

Ansichten über die
Constitution des
Wasserstoffs.

de sulfureux ni d'inflammable, mais le fer contient beaucoup de soufre, comme tout le monde le sait; il faut donc que le soufre de la limaille de fer ayant été rarefié et développé par l'esprit de vitriol, se soit exalté en une vapeur très susceptible du feu.

Diese Ansicht, daß das entzündliche Gas der brennbare Bestandtheil der Metalle, das Phlogiston, sei, erhielt sich lange (vergl. bei der Geschichte des Phlogistons, Seite 153 ff. dieses Theiles). Cavendish entwickelte sie 1766, Volta deutete dieselbe Ansicht an, wenn er dieses Gas in seiner *Lettera sull' aria infiammabile* (1776) einen luftigen Schwefel, *solfo aereo*, nannte; später (in einer neuen Ausgabe des vorigen, 1778) meinte er, es sei ein mit luftigem Salze vereinigtés Phlogiston, *phlogisto legato strettamente con una maniera di sale aereo*. Daß Phlogiston sein Hauptbestandtheil sei, meinten alle späteren Anhänger des Stahl'schen Systems; Scheele betrachtete (1777) es als eine Verbindung von Wärme mit Phlogiston; Andere glaubten, in ihm sei außer Phlogiston auch etwas von der Säure, die zu seiner Bereitung gedient habe, enthalten. Die meisten Anhänger fand aber unter den Phlogistikern die von Kirwan seit 1781 vertheidigte Ansicht, Wasserstoffgas und Phlogiston seien ganz identische Körper (vergl. Seite 153).

Was dieser Ansicht damals großes Gewicht gab, die Entdeckung der Fähigkeit des Wasserstoffs, Metallkalke zu reducirén u. a., habe ich am eben angeführten Orte bereits auseinandergesetzt. Aber kurz nach der Zeit, wo sie Kirwan am consequentesten entwickelte, wurde sie durch eine neue Entdeckung gestürzt; die Entdeckung der Zusammensetzung des Wassers zeigte, wie man die Entwicklung des Wasserstoffs bei der Lösung von Metallen erklären kann, ohne anzunehmen, er komme aus dem Metall.

Erkenntniß der Zus-
ammensetzung des
Wassers und Beob-
achtungen über die
Verbrennung des
Wasserstoffs.

Was bei der Verbrennung des Wasserstoffs vorgeht, hatte man ziemlich früh zu beachten angefangen. N. Lemer y erwähnt 1700 der Explosion, welche stattfindet, wenn dieses Gas mit Luft gemischt entzündet wird; daß reines Wasserstoffgas bei der Entzündung nicht explodirt, wußte er, giebt aber eine sehr undeutliche Erklärung für den so verschiedenen Erfolg: *Quand ces fumées (das Gas) sortiront trop vite, et qu'on y mettra la bougie allumée, elles ne feraient que s'enflâmer au cou du matras sans faire de fulmination; car ce bruit ne vient que de ce que le soufre de la matière étant allumé jusque dans le fond du matras, trouve de la rési-*

stance à s'élever, et il fait un grand effort pour fendre l'eau et se débarrasser. — Kunkel und Stahl kannten diese explosirende Eigenschaft gleichfalls. Cavendish bestimmte zuerst 1766, innerhalb welcher Grenzen bei der Vermischung mit Luft das Wasserstoffgas noch explodirt; er fand, daß eine Mischung aus 1 Volum des letztern mit mehr als 9 Volumen der erstern nicht mehr detonirt, und daß eine Mischung aus 11 Volumen des letztern mit weniger als 2 Volumen der erstern ohne Explosion verbrennt; er ermittelte außerdem noch, daß die Mischung aus 3 Volumen Wasserstoff und 7 Volumen gemeiner Luft am stärksten explodirt.

Erkenntniß der Zusammensetzung des Wassers und Beobachtungen über die Verbrennung des Wasserstoffs.

Nach der Entdeckung des Sauerstoffs (1774) fand man bald, daß das entzündliche Gas bei Mischung mit diesem noch stärker explodirt, als mit gemeiner Luft; Priestley besprach dieses schon 1775, und gab an, 1 Volum des entzündlichen Gases explodire am stärksten, wenn es mit $\frac{1}{2}$ Volum Sauerstoff gemischt sei. Die Mischung in denselben Verhältnissen nannte Volta 1776 *aria tonante*, welche Bezeichnung in die meisten Sprachen (Knallluft im Deutschen) übergegangen ist *).

Daß bei der Verbrennung des Wasserstoffs in gemeiner Luft oder in Sauerstoffgas Volumsverminderung stattfindet, wurde gleichfalls bald bemerkt. Scheele beschrieb dies 1777 in seiner Abhandlung von Luft und Feuer; Volta benutzte diesen Umstand 1778 behufs der Eudiometrie, und gab an, die entzündliche Luft verzehre bei dem Verbrennen ihr halbes Volum Sauerstoff.

Was aber hierbei entstehe, blieb noch unbekannt. Zwar bemerkten Macquer und de la Metherie schon 1776, daß sich an einer Porzellantasse, welche über die Flamme von Wasserstoff gehalten wurde, durchsichtige Feuchtigkeit, wie Wasser, absetzte, allein man dachte nicht daran, dieses Wasser als das eigentliche Product der Verbrennung des Wasserstoffs zu betrachten. Lavoisier sagte 1777, am Ende seiner Abhandlung über den

Entdeckung, daß Wasser das Product der Verbrennung des Wasserstoffs ist.

*) Zu den Angaben, welche ich im II. Theil, Seite 24, über das Knallgasgebläse machte, habe ich noch nachzutragen, daß Lavoisier in seiner Abhandlung über das Sauerstoffgasgebläse (in den Memoiren der Pariser Akademie für 1782) sagt: Der Präsident de Saron habe ihm einen sinnreichen Gedanken mitgetheilt, Körper, welche man nicht auf Kohle legen dürfe, stark zu erhitzen. Man solle aus einer Röhre Wasserstoffgas, aus einer andern Sauerstoffgas zusammenströmen lassen, man erhalte so eine sehr weiße, helle und heiße Flamme, welche leicht Eisen schmelze, aber nicht Platin.

Entdeckung, daß
Wasser das Pro-
duct der Verbren-
nung des Wasser-
stoffs ist.

Pyrophor, die entzündliche Luft, welche man aus Metallen mit Schwefel- oder Salzsäure erhalte, schein bei dem Verbrennen diejenige Säure zu geben, durch welche man sie erhalten habe. Er suchte damals über diesen Gegenstand sich genauer zu unterrichten, und stellte noch 1777 gemeinschaftlich mit Bucquet Versuche darüber an. Er hatte jetzt die Ansicht, es möge sich bei der Verbrennung des entzündlichen Gases wohl schweflige oder Schwefelsäure bilden; Bucquet glaubte, es würde Kohensäure entstehen; sie fanden aber weder die eine noch die andere Vermuthung bestätigt. Lavoisier konnte indeß den Gedanken nicht aufgeben, es müsse sich hierbei, wie bei der Verbrennung des Phosphors, der Kohle, des Schwefels u. s. w., eine Säure bilden, und stellte deßhalb im Winter von 1781 auf 1782 neue Versuche an, gemeinschaftlich mit Gengembre; sie brachten reines Wasser, Kalkwasser oder Kalilösung in den Raum, wo die Verbrennung vor sich ging, um den gesuchten Körper aufzusammeln, aber ohne dabei eine Säure als Verbrennungsproduct des Wasserstoffs finden zu können. Bei diesen Versuchen beobachteten Lavoisier und Gengembre auch, daß Sauerstoff in einer Atmosphäre von Wasserstoff ebenso brennt, wie Wasserstoff in einer Atmosphäre von Sauerstoff. Endlich 1783 untersuchte Lavoisier noch einmal, und jetzt mit Erfolg, diesen Gegenstand gemeinschaftlich mit La Place, nachdem er durch den englischen Naturforscher Blagden, der sich gerade in Paris befand, benachrichtigt worden war, Cavendish habe entdeckt, das gesuchte Verbrennungsproduct sei — Wasser.

Cavendish's Entdeckung gingen einige andere Arbeiten englischer Gelehrten voraus, welche wir hier anzuführen haben. Warltire theilte 1781 brieflich an Priestley mit, daß er, wie der Letztere schon vor ihm, bemerkt habe, es bilde sich stets Feuchtigkeit, wenn man Wasserstoffgas und atmosphärische Luft in trocknen Gefäßen explodiren lasse. Diesen Brief publicirte Priestley noch 1781, und so wurden Cavendish's Versuche veranlaßt. Priestley konnte sich über die Erscheinung keine Rechenschaft geben, und wandte sich an den berühmten Watt, welcher ihm zu Ende April 1783 antwortete, er glaube, man könne hiernach Wasser als zusammengesetzt aus Sauerstoff und Phlogiston ansehen; auch wird hier schon darauf Bezug genommen, daß das entstehende Wasser so viel wiege, als die verschwundenen Gase. Fragt man, was Watt unter Phlogiston verstanden haben mag, so kann man — gänzlich abgesehen von der Wichtigkeit, welche dieser Frage der Gegenstand verleiht — nur antworten, daß 1783 — zu einer Zeit, wo

fast alle Phlogistiker, und namentlich die englischen, die Phlogistontheorie als dadurch gerettet betrachteten, daß Kirwan (vergl. Seite 153) die Identität des Phlogistons mit dem Wasserstoff dargethan habe — Watt unter Phlogiston höchst wahrscheinlich nur Wasserstoff verstanden hat.

Entdeckung, daß Wasser das Product der Verbrennung des Wasserstoffs ist.

Watt's Brief wurde 1784 publicirt, früher, als Cavendish's Versuche durch den Druck bekannt wurden, später, als die Lavoisier's. Doch hatte Cavendish viel früher als Watt schon entdeckt, daß Wasserstoff mit gemeiner Luft oder Sauerstoff verbrannt, Wasser giebt. Von jeder Uebereilung fern, publicirte Cavendish erst 1784 seine Versuche, obgleich er sich schon 1781 überzeugt hatte, das Verbrennungsproduct des Wasserstoffs sei nur Wasser. Als Resultat seiner Versuche hebt er hervor, daß 423 Maaß Wasserstoff fast genau 1000 Maaß atmosphärische Luft, wie er sagt, phlogistificiren, d. h. zur Verbrennung nöthig haben (1000 Maaß atmosphärische Luft enthalten 210 Maaß Sauerstoffgas, welche sich mit 420 Maaß Wasserstoff verbinden; Cavendish's Bestimmung ist also überraschend genau). Er gab weiter an, wenn man Wasserstoff mit Sauerstoff in den richtigen Verhältnissen verbrenne, so verschwinde fast alles Gas, und was übrig bleibe, sei nur Verunreinigungen beizumessen. Er schloß, daß die brennbare Luft entweder dephlogistificirtes Wasser sei, oder daß Wasser aus Sauerstoff mit Phlogiston verbunden bestehe, und daß die brennbare Luft entweder Phlogiston sei, oder Wasser mit Phlogiston verbunden.

Cavendish.

Alle Versuche über die Bildung des Wassers auf diesem Wege, sagt Cavendish ausdrücklich, wurden im Sommer 1781 angestellt, und an Priestley mitgetheilt; nur fand er später noch, daß das so gebildete Wasser oft Salpetersäure enthält, und die Untersuchung dieser Erscheinung beschäftigte ihn dann bis 1783. Außer allem Zweifel scheint es mir sonach, daß Cavendish die wichtigste Entdeckung hinsichtlich der Zusammensetzung des Wassers machte, nämlich die, daß Wasser das alleinige Verbrennungsproduct des Wasserstoffs ist; ein Resultat, welches namentlich die französischen Chemiker vergeblich gesucht hatten.

Inwiefern Cavendish's Entdeckung auf Lavoisier's und seiner Anhänger Arbeiten über die Zusammensetzung des Wassers insluirt habe, darüber lauten die Berichte von beiden Seiten sehr verschieden. Lavoisier's erste Abhandlung darüber steht in den Pariser Memoiren für 1781, und enthält den Bericht über Versuche, deren erster am 24. Juni 1783 angestellt wurde. Lavoisier bringt die Anstellung dieses Versuches in Zu-

Lavoisier.

Entdeckung, daß
Wasser das Product
der Verbrennung
des Wasserstoffs ist.
Lavoisier.

sammenhang mit seinen früheren, vergeblichen; es habe ihm nöthig geschienen, diese Versuche genauer und im Großen anzustellen, dieses sei geschehen durch ihn und La Place, in Gegenwart von Le Roy, Vandermonde, einiger anderer Akademiker und Blagden. Dieser Letztere habe berichtet, Cavendish habe schon in London versucht, brennbare Luft mit Sauerstoff in abgeschlossenen Räumen zu verbrennen, und eine beträchtliche Menge Wasser erhalten. Der Versuch der französischen Chemiker gab in der That Wasser als das Verbrennungsproduct des Wasserstoffs, und obgleich sie die Menge der verbrauchten Luftarten nicht bestimmten, und mit der Menge des gebildeten Wassers nicht vergleichen konnten, so folgerten sie doch (was ihnen Blagden auch schon als eine Entdeckung Cavendish's mitgetheilt hatte), das Gewicht des gebildeten Wassers sei dem der verbrauchten Gase gleich. Einige Tage nachher, fährt Lavoisier fort, hätten sie erfahren, Monge habe sich mit demselben Gegenstand beschäftigt, und dasselbe gefunden.

Nach dem Bericht über diese Versuche, welche mit mehreren anderen noch 1783 veröffentlicht wurden, mußte es also natürlich scheinen, als ob das Experiment von Lavoisier und La Place in Folge der früheren Versuche, unabhängig von Cavendish's Entdeckung, angestellt worden sei, als ob die Entdeckung ihnen nicht hätte entgehen können, wenn ihnen auch Blagden (der Erzählung nach im Augenblick der Anstellung des Versuchs) nichts von Cavendish's Untersuchung mitgetheilt hätte; als ob endlich Monge dieselbe Entdeckung ganz unabhängig und gleichzeitig mit ihnen gemacht hätte. Und in der That wird Cavendish's Entdeckung kaum in anderer Weise erwähnt, als der Wahrnehmung Macquer's (vergl. Seite 265), obgleich der Erstere fand, Wasser sei das alleinige Verbrennungsproduct des entzündlichen Gases, der Letztere aber ganz beiläufig und ohne eine Folgerung zu ziehen wahrgenommen hatte, daß sich einmal an einer Tasse, die über eine Wasserstoffflamme gehalten wurde, ein Thau absetzte.

Wirklich wurde Lavoisier im ersten Augenblick überall als Entdecker der Bildung und Zusammensetzung des Wassers genannt, und noch in unserer Zeit hat seine Darstellung dieses Gegenstandes Manchen verleitet, ihm dieses Verdienst zuzuschreiben. Prüft man aber unparteiisch Alles, was in dieser Sache uns zugekommen ist, vergleicht man die Angaben, welche widerlegt wurden, mit denen, welchen man nicht widersprechen konnte, so stellt sich Folgendes heraus.

Lavoisier's und La Place's Versuch wurde nicht im Zusam-

menhange mit den früheren Untersuchungen des Erstern angestellt, sondern nur in Folge von Blagden's Mittheilung, daß Cavendish die Bildung des Wassers bei einem Proceß entdeckt habe, hinsichtlich dessen Lavoisier wiederholt vergebliche Versuche gemacht hatte, zu ergründen, was sich dabei bilde. Lavoisier hatte nicht im Augenblicke der Versuchsanstellung von Blagden erfahren, Cavendish habe Wasserbildung bemerkt, sondern er wußte vorher, daß sich nach Cavendish bei diesem Versuche nur Wasser bilden soll, und nur auf diese Nachricht hin stellte er das Experiment an. Lavoisier's Versuch war also gänzlich abhängig und hervorgerufen von Cavendish's Entdeckung. — Monge's Versuch aber wurde nicht gleichzeitig mit Lavoisier's und La Place's Versuch, und scheinbar unabhängig von diesem und von Blagden's Mittheilung, gemacht, sondern gleichfalls von der letztern hervorgerufen und erst einige Monate nach dem erstern angestellt.

Entdeckung, daß
Wasser das Product
der Verbrennung
des Wasserstoffs ist.
Lavoisier.

So stellt sich die Sache heraus: Cavendish machte die Entdeckung; er stellte ein Factum fest, dessen Statthaben er in dem Ausdrücke des phlogistischen, Lavoisier nachher in dem des antiphlogistischen Systems aussprach; der Letztere trug sodann sehr viel zur Bestätigung des Factums bei. Das Factum ist, daß der Wasserstoff bei dem Verbrennen Wasser, und nur dieses, bildet; nach dem phlogistischen Systeme heißt dieses: wird die Luft durch das Verbrennen des Wasserstoffs phlogistisirt, so entsteht Wasser; nach dem antiphlogistischen: vereinigt sich Wasserstoff mit Sauerstoff, so entsteht Wasser. Der letztere Ausdruck ist nur eine Uebersetzung der Thatsache in die Sprache der Antiphlogistiker. In der Auffindung der Thatsache aber liegt hier die Entdeckung; die Entdeckung der Natur des Wassers, welche man Cavendish noch bestreitet, gehört ihm ebenso unzweifelhaft zu, als die der Natur der Salpetersäure, welche letztere man ihm allgemein zugestehet, obgleich er auch diese Entdeckung in den Ausdrücken der phlogistischen Theorie mittheilte *).

*) Die Frage, welchen Antheil Watt, Cavendish und Lavoisier an der Entdeckung der Natur des Wassers haben, ist in letzterer Zeit mehrfach untersucht worden. Auf den Grund von Lavoisier's Darstellung der Sache haben ihm Viele das ganze Verdienst zugeschrieben; um Watt's Ruhm zu heben, haben Andere ihn als den Entdecker dieses wichtigen Gegenstandes hingestellt. Daß Cavendish zuerst die Bildung des Wassers richtig erkannte, scheint mir ausgemacht; Lavoisier brauchte diese Entdeckung nicht noch

Bestätigung der
Zusammensetzung
des Wassers.

Gewiß aber hat Lavoisier Vieles dazu beigetragen, die Zusammensetzung des Wassers zu bestätigen, und sie namentlich auch analytisch nachzuweisen. Die Versuche wurden von ihm und seinen Anhängern in große-

einmal zu machen, sondern nur in seine Sprache zu übersetzen. Lavoisier's Benehmen selbst giebt den Beweis dafür ab; er hätte ein solches Benehmen, das Ignoriren des Verdienstes eines Andern, nicht einzuschlagen brauchen und nicht eingeschlagen, käme ihm wirklich so viel Verdienst zu, als er sich zu vindiciren suchte. Es macht wenig Freude, an einem so großen Gelehrten ein solches Benehmen nachweisen zu müssen, aber die Geschichte hat nicht den Zweck, Lobreden zu halten, und es ist nicht ihre geringste und für unsere Zeit nicht ihre unnütze Aufgabe, zu zeigen, wie jede Aneignung fremden Verdienstes sich doch später offenbart und für Den, welcher seinen Ruhm so vergrößern wollte, die entgegengesetzte Wirkung hervorbringt. — Für die Würdigung des obigen Gegenstandes ist in letzterer Zeit ein Actenstück gar nicht mehr benutzt worden, welches doch von der größten Wichtigkeit ist, ein Brief von Blagden an Er ell, (wahrscheinlich zu Ende des Jahres 1785 geschrieben und) 1786 von diesem in seinen Annalen publicirt, also lange vor Lavoisier's Tode. Die Angaben hierin sind von keinem der Betheiligten widerlegt worden. Ich theile den Brief hier vollständig mit. Blagden schreibt: »Ich kann allerdings die genaueste Nachricht wegen des kleinen Streits über den ersten Erfinder der künstlichen Wassererzeugung geben, da ich das vorzüglichste Werkzeug war, durch den die erste Nachricht der schon gemachten Entdeckung an Herrn Lavoisier kam. Der kurze Verlauf der Geschichte war folgender. — Im Frühjahr 1783 theilte Herr Cavendish mir und einigen anderen Mitgliedern der Königl. Gesellschaft, seinen genauesten Freunden, das Resultat einiger Versuche mit, mit denen er seit geraumer Zeit beschäftigt gewesen war. Er zeigte uns an, daß er aus ihnen den Schluß ziehen müsse, dephlogistisirte Luft sei nichts Anderes, als Wasser, das seines Brennbares beraubt sei; und umgekehrt, Wasser sei dephlogistisirte Luft, zu der Phlogiston hinzugekommen wäre. Um dieselbe Zeit brachte man die Nachricht nach London, daß Herr Watt zu Birmingham durch einige Beobachtungen veranlaßt worden wäre, eine ähnliche Meinung zu fassen. Bald darauf ging ich nach Paris, und ich gab in Gesellschaft vom Herrn Lavoisier, und einigen anderen Mitgliedern der Königl. Akademie der Wissenschaften, einige Nachricht von diesen neuen Versuchen, und den darauf gegründeten Meinungen. Sie erwiderten, daß sie schon etwas von diesen Versuchen gehört hätten, und vorzüglich, daß D. Priestley sie wiederholt hätte. Sie zweifelten zwar gar nicht, daß solchergestalt eine ansehnliche Menge Wasser möchte erhalten werden können, aber sie hielten sich überzeugt, das sie keineswegs dem Gewichte nahe käme, das die beiden angewandten Lustarten gehabt hätten; deshalb wäre jenes nicht anzusehen, als das aus den zwei Lustarten gebildete oder erzeugte Wasser, sondern es wäre vorher in den Lustarten enthalten und damit verbunden gewesen, und würde nur während der Verbrennung abgesetzt. Diese Meinung hegte sowohl Herr Lavoisier, als die

rem Maßstabe angestellt. Ich will hier die Resultate der französischen Chemiker kurz zusammenstellen. In dem von La Place und Lavoisier vorgenommenen Versuche betrug die Menge des erhaltenen Wassers 5 Drach-

Verfertigung der Zusammen-
setzung des
Wassers.

übrigen Herren, die sich von diesem Gegenstande unterhielten; doch da der Versuch selbst ihnen unter allen Gesichtspunkten sehr merkwürdig schien, so ersuchten sie sämmtlich Herrn Lavoisier, der alle die dazu nöthigen Vorrichtungen schon hatte, ihn sobald als möglich etwas im Großen zu wiederholen. Dies Verlangen erfüllte er den 24. Juni 1783 (wie er im neuesten Bande der Pariser Denkschriften anführt). Nach Herrn Lavoisier's eigener Erzählung seiner Versuche erhellet hinlänglich, daß er damals noch nicht die Meinung gehegt hat, daß das Wasser aus dephlogisirter und brennbarer Luft bestände: denn er erwartete vielmehr, daß eine Art Säure aus der Verbindung entstehen würde. — Ueberhaupt kann man auch Herrn Lavoisier nicht überführen, irgend etwas der Wahrheit zuwider vorgebracht zu haben; ob er aber nicht einen Theil der Wahrheit verschwiegen habe, das möchte weniger zu leugnen stehen. Denn er sollte eingestanden haben, daß ich ihm einige Tage vorher von Herrn Cavendish's Versuchen Nachricht gegeben hatte: anstatt dessen scheint der Ausdruck: «il nous apprit» die Idee erregen zu sollen, daß ich dies nicht eher, als an dem Tage gethan hätte. Ebenso hat Herr Lavoisier einen sehr wesentlichen Umstand übergangen, daß nämlich der Versuch dem zufolge, was ich erzählt hatte, angestellt sei: er sollte auch öffentlich angezeigt haben, nicht daß Herr Cavendish erhalten hätte «une quantité d'eau très sensible», sondern daß das Wasser dem Gewichte der beiden Lustarten zusammengenommen gleich sei; ferner hätte er auch hinzufügen sollen, daß ich ihn mit Herrn Cavendish's und Watt's Folgerungen bekannt gemacht hatte, daß nämlich Wasser, und nicht eine Säure, oder irgend ein anderes Wesen, aus der Verbindung des Brennbaren in der entzündlichen Luft mit der dephlogisirten durch die Verbrennung entstände. Jene Folgerungen aber bahnten unmittelbar den Weg zu Herrn Lavoisier's gegenwärtiger Theorie, die vollkommen mit der von Herrn Cavendish übereinkommt; nur daß sie Herr Lavoisier seiner alten, das Phlogiston verbannenden, Hypothese anpaßte. Hr. Monge's Experimente (von welchem Herr Lavoisier spricht, als wenn es ungefähr um dieselbe Zeit gemacht wäre) wurden wirklich nicht eher angestellt, als ziemlich lange, ich glaube wenigstens zwei Monate später, als Herrn Lavoisier's seine, und bloß wurden sie nach den davon erhaltenen Nachrichten angeordnet. Der Verlauf dieser ganzen Geschichte wird Sie gewiß überzeugen, daß Herr Lavoisier (anstatt auf die Entdeckung durch die Verfolgung der Versuche geleitet zu werden, die er und Herr Bucquet im Jahre 1777 anzustellen anfangen) bewogen wurde, von Neuem dergleichen Versuche anzustellen, bloß durch die Nachrichten, die er von mir und von unseren englischen Versuchen erhielt, und daß er wirklich nichts entdeckte, was ihm nicht vorher, als schon in England ausgemacht und erwiesen, angezeigt war.“

Bestätigung der
Zusammensetzung
des Wassers

men. Bei Monge's Versuch wogen die zu verbrennenden Luftarten 3 Unzen, 6 Quentchen, 27 Gran, das gebildete Wasser 3 Unzen, 2 Quentchen, 45 Gran; nach Abzug des unverbrannt gebliebenen Residuums ergab sich ein Deficit von 1 Quentchen 26 Gran. Bald darauf machten Lavoisier und Meusnier einen Versuch, wo 5 Unzen, 4 Quentchen, 49 Gran trocknes Sauerstoffgas und 5 Quentchen 58 Gran trocknes Wasserstoffgas angewandt wurden; übrig blieben nach der Verbrennung 6 Quentchen 24 Gran gemischtes Gas, verbrannt also waren 5 Unzen, 4 Quentchen und 11 Gran Gas und das erhaltene Wasser wog 5 Unzen, 4 Quentchen und 41 Gran. — Hierauf stellten auch Fortin und Lefèvre einen Versuch an, mit 254 Quentchen, 10 Gran Sauerstoff und 66 Quentchen, 4 Gran Wasserstoff. Sie erhielten 279 Quentchen, 27 Gran Wasser, und der unverbrannte gasförmige Rückstand wog 30 Quentchen, 23 Gran. Endlich stellten Fourcroy, Seguin und Vauquelin 1790 einen Versuch an, wo 25582 Cubikzolle Wasserstoff, im Gewicht von 1039,358 Gran, und 12457 Cubikzolle Sauerstoff, im Gewicht von 6209,869 Gran, verbrannt wurden, also im Ganzen 12 Unzen, 4 Quentchen und 49 Gran Gas. Das erhaltene Wasser betrug 12 Unzen, 4 Quentchen und 45 Gran.

Den analytischen Beweis für die Zusammengesetztheit des Wassers führte Lavoisier gleichfalls noch 1783. Sage hatte ihm eine Wahrnehmung von Hassenfranz, Stouth und d'Hellancourt, Zöglingen der Ecole des mines, mitgetheilt, daß sich brennbare Luft entwickle, wenn man glühendes Eisen in Wasser unter einer Glocke ablösche; daraus entsprang Lavoisier's Versuch, Wasserdämpfe über glühendes Eisen zu leiten, und so zu zerlegen.

Ermittlung der
quantitativen Zu-
sammensetzung des
Wassers.

Die Zusammensetzung des Wassers war weit früher in Bezug auf das Volumverhältniß der Bestandtheile annähernd richtig erkannt, als in Bezug auf das Gewichtsverhältniß. Die größere Schwierigkeit, das specifische Gewicht des reinen Wasserstoffs genau zu bestimmen, war die Ursache davon. Auf Cavendish's richtige Bestimmung, wieviel atmosphärische Luft ein bestimmtes Volum Wasserstoff zum Verbrennen braucht, habe ich schon oben (Seite 267) aufmerksam gemacht. Lavoisier's erste Angabe war (1783), das Wasser sei dem Volum nach aus 12 Sauerstoff auf 22,9 (richtig 24) Wasserstoff, dem Gewichte nach aus 86,9 Sauerstoff auf 13,1 Wasserstoff (richtig 88,89 auf 11,11) zusammengesetzt. Aus seinem bald darauf gemeinschaftlich mit Meusnier angestellten Versuche folgerte er, das Wasser

bestehe aus 85 Gewichtstheilen Sauerstoff auf 15 Gewichtstheile Wasserstoff. Fourcroy, Bauquelin und Seguin fanden 1790 das Volumverhältniß der Bestandtheile zu 12457 Sauerstoff auf 25582 (richtig 24914) Wasserstoff. Das Volumverhältniß dieser beiden Bestandtheile des Wassers ermittelten endlich richtig Humboldt und Gay-Lussac 1805. Das Gewichtsverhältniß bestimmte, richtiger als seine Vorgänger, Theodor von Saussure 1807 zu 12,59 Wasserstoff auf 87,41 Sauerstoff; nachher bestimmten es Biot und Arago zu 11,72 auf 88,28, Gay-Lussac zu 13,27 auf 86,73; Berzelius' und Dulong's Versuche (1820) und die neueren Untersuchungen stellten endlich auch dieses Verhältniß fest.

Ermittelung der
quantitativen Zusam-
mensetzung des
Wassers.

Die Zerlegung des Wassers bei der Lösung von Eisen, Zink und ähnlichen Metallen in Schwefel- oder Salzsäure wurde gleich nach der Entdeckung der Zusammensetzung jenes Körpers erkannt. Ich habe oben (Seite 263 f.) angeführt, wie man früher das sich hier entwickelnde Wasserstoffgas als aus dem Metall herkommend betrachtete; Hales im Gegentheil hob in seinen Vegetable Staticks (1727) die Wahrnehmung hervor, daß bei dem Erhitzen von Säuren, namentlich Salpetersäure und Salzsäure, sich nicht anhaltend Luft zu entwickeln scheint, sondern das Wasser später aus der pneumatischen Geräthschaft in die Retorte, wo die Säure erhitzt wurde, eindringt, und er schloß, daß die Säuren Luft einsaugen, und meinte, diese Luft werde wahrscheinlich bei der Auflösung der Metalle in diesen Säuren wieder frei; er leitete also das sich hier entwickelnde Gas von der Säure ab. — Doch war schon lange bekannt, daß sich Luft bei der Lösung von Eisen in Schwefelsäure hauptsächlich dann entwickelt, wenn man Wasser zusetzt; Basilius Valentinus schreibt schon diesen Zusatz von Wasser ausdrücklich vor, und allen folgenden Chemikern war dieser Umstand gleichfalls bekannt. Sie erklärten ihn in sehr verschiedener Weise. N. Lemeroy meinte 1700 darüber: Afin que l'ébullition (die Gasentwicklung), les fumées et la dissolution soient plus fortes, il est nécessaire de mêler de l'eau avec l'esprit de vitriol; car si cet esprit étoit pur et qu'il n'eût point été dilayé et étendu par l'eau: ses pointes à la verité s'attacheroient à la limaille de fer, mais elles y seroient serrées et pressées l'une contre l'autre, en sorte qu'elles n'auroient point leur mouvement libre pour agir suffisamment, et il ne se feroit point de fulmination (Entwicklung und Entzündung von Gas). Anders erklärte die Nothwendigkeit eines Zusatzes von Wasser Cavendish (vgl. Theil I. Seite 232). Nach

Erklärung der
Wasserstoffentwick-
lung bei Lösung
von Metallen.

Erklärung der
Wasserstoffentwic-
kung bei Lösung
von Metallen.

der Entdeckung der Zusammensetzung des Wassers war *La Place* der Erste, welcher auf den Gedanken kam, das Wasser möge bei der Wirkung der Säuren auf die Metalle zerlegt werden, wenn sich brennbare Luft dabei entwicke; diese Idee theilte er noch 1783 an *Lavoisier* mit, in dessen Abhandlung über die Zerlegung des Wassers (in den Pariser Memoiren für 1781) sie veröffentlicht wurde.

Zerlegung des
Wassers durch Elek-
tricität.

Die Zerlegung des Wassers durch Reibungselektricität entdeckten *Deimann* und *Paets van Troostwyk* 1789, die durch galvanische *Nicholson* und *Carlisle* 1800.

Erklärung der Was-
serbildung bei der
Verbrennung von
Weingeist u. a.

Mit der Erkenntniß der Zusammensetzung des Wassers hatte man nun auch ein Reagens auf den Wasserstoffgehalt der Körper gewonnen; *Lavoisier* zeigte sogleich 1783, im Weingeiste müsse Wasserstoff sein, denn bei dem Verbrennen bilde er Wasser, was nicht Abgeschiedenes sein könne, da man mehr Wasser erhalte, als der angewandte Weingeist gewogen habe. — Diese Wasserbildung bei der Verbrennung organischer Substanzen war schon viel früher bemerkt worden, aber unerklärt geblieben. *C. J. Geoffroy* hatte die Wasserbildung aus verbrennendem Weingeiste 1718 beschrieben; aber viel genauer ging *Boerhave* 1732 auf die Untersuchung dieser Erscheinung ein. Er verbrannte Weingeist, welcher durch langsame Destillation über Potasche rectificirt worden war, unter einem großen gläsernen Helm, und erhielt viel Wasser. *An haec aqua in alcohole prius haeserit, nulla, nisi hac, arte separabilis?* fragte er nun; *an vis ignis comburens alcohol in aquam puram vera commutatione converterit?* *an aër inter ardendum hanc aquam suppeditaverit?* *alia dein exempla docebunt a prudentibus instituenda.* *Boerhave* blieb bei der Thatsache stehen, und drückte diese zuletzt in einer Art aus, welche Aufmerksamkeit verdient, da sie von derjenigen nicht viel verschieden ist, in welcher später die erste Entdeckung der Bildung des Wassers angegeben wurde; unter *pabulum ignis* verstand *Boerhave* ungefähr, was *Stahl* und seine Anhänger *Phlogiston* nannten (vgl. Seite 117), und über das Factum der Wasserbildung äußerte er sich: *Pabulum ignis, igne consumptum, aquam relinquit.*

Widersprüche gegen
die Zusammen-
setzung des Wassers,
und Widerlegung
derselben.

Alle diese Anwendungen der Erkenntniß, daß das Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff bestehe, ja diese Ansicht über die Zusammensetzung des Wassers selbst, wurden keineswegs sogleich allgemein anerkannt, sondern sie

erfahren heftigen Widerspruch von 1784 an bis gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts. Mit der Erkenntniß der Zusammensetzung des Wassers wurde das letzte Hinderniß hinweggeräumt, an welches die antiphlogistische Theorie bisher noch angestoßen war (vgl. Seite 154 dieses Theils); die Anhänger des ältern Systems aber suchten dieses Hinderniß gegen die neue Lehre so lange als möglich in Kraft zu halten, und sie bestritten hartnäckig, daß das Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt sei. Die Versuche, welche diese Wahrheit anzeigten, wurden in der vielfältigsten Weise gedeutet; jeder Nebenumstand, jede secundäre Erscheinung wurde beachtet, um die Schlußfolgerung, welche für die Antiphlogistiker so günstig war, wankend zu machen. Am einfachsten war es, die Richtigkeit der Thatfachen, aus welchen diese Schlußfolgerung hervorging, geradezu zu leugnen; so z. B. behaupteten zwei Florentiner Aerzte, *Giorgi* und *Cioni* 1785, bei der Einwirkung von Wasserdampf auf glühendes Eisen entstehe gar kein brennbares Gas, sondern eine Luft, welche aus gemeiner und dephlogistisirter (Sauerstoff) bestehe, was *Laprot*h 1786 widerlegte. — Einen größern momentanen Erfolg hatten die Versuche, jene Thatfachen theilweise zuzugestehen, sie nach phlogistischen Grundsätzen zu erklären, und der entgegengesetzten Erklärungsweise Einwürfe zu machen. Die hauptsächlichsten Ansichten dieser Art, welche die Phlogistiker gegen die Lehre von der Zusammensetzung des Wassers geltend zu machen suchten, bestanden in der Ausflucht, es werde bei der Verbrennung des Wasserstoffs kein Wasser erzeugt, sondern nur das in den Gasen enthaltene, an sich elementare, Wasser abgeschieden, und in der Behauptung, es bilde sich bei der Verbrennung des Wasserstoffs überhaupt etwas Anderes als Wasser, es bilde sich dabei Kohlensäure oder Salpetersäure.

Widerprüche gegen die Zusammensetzung des Wassers und Widerlegung derselben.

Daß das bei der Verbrennung des Wasserstoffs zum Vorschein kommende Wasser nicht gebildet, sondern nur abgeschieden, kein Product, sondern ein Educt sei, behauptete namentlich *Scheele* 1785. Er meinte, das Sauerstoffgas bestehe aus Wasser, wenig Phlogiston und einer gewissen salinischen Materie, und das erstere sei wohl dem Gewichte nach der bei weitem vorherrschende Bestandtheil; das Wasserstoffgas aber enthalte nur Wärme und Phlogiston, denn Wasser könne es, nach seinem geringen specifischen Gewichte zu urtheilen, nicht wohl enthalten. Bei der Verbrennung beider Gasarten setze sich das Wasser aus dem Sauerstoffgas ab, während alle sonst vorhandenen Bestandtheile sich zu Licht und Wärme vereinigen.

Widersprüche gegen
die Zusammenset-
zung des Wassers,
und Widerlegung
derselben.

In ähnlicher Weise, die Uebereinstimmung zwischen dem Gewichte der verbrannten Gasarten und dem gebildeten Wasser gleich wenig berücksichtigend, äußerten sich Priestley und mehrere Andere, und Ersterer namentlich behauptete noch 1800 in seiner Schrift: *The doctrine of phlogiston established and that of the composition of water refuted*, das Wasser scheide sich bei der Verbrennung des Wasserstoffs nur aus diesem und dem Sauerstoff aus, es sei diesen Gasen nicht bloß beigemischt, sondern ein wahrer Bestandtheil derselben; Wasser scheine ihm bei der Bildung aller Arten von Gas, und namentlich des Wasserstoffs, als ihr nothwendigster Bestandtheil in sie überzugehen, und sein Gewicht mache wahrscheinlich Alles aus, was sich an den Gasen durch Gewicht bestimmen lasse.

Was die Uebereinstimmung zwischen den Gewichtsverhältnissen angeht, so äußerte sich Priestley, er habe nie so viel Wasser dem Gewichte nach erhalten können, als die angewandten Mengen von Wasserstoff und Sauerstoff betragen hätten. Ganz im Sinne der phlogistischen Theorie meinte er aber auch, es komme bei solchen Untersuchungen überhaupt gar nicht sowohl auf die Gewichtsverhältnisse, als auf die Qualität der sich bildenden Stoffe an. Wäre die Zusammensetzung des Wassers so, wie man es behauptete, so müsse sich bei der Zerlegung des Wassers stets Sauerstoff und Wasserstoff bilden, bei der Verbindung dieser beiden Gasarten aber nur Wasser. Beides aber finde nicht Statt. Man könne aus Wasser z. B. entzündliche Luft ohne Sauerstoffgas erhalten, wenn man Wasserdämpfe sehr langsam über glühende Kohlen streichen lasse; es bilde sich hierbei keine fixe Luft, also nichts, in was man nach der neuen Theorie Sauerstoff annehmen könne, sondern nur entzündliches Gas (Priestley hielt hier das sich entwickelnde Kohlenoxydgas für Wasserstoff).—Bei der Verbrennung des Wasserstoffs erhalte man immer, als das eigentliche Product der Verbrennung, Salpetersäure.

Daß dieses Product etwas Anderes als Wasser sei, hatten die Phlogistiker schon seit 1784 behauptet. Kirwan suchte in diesem Jahre gegen Cavendish zu erweisen, Kohlensäure bilde sich bei jeder Verbrennung, also auch bei der des Wasserstoffs. Diese Meinung lag nahe, da Kirwan den Wasserstoff als Phlogiston betrachtete, und da zugleich von Stahl's Zeiten her angenommen war, die Kohlen, welche doch bei der Verbrennung Kohlensäure bilden, seien überreich an Phlogiston. Zwischen Cavendish und Kirwan wurden in den *Philosophical Transactions* für 1784 mehrere Streitschriften über diesen Gegenstand gewechselt, ohne daß jedoch der

Letztere seine Ansicht aufgab. Noch in seinem *Essay on Phlogiston* (1787) behauptete er, daraus, daß sich aus brennbarer Luft und Sauerstoffgas bei der Glühhitze Wasser absetze, müsse man nicht schließen, daß sich aus diesen beiden Gasarten stets nur Wasser bilde; bei einem geringern Grade der Hitze bilde sich im Gegentheile Kohlensäure.

Widerfprüche gegen die Zusammensetzung des Wassers, und Widerlegung derselben.

Weit mehr Anhänger hatte die Ansicht, das eigentliche Resultat bei der Verbrennung von Wasserstoff sei Salpetersäure. *Priestley* fand 1781, als er Knallgas in kupfernen Gefäßen detoniren ließ, in den Gefäßen eine blaue Flüssigkeit, deren chemische Natur er aber nicht bestimmen konnte; er wandte sich deshalb an *Keir*, welcher darin Salpetersäure und Kupfer erkannte. Von dem Vorurtheile, welches dieses Resultat in ihm erzeugte, konnte sich *Priestley* nachher nie mehr lossagen. Auch *Cavendish* erhielt bei seinen Versuchen neben Wasser stets Salpetersäure, so viel, daß in einem Versuche dreißig Gran des sauren Wassers mit Kali neutralisirt zwei Gran Salpeter gaben; aber er wies nach, daß die Salpetersäure von der Verbindung des Stickstoffs, womit die Knallluft stets verunreinigt war, mit dem Sauerstoff herrührte. Er zeigte, daß wenn man möglichst reines Sauerstoffgas mit Wasserstoff detoniren läßt, sich nur wenig Säure bildet, deren Menge aber größer wird, wenn man dem Gasgemische vor der Detonation etwas Stickstoff zusetzt. Auch die französischen Chemiker erhielten bei ihren Versuchen meist Salpetersäure, erklärten sie aber ganz mit *Cavendish's* Ansicht übereinstimmend. *Fourcroy*, *Vauquelin* und *Seguin* fanden 1790, daß, wenn man die Verbrennung des Wasserstoffs sehr langsam vor sich gehen läßt, keine Salpetersäure gebildet wird. *Priestley* behauptete indeß fortwährend, daß die Säurebildung ein wesentlicher Erfolg der Verbrennung des Wasserstoffs sei, und mehrere Chemiker traten seiner Meinung bei, so z. B. *Westrum* und *Keir* 1789; *Berthollet* setzte deshalb zu jener Zeit die Gründe auseinander, weshalb eine solche Ansicht nicht zulässig ist. Die meisten Chemiker erkannten auch nachher an, daß sich bei der Verbrennung des Wasserstoffs zunächst nur Wasser bilde; nur *Priestley* blieb mit Hartnäckigkeit noch 1800 dabei, Salpetersäure sei das wesentliche Erzeugniß, ohne indeß jetzt noch Anhänger zu finden.

So erschienen die hauptsächlichsten Hindernisse hinweggeräumt, welche der Anerkennung, das Wasser sei aus Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt, bisher in den Weg gestellt wurden. Allein die Ansicht, das Wasser sei ein elementarer Stoff, hatte zu lange geherrscht, als daß nicht alle

Widerprüfe gegen
die Zusammen-
setzung des Wassers
und Widerlegung
derselben.

irgend erdenkbaren Ideen aufgestellt worden wären, wie man diesen Satz noch länger vertheidigen könne. Es war um 1800 nicht mehr wohl möglich, mit Rücksicht auf die Gewichtsverhältnisse zu zweifeln, daß sich Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff bildet, ohne in diesen Gasen als Bestandtheil mit anderen wägbaren Substanzen verbunden enthalten zu sein; man versuchte jetzt, die Einfachheit des Wassers dadurch zu retten, daß man annahm, es sei in jenen Gasen mit unwägbaren und sich entgegengesetzten Principien verbunden enthalten. Ritter versuchte dies 1801; er goß in eine zweifelhafte Röhre concentrirte Schwefelsäure und dann in jeden Schenkel vorsichtig, um Vermischung zu verhüten, Wasser. Diese beiden Quantitäten Wasser betrachtete er als jetzt ganz getrennt; in die eine ließ er das positive, in die andere das negative Polende einer galvanischen Säule tauchen, und jenes Wasser verwandelte sich in Sauerstoffgas, dieses in Wasserstoffgas. Ritter schloß hieraus, Sauerstoffgas sei Wasser mit negativer, Wasserstoffgas sei Wasser mit positiver Electricität verbunden; eine Ansicht, welche bei der rasch voranschreitenden Erkenntniß des Galvanismus sich bald unhaltbar zeigte. In ihrer Aufstellung sehen wir den letzten Versuch, die Zusammensetzung des Wassers zu leugnen.

Wasserstoffsuper-
oxyd.

Die Geschichte des Wasserstoffs und seiner wichtigsten Verbindung, des Wassers, wäre hiermit für unsern Zweck hinlänglich vollständig gegeben. Eine kurze Angabe nur über die Entdeckung des Wasserstoffsuperoxyds möge noch folgen. Thénard entdeckte diesen Körper 1818. Bei der Untersuchung, wie Säuren auf Baryumsuperoxyd einwirken, glaubte er zuerst, es bilden sich überoxydirte Säuren; bald jedoch erkannte er die Bildung einer neuen Verbindung aus Wasserstoff und Sauerstoff, deren chemisches Verhalten er vollständig erforschte.