bei den Alchemisten und den Chemikern; von diesen wird die Ansicht aufgestellt, in den analogen verbrennlichen Körpern sei ein gemeinsames Princip der Verbrennlichkeit enthalten, und zwar in den Metallen Schwefel (zuerst bei Geber, Seite 104), in dem Schwefel und ähnlichen Stoffen ein Bestandtheil, welcher als oleum oder pinguetudo bezeichnet wurde (Seite 106 ff.). Auf der Abscheidung dieses Principes, nahm man an, beruhe die Verbrennung. — Die Ansicht, daß die Verbrennung in einer Abscheidung des in der verbrennlichen Substanz enthaltenen Schwefels bestehe, bekämpfte Kunkel (Seite 108), und auch Becher, welcher zuerst in allen verbrennlichen Stoffen, den metallischen und den nicht metallischen, ein und dasselbe Princip der Verbrennlichkeit annahm und als terra pinguis bezeichnete (Seite 108). Kunkel ging auch von der Annahme ab, daß das Feuer etwas Substantielles sei, was zu derselben Zeit ungefähr auch van Helmont (Seite 124) und Newton (Seite 125) bestritten. Becher betrachtete die Verbrennung nur als einen Zustand der feinsten Zertheilung (Seite 108), legte aber doch der Feuermaterie Gewicht bei (Seite 121), und betrachtete sie also als etwas Körperliches, wie dies auch Boyle (Seite 122), N. Lemeroy (Seite 123) und Homberg (Seite 124) thaten. — Stahl betrachtete die Feuererscheinung bei der Verbrennung als einen bloßen Bewegungszustand des sich ausscheidenden Phlogistons, welches er nicht für identisch mit der Feuermaterie hielt (Seite 138 und 112), und auch Boerhave erklärte

die Feuererscheinung nur aus der durch die zum verbrennenden Körper hinzuströmende Luft hervorgebrachten starken Bewegung der kleinsten Theilchen des ersteren (Seite 139). Die Ansicht, daß die Verbrennung auf Abscheidung des Phlogistons beruhe, erhielt sich bis gegen 1780; und die schon lange erkannte Mitwirkung der Luft bei der Verbrennung und Verkalkung (Seite 130 ff.) wurde als eine nur passive angesehen, insofern die Luft das entweichende Phlogiston aufnehme (Seite 137 f. und 140); Hooke's und Mayow's (Seite 133 f.) früher geäußerte Ansichten, daß ein Theil der Luft bei der Verbrennung besonders thätig sei und sich dabei mit dem verbrennlichen Körper verbinde, blieben unbeachtet. Von 1772 an suchte Lavoisier zu zeigen, daß die Verbrennung in einer Verbindung mit Sauerstoff bestehe (Seite 144 ff.), und leugnete die Existenz des Phlogistons. Viele Chemiker indeß betrachteten noch die Abscheidung dieses Körpers — welchen einige auch wieder für identisch mit der Feuermaterie (Seite 142) und andere zwar für substantiell, aber negativ schwer (Seite 148 ff.) hielten — als die Ursache der Verbrennung, und stellten viele sich widersprechende Ansichten auf (Seite 155 ff.), bis trotz heftiger Vertheidigung der phlogistischen Lehre (Seite 146 ff. und 161 ff.) die Lavoisier'schen Ansichten allgemein angenommen wurden, wonach die Verbrennung in der Verbindung mit Sauerstoffgas besteht, und die Feuererscheinung durch die dabei freiverdende latente Wärme dieses Gases hervorgebracht wird. Daß Lavoisier's Definition der Verbrennung nicht ganz richtig sei, ging bald daraus hervor, daß man Verbrennungen constatirte, wobei Sauerstoff nicht mitwirkt (Seite 168), und an die Stelle der antiphlogistischen Erklärungsweise der Verbrennung trat die elektrochemische (Seite 169).

Hinsichtlich der Metalle betrachteten wir zuerst das allmälige Bekanntwerden derselben (Seite 91 f.) und die vermeintliche Darstellung neuer Metalle (Seite 92 f.), den Grund ihrer Benennung (Seite 93), wie man sie definirte (Seite 94) und eintheilte (Seite 94 ff.). Sodann untersuchten wir die Ansichten über ihre Erzeugung und Zusammensetzung. Daß die Metalle sich noch stets bilden, scheinen die Römer schon geglaubt zu haben (Seite 97), und vertheidigten Lachenius und Becher (Seite 110); Stahl bestritt es bereits mit Erfolg (Seite 114). In Bezug auf die Zusammensetzung der Metalle nahm Geber Schwefel und Queck-

Ueber die Verbrennung und das Feuer

Ueber die Metalle

Kurze Zusammen-  
stellung der verschie-  
denen Ansichten  
über die Metalle.

silber als ihre Bestandtheile an (Seite 97 f.), worin ihm alle Chemiker bis zum 14. Jahrhundert folgen (Seite 99), während die des 15. und 16. noch außerdem Salz als Bestandtheil der Metalle betrachteten (Seite 99 f.); daß Quecksilber in ihnen enthalten sei (welche Annahme sich nicht vor Geber zurückverfolgen läßt, Seite 98) und sich aus ihnen gewinnen lasse, wurde bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts von vielen Chemikern angenommen (Seite 100 ff.). Boyle bestritt die Zusammensetzung der Metalle aus Quecksilber, Schwefel und Salz (Seite 100), und Kunkel, daß Schwefel in ihnen enthalten sei (Seite 108); Becher stellte die Ansicht auf, daß sie aus verschiedenen einfachen Erden bestehen, deren eine bei der Verkalkung abgeschieden werde, bezeichnete diese Bestandtheile jedoch gleichfalls noch als Schwefel, Quecksilber und Salz oder Erde (Seite 109 f.). Stahl gründete sodann die lange herrschend gebliebene Theorie, daß die Metalle aus eigenthümlichen Metallkalcken und Phlogiston bestehen (Seite 111 ff.). Abweichende Meinungen über diesen Gegenstand äußerten Fr. Hoffmann (Seite 115 f.) und Boerhave (Seite 116 f.), aber Stahl's Lehre wurde die allgemein angenommene; den Zustand ihrer weitesten Ausbildung erlangte sie um 1770 (Seite 141 ff.). Sie wurde durch Lavoisier gestürzt, welcher die Metalle als einfache Körper betrachtete (Seite 146), und dessen Meinung gegen die der letzten Phlogistiker die Oberhand behielt, welche Wasserstoff, der mit Phlogiston identisch sei, in den Metallen nachweisen wollten (Seite 153 f. und 161 ff.). Spätere Versuche, einzelne Metalle als Wasserstoffverbindungen zu betrachten (Seite 167 und 169), blieben ohne Einfluß auf die Wissenschaft.

Ueber die Dryde  
oder Metallkalcke.

Die Dryde oder Metallkalcke erkannte man schon früh als Körper, welche den gewöhnlichen Verbrennungsproducten analog seien (Seite 103). Die Ansicht, die Verkalkung beruhe auf einer Zerfetzung des Metalls, darauf, daß sich etwas aus dem Metall ausscheide, findet sich schon bei den Alten (Seite 104); Geber lehrte namentlich, sie beruhe auf der Verjagung des schwefligen Principes der Metalle oder ihrer Feuchtigkeit (Seite 104), worin ihm die Chemiker bis zu Libavius beistimmen (Seite 105 f.). Auch nach Becher sollte die Verkalkung auf der Abscheidung des brennbaren Bestandtheils der Metalle beruhen (Seite 108 f.), worauf Stahl die Metallkalcke als eigenthümliche erdige Körper betrachtete, welche, mit Phlogiston verbunden, die Metalle constituiren (Seite 111 ff.). Fr. Hoffmann im Gegentheil sah die Verkalkung an als eine Vereinigung der Metalle mit einem sauren

Besen (Seite 115 f.), und Boerhave leugnete, daß in den Metallen erd-  
 artige Bestandtheile enthalten seien (Seite 117). Doch blieb Stahl's An-  
 sicht herrschend, daß Verkalkung Abscheidung des Phlogistons aus den Metallen  
 sei; verschiedene Meinungen aber bildeten sich aus, in was der Unterschied  
 der Metallkalle unter sich begründet sei (Seite 142 f.). — Früher waren in-  
 deß schon viele Beobachtungen über eine Erscheinung gemacht worden, deren  
 nähere Untersuchung später Stahl's Theorie stürzte. Geber schon und viele  
 Chemiker nach ihm hatten die Gewichtszunahme bei der Verkalkung beobach-  
 tet, und dafür verschiedene Erklärungen gegeben (Seite 119 f.), unter welchen  
 die Ansicht, daß ponderable Feuermaterie sich dabei mit den Kalken verbinde,  
 bedeutende Autoritäten, wie Becher, Boyle, Lemery u. A., für sich  
 erhielt (Seite 121 ff.). Stahl erklärte die Erscheinung gar nicht, ob er sie  
 gleich wohl kannte (Seite 126 f.), und nach ihm häuften sich wieder die ver-  
 schiedenartigsten Ansichten über ihre Ursache (Seite 127 ff.). Daß diese Ge-  
 wichtszunahme durch die Absorption von Luft verursacht werde, bewies schon  
 Rey (Seite 131 ff.) und später Mayow, ohne daß dies jedoch anerkannt  
 wurde, obgleich auch Boyle's Versuche (Seite 136 f.) und später Hales',  
 Beccaria's (Seite 140) und Priestley's (Seite 144) Versuche darauf  
 hinwiesen. Erst durch Lavoisier wurde außer Zweifel gesetzt, daß die Ver-  
 kalkung in einer Verbindung der Metalle mit Sauerstoff besteht (Seite 145 f.),  
 was auch aus Scheele's Versuchen hervorging (Seite 146); Lavoisier  
 zuerst suchte auch die quantitative Zusammensetzung der Dryde zu ermitteln  
 (Seite 165 f.). Die Discussion über diesen Gegenstand, ob Verkalkung in  
 der Aufnahme von Sauerstoff oder in der Abscheidung von Phlogiston bestehe,  
 fällt mit der über die Existenz des Phlogistons zusammen.

Ueber die Dryde  
 oder Metallkalle.

Auf die Verkalkung der Metalle durch Säuren wurde zuerst von den  
 Alchemisten aufmerksam gemacht (Seite 152); Bergman bewies, daß sich  
 alle Metalle nur als Kalle mit den Säuren verbinden (Seite 79 f.), und  
 daß sie aus diesen Auflösungen durch Alkalien meist als Hydrate gefällt werden.

Die Untersuchungen über das Phlogiston führten uns zurück in die  
 frühesten Zeiten, wo man bereits ein besonderes Princip der Verbrennlichkeit,  
 was mit der Feuermaterie selbst identisch sei, in den verbrennlichen Körpern  
 annahm (Seite 102). Dieses Princip bezeichnete man später als Schwefel  
 in den Metallen (Seite 104 ff.), als Fettigkeit in anderen verbrennlichen  
 Körpern (Seite 106 ff.). Die erstere Ausdrucksweise wurde besonders allgemein,

Ueber das  
 Phlogiston.

Kurze Zusammen-  
fassung der ver-  
schieden Ansichten  
über das Phlogiston.

so daß man jeden verbrennlichen Körper als einen schwefelhaltigen betrachtete, was Kunkel bestritt (Seite 108). Becher nahm zuerst in allen verbrennlichen Dingen einen und denselben Bestandtheil als Ursache der Verbrennlichkeit an (Seite 108 f.), und Stahl bestimmte diesen genauer unter der Bezeichnung Phlogiston (Seite 112). Stahl's Theorie wurde bald angenommen (Seite 114), obgleich einige Naturforscher, und namentlich Buffon (Seite 118), sich gegen die Voraussetzung eines als Phlogiston zu benennenden Elements erklärten; und für so begründet wurde die Existenz des Phlogistons angesehen, daß Bergman sogar den Gehalt der verschiedenen Metalle an ihm ermitteln zu können glaubte (Seite 143 f.). Der Glauben an die Existenz des Phlogistons wurde erschüttert, als Bayen fand, daß gewisse Metallkalken ohne irgend einen Zusatz reducirt werden können (Seite 145 f.), da doch die Anhänger des Phlogistons die Reduction nur als eine Verbindung des Metallkalkes mit Phlogiston betrachteten; und vollkommen widerlegt wurde er durch die genauere Beachtung des Umstandes, daß ein Körper in allen Fällen schwerer wird, wo er nach der Meinung der Phlogistiker Phlogiston verlieren soll. Um diese Erscheinung zu erklären, nahmen einige Chemiker an, das Phlogiston habe eine negative Schwere; auch diese Annahme leitete sich von früheren philosophischen und scholastischen Lehren her, und wurde erst nach längerem Streite widerlegt (Seite 148 bis 151). Andere Phlogistiker suchten den Vorwurf zu entkräften, daß man das Phlogiston nur voraussetze, aber nicht durch directe Darstellung nachweisen könne, und suchten es in bestimmten Substanzen zu finden (Seite 151 ff.), wo namentlich die Ansicht vertheidigt wurde, das Phlogiston sei mit dem Wasserstoff identisch. Diese Lehre, von Cavendish und Kirwan (Seite 153) aufgestellt, wurde besonders von dem Letztern und von Priestley verfochten (Seite 161 ff.). Lavoisier's Ansicht, daß das Phlogiston nicht existire und seine Annahme unrichtig sei, wurde zwar von Stahl's Anhängern heftig bekämpft (Seite 146 ff.), und die Phlogistontheorie selbst sehr verschiedenartig abgeändert, um sie mit den neueren Entdeckungen in Einklang zu bringen (Seite 155 ff.), allein das antiphlogistische System behielt, Kirwan's und Priestley's hartnäckiger Vertheidigung (Seite 161 ff.) ungeachtet, die Oberhand (Seite 160 und 164), und in unserm Jahrhundert sind nur selten Ansichten ausgesprochen worden, welche an die Annahme des Phlogistons noch erinnern.