

OSTWALD'S KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN.

Nr. 42.

DAS
VOLUMGESETZ
GASFÖRMIGER VERBINDUNGEN.

ABHANDLUNGEN

VON

ALEX. V. HUMBOLDT UND J. F. GAY-LUSSAC.

(1805—1808.)

1972

K

83

WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG.

Die Klassiker der exakten Wissenschaften.

Erschienen sind:

- Nr. 1. **H. Helmholtz**, Erhaltung der Kraft. (1847.) 80 *S.*
- » 2. **C. F. Gauss**, Allg. Lehrsätze in Beziehung auf d. im verkehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung wirkenden Anziehungs- und Abstossungskräfte. (1840.) Herausg. von A. Wangerin. 80 *S.*
- » 3. **J. Dalton** u. **W. H. Wollaston**, Abhandlungen zur Atomtheorie. (1803—1808). Herausg. v. W. Ostwald. Mit 1 Taf. 50 *S.*
- » 4. **Gay-Lussac**, *Jod.* (1814.) Herausg. v. W. Ostwald. 80 *S.*
- » 5. **C. F. Gauss**, Flächentheorie. (1827.) Deutsch herausg. v. A. Wangerin. 80 *S.*
- » 6. **E. H. Weber**, Übd. d. Anwendg. d. Wellenlehre auf d. Lehre vom Kreislauf d. Blutes etc. (1850.) Herausg. v. M. v. Frey. Mit 1 Taf. *M* 1.—.
- » 7. **F. W. Bessel**, Länge d. einfachen Secundenpendels. Herausg. von H. Bruns. Mit 2 Taf. *M* 3.—.
- » 8. **A. Avogadro** u. **Ampère**, Abhdlgen. z. Molekulartheorie. (1811 u. 1814.) Mit 3 Taf. Herausg. v. W. Ostwald. *M* 1.20.
- » 9. **H. Hess**, Thermochemische II. (1842.) Herausg. v. W. Ostwald.
- » 10. **F. Neumann**, D. (1845.) Herausg. *EX BIBLIOTHECA* ne.
- » 11. **Galileo Galilei**, zwei neue Wiss. m. 26 Fig. im v. Oettingen *ib. tag A.*
- » 12. **I. Kant**, Theo. *M* 1.50. *rt.*
- » 13. **Coulomb**, 4 A. (1785—1786.) *M* 1.80. *us. ttf.*
- » 14. **C. F. Gauss**, D. etc. (1799—1804.) *en*
- » 15. **Théod. de Saussure**, 1. Hälfte. Mit 1 Taf. *M* 1.80. (1804.)
- » 16. — — 2. Hälfte. Übers. v. A. W. *M* 1.80.
- » 17. **A. Bravais**, Abhdlgen. üb. symmetr. Polyeder. (1849.) Übers. u. in Gemeinschaft mit P. Groth herausg. von C. u. E. Blasius. Mit 1 Taf. *M* 1.—.
- » 18. Die Absonderung d. Speichels. Abhandlungen v. **C. Ludwig**, **E. Becher** u. **C. Rahn**. Herausg. v. M. v. Frey. Mit 6 Textfig. *M* —.75.
- » 19. Übd. d. Anziehung homogener Ellipsoide. Abhandlungen von **Laplace** (1782), **Ivory** (1809), **Gauss** (1813), **Chasles** (1838) und **Dirichlet** (1839). Herausg. von A. Wangerin. *M* 2.—.
- » 20. **Chr. Huyghens**, Abhandlung üb. d. Licht. Herausg. von E. Lommel. Mit 57 Textfig. *M* 2.40.
- » 21. **W. Hittorf**, Abhdlgen. üb. d. Wanderungen der Ionen während der Elektrolyse. (1853—1859.) I. Theil. Mit 1 Taf. Herausg. v. W. Ostwald. *M* 1.60.
- » 22. **Woehler** u. **Liebig**, Unters. über d. Radikal d. Benzoesäure. (1832.) Herausg. von Herm. Kopp. Mit 1 Taf. *M* 1.—.
- » 23. **W. Hittorf**, Abhdlgen. üb. d. Wanderungen der Ionen während der Elektrolyse. (1853—1859.) II. Theil. Mit 1 Taf. Herausg. v. W. Ostwald. *M* 1.50.
- » 24. **Galileo Galilei**, Unterredgen. u. mathem. Demonstrationen über 2 neue Wissenszweige etc. (1638.) 3. u. 4. Tag mit 90 Fig. im Text. Aus d. Italien. u. Latein. übers. u. herausg. von A. von Oettingen. *M* 2.—.

Fortsetzung auf der dritten Seite des Umschlages.

1972 K 83

Das
V O L U M G E S E T Z
gasförmiger Verbindungen.

Abhandlungen

von

ALEX. VON HUMBOLDT

und

J. F. GAY-LUSSAC.

(1805—1808.)

Herausgegeben

von

W. Ostwald.

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1893.

VOLLMERSEN

Geographische Verbindungen

Abhandlungen

ALEX VON HUMBOLDT

J. F. GAY-LUSSAC

(1802-1855)

Handgezeichnet

W. Ostwald

**Gelehrtenbibliothek
Hanno Beck**
übereignet an das
Leibniz-Institut für Länderkunde

Geographische
Zentralbibliothek
Leipzig

1972 k 83

(14559)

Versuche über die eudiometrischen Mittel, und über das Verhältniss der Bestandtheile der Atmosphäre

von

Alex. v. Humboldt und J. F. Gay-Lussac.

Vorgelesen in der ersten Klasse des National-Instituts am 21. Jan. 1805.

[134] Da wir unsre Arbeit hauptsächlich in der Absicht angefangen haben, um uns zu vergewissern, ob das *Voltaische Eudiometer* zur Analyse der Luft brauchbar sey, so machte dieses Eudiometer den Hauptgegenstand unsrer Untersuchung aus. Man hatte demselben Unzuverlässigkeit zur Last gelegt, und dass es den Sauerstoffgehalt der Luft zu klein angebe. Es schien uns aber, dass es hier nur auf Correctionen ankommen möchte, die man ausmitteln, und für deren Variationen man Gesetze auffinden müsste, um dieses Eudiometer eben so genau als bequem zu machen. Wir legten uns daher folgende Fragen vor: 1. Kann, wenn man ein Gemenge aus Wasserstoffgas und Sauerstoffgas im Voltaischen Eudiometer entzündet, eine dieser beiden Gasarten vollständig absorbirt werden? — [135] 2. Ist das Produkt der Verbindung dieser beiden Gasarten beständig von einerlei Natur? — 3. Nach welchem Verhältnisse vereinigen sie sich zu Wasser? — 4. Welches sind die Gränzen der unvermeidlichen Fehler beim Voltaischen Eudiometer?

Wir wollen diese Fragen eine nach der andern untersuchen. Zuvor müssen wir jedoch die Art angeben, wie wir uns beide Gasarten in der größten Reinheit verschafft haben. Das *Sauerstoffgas* haben wir aus überoxygenirt-salzsauerm Kali entbunden. Um es möglichst rein von Stickgas zu erhalten, thaten wir das Salz in eine Retorte, schmelzten vor

der Lampe ein Entbindungsrohr an, und füllten die Retorte bis über ein Viertel mit Wasser. Bevor das Salz sich zersetzen konnte, musste dieses Wasser verdampfen, und die übersteigenden Wasserdämpfe trieben sehr bald alle Luft aus der Retorte. Damit indess in der Zwischenzeit, ehe das Gas kam, nicht wieder Luft hinein treten möchte, hatten wir das Ende des Entbindungsrohres in eine Schale mit Quecksilber getaucht, welche weggenommen wurde, so bald das Gas erschien. Um zu vermeiden, dass nicht das Sauerstoffgas, indem es in dem Recipienten in Blasen aufsteigt, aus dem Wasser, womit der Recipient gefüllt ist, Stickgas in sich aufnehme, leiteten wir das Sauerstoffgas gleich in den obersten Theil des Recipienten, vermittelt einer rechtwinklig gebogenen Glasröhre hinauf, die wir vermöge eines durchbohrten Korkstöpsels vor dem Entbindungsrohre befestigten. Diese sehr einfache Methode ist besonders bei Gasarten zu empfehlen, die im Wasser auflöslich sind, z. B. beim kohlen-sauren Gas, beim oxydirten Stickgas und ähnlichen. — Unser *Wasserstoffgas* erhielten wir durch Zersetzung des Wassers, vermittelt Zink und Salzsäure oder Schwefelsäure, wobei wir die Säure mit ungefähr 6 Theilen Wasser verdünnt hatten. Wir beobachteten die Vorsicht, die ganze Entbindungsflasche mit verdünnter Säure voll zu giessen, und das Gas ebenfalls nicht durch Wasser steigen zu lassen. — Aller dieser Vorsicht ungeachtet zeigten sich in unserm Sauerstoffgas, als wir es mit Schwefelkali behandelten, noch 0,004 Stickgas, und in unserm Wasserstoffgas mussten, wie wir weiter unten sehen werden, noch 0,006 Stickgas enthalten seyn. Nach diesen Aufklärungen wendeten wir uns den Fragen zu, die wir zu lösen unternommen hatten, und begannen mit der folgenden:

Kann, wenn man ein Gemenge aus Sauerstoffgas und Wasserstoffgas [136] im Voltaischen Eudiometer entzündet, eine dieser beiden Gasarten vollständig absorbirt werden?

Gesetzt, dieses wäre der Fall, so müssten, schien es uns, beide Gasarten sich genau nach demselben Verhältnisse zu Wasser vereinigen, gleich viel, ob das eine oder das andere vorwaltet. In der That war dieses sehr nahe der Fall, als wir 300 Theile Wasserstoffgas und 100 Theile Sauerstoffgas, und dann 200 Theile vom ersten und 200 Theile vom andern Gas mit einander entzündeten, und die nöthigen Correctionen wegen der nicht völligen Reinheit unsers Gas mit in Rechnung brachten. Es wäre zwar wohl möglich, dass, ungeachtet

eine der beiden Gasarten vollständig verschluckt würde, die Verhältnisse, wornach sie sich mit einander vereinigten, wenn das eine, und wenn das andere Gas vorwaltet, nicht dieselben wären; nämlich, wenn sich in einem Falle ein oxygenirtes, im andern ein hydrogenirtes Wasser bildete. Da sich aber wirklich dieselben Verhältnisse fanden, so müssen wir nothwendig schliessen, dass im ersten Falle das Sauerstoffgas, im andern das Wasserstoffgas vollständig sey verschluckt worden. Wenn bei einigen Mischungen von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas eine vollständige Absorption der einen oder der andern Gasart Statt findet, so berechtigt uns das nicht, zu schliessen, dass das bei allen Mischungsverhältnissen der Fall sey. Vielmehr giebt es nicht nur Verhältnisse, wornach beide Gasarten mit einander, oder mit einem dritten Gas gemischt seyn können, bei denen es unmöglich ist, sie durch den electrischen Funken zu entzünden; sondern auch andere, bei denen die Entzündung zwar anfängt, jedoch vor dem vollständigen Verbrennen aufhört. Folgende Versuche scheinen uns dieses auf eine überzeugende Art darzuthun.

[137]	Wasserstoffgas.	Sauerstoffgas.	Absorption
	100 Theile	200 Theile	146 Theile
	100	300	146
	100	600	146
	100	900	146
	100	950	68
	100	1000	55
	100	1200	24
	100	1400	14
	100	1600	0*)

Es ist auffallend, in diesen Versuchen zu sehen: 1. dass eine Absorption, die bei sehr verschiedenen Verhältnissen constant ist, sich plötzlich in eine abnehmende Absorption verwandelt; 2. dass das Verbrennen von Wasserstoffgas, nachdem es angefangen hat, aufhören kann, bevor sie ganz vollendet ist; 3. dass es Mischungen von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas nach solchen Verhältnissen giebt, dass es nicht mehr möglich ist, sie zu entzünden. Diese Phänomene werden sich aus

*) Die vier vorletzten Absorptionen sind vielleicht auf 2 oder 3 Prozent unrichtig, weil unsre Instrumente für die Proportionen der Mischung zu klein waren und wir mehrmals messen mussten, doch hat dies keinen Einfluss auf die Erscheinung im Allgemeinen.

der Folge aufklären. Jetzt genügt es uns, durch diese Versuche uns überzeugt zu haben, dass es Verhältnisse, und zwar zwischen ziemlich weiten Gränzen giebt, bei welchen das Wasserstoffgas vollständig verbrennt.

In diesen Versuchen waltete das Sauerstoffgas vor. Dieselben Phänomene finden indess auch umgekehrt Statt, wenn man der Reihe nach 100 Theile Sauerstoffgas erst mit 200, dann mit 300 Theilen, und so ferner mit 1000 und mehr Theile Wasserstoffgas mischt und entzündet, nur mit dem Unterschiede, dass die Gränze, wo die Absorption constant zu seyn aufhört, hier weiter hinaus liegt. Und das erklärt sich sehr natürlich daraus, dass beim Entzünden in diesem Falle sich 300 Theile, im vorigen dagegen nur halb so viel Theile gegenseitig absorbiren.

Auch Stickgas und kohlen-saures Gas geben ähnliche Resultate. Entzündet man z. B. eine Mischung aus 900 Theilen Stickgas mit 100 Theilen Wasserstoffgas und 100 Theilen Sauerstoffgas, so verschwinden nur 50 Theile, (bald einige mehr, bald einige weniger,) indess wir bei einem geringern Antheile an Stickgas, stets die vollständige Absorption von 146 Theilen [138] erhielten. Das Stickgas scheint sich hier also gerade wie das Sauerstoffgas zu verhalten, da der Versuch mit 100 Theilen Wasserstoffgas und 1000 Theilen Sauerstoffgas dieselbe Absorption gab; doch fassen wir hierauf weiter nicht, da es uns noch an den nöthigen Versuchen fehlt. Genug, dass die Versuche, welche wir bereits angestellt haben, beweisen, dass, wenn Mischungen aus Sauerstoffgas und Wasserstoffgas mit verschiedenen andern Gasarten gemischt werden, die Absorption bis zu einer gewissen Gränze constant sein kann, über welche hinaus sie sehr schnell abnimmt.

Da bei dem eben erwähnten Versuche mit einer Mischung aus drei Gasarten die 100 Theile Wasserstoffgas nicht vollständig verbrannt waren, so versuchten wir, den Rückstand zu zerlegen. Phosphor verminderte 100 Theile desselben in 4 Stunden um 7 Theile; ein offener Beweis, dass sich im Rückstande noch Sauerstoffgas befand. Wir brachten darauf andere 200 Theile des Rückstandes mit 200 Theilen Sauerstoffgas und 200 Theilen Wasserstoffgas in das Voltaische Eudiometer; nach dem Entzünden waren 312 Theile verschwunden. Da nun, nach den Versuchen, die wir weiterhin anführen werden, 100 Theile Sauerstoffgas 200 Theile Wasserstoffgas erfordern, um sich damit zu sättigen, so hätte mit

dem nicht ganz reinen Wasserstoffgas, dessen wir uns hier bedient haben, eine Absorption von 292 Theilen erfolgen sollen. Mithin musste, da sie 312 Theile betrug, der Rückstand nothwendig so viel Wasserstoffgas enthalten, als nöthig ist, die Absorption von 292 auf 312 Theile zu bringen, [139] das ist, 13,3 Theile. Die Rechnung giebt 12 Theile. Man sieht hier also offenbar, dass, obgleich die Entzündung Statt fand, doch das Verbrennen nicht vollständig war, indem wir allen Wasserstoff, der nicht in chemische Verbindung getreten seyn konnte, im Rückstande wirklich wieder gefunden haben. Bei jeder nicht vollständigen Absorption war die Entzündung nur wenig lebhaft.

Vergleichen wir die Wirkung der Electricität beim Entzünden von Mischungen aus Wasserstoffgas und Sauerstoffgas mit der Wirkung einer hohen Temperatur, so ist der Gedanke sehr natürlich, dass auch im erstern Falle die Entzündung bloss von der Wärme herrühren möchte, die der electriche Funke dadurch bewirkt, dass er das Gasgemisch bei seinem Durchgange augenblicklich comprimirt. Wir wussten aus unsern eignen Versuchen, dass die Entzündung einer solchen Mischung durch Wärme, lediglich auf dem Grade der Wärme beruht, und nur in einer Temperatur von einer bestimmten Höhe Statt findet. Denn lässt man das Gasgemisch sehr langsam durch eine Röhre steigen, die von ihrem Ende bis zur Mitte sehr allmähig erhitzt wird, und verhindert dasselbe nicht, sich frei auszudehnen, so erfolgt die Entzündung sogleich, wenn die Temperatur eine gewisse Höhe erreicht hat. Nun aber drückt der electriche Funke bei seinem schnellen Durchgange auf die Gastheilchen, da er seine Bewegung ihnen nicht augenblicklich mittheilen kann: dadurch entsteht eine augenblickliche sehr starke Compression; diese bewirkt eine Temperaturerhöhung über die Gränze hinaus, bei der die Entzündung des Gasgemisches eintritt, und folglich die Entzündung in einigen Stellen, und ist diese einmal angefangen, so verbreitet sie sich sehr schnell durch das Ganze.

Dieser Vorstellung von der Wirkungsart der Electricität zu Folge, schien es uns, dass, im Falle ein schwacher electriche Funke nur ein unvollständiges Verbrennen in einem Gemische aus Sauerstoffgas und Wasserstoffgas bewirkt, ein stärkerer electriche Funke ein vollständigeres Verbrennen veranlassen müsse. Sey es indess, dass wir keine hinreichend lebhaft Electricität angewendet, oder dass wir unsre Versuche nicht

genug vervielfältigt haben; unsre Resultate fielen nicht merkbar verschieden aus, wir mochten den Funken eines Electrophors von $3\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, oder den Entladungsfunken einer stark geladenen Leidner Flasche anwenden. Doch erlaubte uns die Einrichtung unsers Endiometers nicht, recht lebhaft Funken hinein zu bringen, und wir lassen daher die Entscheidung hierüber [140] bis zu weitem Untersuchungen ausgesetzt.

Beim Entzünden eines Gemisches von 100 Theilen Wasserstoffgas, 100 Theilen Sauerstoffgas und 900 Theilen Stickgas blieb, wie wir gesehn haben, ein Rückstand, welcher in 100 Theilen 6 Theile Wasserstoffgas, 8 Theile Sauerstoffgas und 86 Theile Stickgas enthielt. Folglich wurde die Entzündung gehemmt, als dieses Verhältniss der Mischung eintrat, und ein neuer electricer Funke würde hier keine Entzündung haben bewirken können. Da nun die Atmosphäre lange nicht 0,06 Wasserstoffgas enthält, so vermag der electriche Funke nicht, sie zu entzünden; oder thäte das vielleicht der Blitz wegen seiner grossen Kraft, so wird doch die Entzündung sich nicht weiter verbreiten können, sondern den Orten, so zu sagen, eigenthümlich seyn, durch welche der Blitz unmittelbar hindurch fährt. Folglich lassen sich die *Meteore* nicht durch Entzündung von Wasserstoffgas vermöge des Blitzes, und noch viel weniger vermöge kleinerer electricer Entladungsfunken erklären; es sey denn, die Luft enthalte im Augenblicke, da diese *Meteore* entstehen, mehr als 6 Hundertel Wasserstoffgas, welches indess gegen alle Wahrscheinlichkeit ist, besonders wenn man bedenkt, dass Luft, die in einer sehr grossen Höhe aufgefangen wurde, keinen wahrnehmbaren Gehalt an Wasserstoffgas bei vergleichenden Versuchen mit Luft von der Oberfläche der Erde gezeigt hat.

Gesetzt, es fände wirklich beim Durchgange des electricen Funkens durch Gas, jedes Mal eine locale und instantane Wärme Statt, welche von der Compression der Gastheilchen herrührte; so scheint es, müsse es möglich seyn, durch electriche Funken, welche man wiederholt durch ein solches nicht mehr entzündliches Gasmisch durchschlagen liesse, in diesem Gemische vermöge kleiner localer Entzündungen an den Orten des Durchganges, alles Wasserstoffgas, das hier in sehr vielem Stickgas und Sauerstoffgas oder bloss in Sauerstoffgas ertränkt ist, allmählig zu zerstören. Dass diesem so sey, dafür scheint die Erfahrung zu sprechen, dass Aether und Ammoniakgas,

die beim Durchgange durch eine glühende Röhre durch blosse Wärme zersetzt werden, sich auch durch electriche Entladungsfunken zersetzen lassen. Es würde in dieser Hinsicht sehr interessant seyn, zu versuchen, ob sich ein entzündbares Gemisch von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas noch möchte durch electriche Funken entzünden [141] lassen, wenn man es vermittelst der Luftpumpe stark verdünnt hätte. Beruht die Entzündung wirklich auf der Hitze, welche dadurch bewirkt wird, dass der electriche Funke das Gas comprimirt; so müsse, scheint es, hier eine weit geringere Compression und Wärme bewirkt werden, und es müsse daher eine Dilatation geben, bei der keine Entzündung mehr Statt finde. Noch haben wir nicht Zeit gehabt, die hier in Vorschlag gebrachten Versuche selbst anzustellen; doch ist das unser Vorsatz, und wir hoffen selbst, es recht bald thun zu können.

Bis hierher ist von uns Folgendes dargethan worden: Es giebt Mischungsverhältnisse von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, oder von beiden mit Stickgas, bei denen ein vollständiges Verbrennen des Wasserstoffgas Statt findet. Es giebt andere Mischungsverhältnisse, bei denen das Verbrennen aufhört, bevor es vollendet ist; und noch andere, bei denen kein Entzünden möglich ist. Das Wasserstoffgas, welches nicht verbrennt, findet sich ganz im Rückstande. Wenn sich durch den electriche Funken kein Verbrennen vollständig bewirken, oder auch nur einleiten lässt, so ist es hinlänglich, um diesen Erfolg zu erhalten, den Antheil des Gasgemisches an Wasserstoffgas oder Sauerstoffgas zu erhöhen. Die meteorologischen Erscheinungen können durch kein Verbrennen von Wasserstoffgas bewirkt werden, weil in den Regionen, wo, wie man annimmt, die vorzüglichsten entstehen, z. B. die plötzlichen Regengüsse, die nicht selten gleich auf Donnerschläge folgen, die Luft mehr als 6 Hundertel Wasserstoffgas enthalten müsste, weil nur dann ein Entzünden möglich wird, und selbst dann könnte nur der Ueberschuss über diesen Gehalt an Wasserstoffgas verbrennen.

Der Fall, wo das Verbrennen nicht vollständig ist, scheint sich nach den Gesetzen der Verwandtschaft daraus erklären zu lassen, dass das eine Gas, wenn es sehr vorwiegt, das andere durch seine Verwandtschaft zu demselben schützen, und dem Verbrennen zum Theil entziehen kann. Mag gleich diese Verwandtschaft sehr geringe seyn, so ist es doch nach *Berthollet's* Lehren begreiflich, wie die Menge des Gas hier

das ersetzen kann, was an Verwandtschaft abgeht; und wenn die verschiedenen Gasarten hierbei ein verschiedenes Vermögen zeigten, das Verbrennen zu hemmen, so würde das aus ihrer verschiedenen Natur zu erklären seyn. — Wie sollte man aber hiernach den plötzlichen Uebergang von einer constanten Absorption, die bei einigen Mischungsverhältnissen von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas Statt findet, in eine abnehmende Absorption erklären, da man doch [142] zugeben muss, dass, wenn das Wasserstoffgas wirklich dem Verbrennen durch die Einwirkung des Sauerstoffgas entzogen werden könne, die Wirkung dieses letztern doch nach einem Gesetze regelmässig erfolgen müsse? Wie wäre es zu begreifen, dass beide Gasarten, nachdem sie in Umständen gewesen, die ihrer Vereinigung günstig sind, sich vermöge ihrer Verwandtschaft im elastischen Zustande erhalten sollten, indess sie in eine Verbindung von viel grösserer Dichtigkeit, dem Wasser, treten könnten? Wie, endlich, sollte eine Verwandtschaft, die eine sehr grosse Condensation und Sättigung hervor bringt, einer Verwandtschaft nachstehen können, welche in dem Volumen beider Gasarten keine Veränderung bewirkt und keine Sättigung erzeugt? Wasserstoff und Sauerstoff, in welchem Zustande sie auch seyn mögen, haben immer einerlei Grad von Verwandtschaft, weil diese Verwandtschaft durch ihre Sättigungscapacität gemessen wird; nur kann der Zustand, worin sie sich befinden, ihrer Vereinigung mehr oder minder günstig seyn. Aussagen, dass beide im Gaszustande eine grössere Verwandtschaft als im flüssigen Zustande haben, würde heissen, behaupten, dass ihre Theilchen sich stärker anziehen, wenn sie sehr von einander entfernt, als wenn sie nahe bei einander sind. — Diese Einwendungen gegen jene bloss aus der Verwandtschaft abgeleitete Erklärung scheinen uns von Gewicht zu seyn. Wir wollen daher eine andere Erklärung versuchen, die uns diesen Schwierigkeiten nicht ausgesetzt zu seyn scheint.

Alle verbrennliche Körper erfordern in der Regel eine gewisse Temperaturerhöhung, um sich mit dem Sauerstoff zu vereinigen. So z. B. verwandelt sich die Kohle erst wenn sie roth glüht in kohlenreiches Gas, und indess sie bei einer hohen Temperatur fortbrennt, auch wenn man einen Strom von Wasserdämpfen auf sie leitet, erlischt sie sogleich, wenn sie in Wasser getaucht wird. Giebt man dieses als Grundsatz zu, dass alle Körper eine gewisse Temperaturerhöhung fordern, um zu brennen, so wollen wir uns nun einen Körper denken, der in

einem gegebenen Volumen atmosphärischer Luft brennt, und annehmen, die zum Fortbrennen unentbehrliche Temperatur werde lediglich durch die Wärme herbei geführt, die beim Absorbiren des Sauerstoffs frei wird. Wir wollen ferner die Wärme, welche auf diese Art zu Anfang des Verbrennens aus 1 Kubikzoll Luft frei wird, gleich 1 setzen, und annehmen, es gehe während des Brennens immerfort die Hälfte derselben verloren, theils als strahlende Wärme, theils weil das Stickgas und andere Körper etwas davon verschlucken, (wobei wir also das Gesetz, wonach dieser Verlust allmählig abnimmt, zur Seite liegen lassen). Man übersieht leicht, dass während der ersten Augenblicke des Verbrennens die Temperatur des Körpers zunehmen muss, dass aber in dem Grade, wie die Menge des Sauerstoffgas abnimmt, und folglich die des Stickgas verhältnissmässig grösser wird, auch die Hitze, welche dem Körper mitgetheilt wird, abnehmen muss. Es wird folglich endlich ein Zeitpunkt eintreten, da die Wärme, [143] welche verloren geht, der Wärme, welche mitgetheilt wird, gleich ist, und über diesen Zeitpunkt hinaus wird die Temperatur zu niedrig seyn, als dass das Verbrennen fort dauern könnte. Ein Beweis dafür, dass das Verbrennen bloss wegen der zu niedrigen Temperatur aufhört, ist, dass, wenn man eine hinreichend hohe Temperatur künstlich unterhält, der Körper fortfährt zu verbrennen. Diese Erklärung gilt auch, wenn statt des Stickgas irgend ein anderes unverbrennliches Gas, z. B. schwefelsaures Gas oder kohlen-saures Gas, dem Sauerstoffgas in eben dem Verhältnisse beigemischt ist, nur dass dann das Verbrennen eher oder später aufhören würde, je nachdem diese Gasarten eine sehr viel grössere oder sehr viel kleinere Capacität für den Wärmestoff, als das Stickgas haben sollten. Haben alle Gasarten gleiche Capacitäten für den Wärmestoff, so müsste das Verbrennen unter gleichen Umständen in ihnen allen zugleich aufhören, wie das ungefähr bei den Mischungen von Sauerstoffgas und Stickgas mit Wasserstoffgas der Fall war. Vielleicht liesse sich auf diesem Wege zu einer Antwort auf die wichtige Frage kommen, ob alle Gasarten einerlei Wärmecapacität haben, oder nicht.

Hiernach würde ein verbrennlicher Körper, wie z. B. Schwefel, in einem bestimmten Volumen Luft nicht deshalb zu brennen aufhören, weil die Verwandtschaft des Stickgas oder der erzeugten Gasarten zum Sauerstoffgas stärker wäre, als die des verbrennlichen Körpers zu diesem Gas; sondern weil die Wärme, welche durch jene Gasarten absorbirt wird,

indem sie sich in ein Gleichgewicht der Temperatur mit dem brennenden Körper zu setzen streben, endlich grösser ist, als die Wärme, welche beim Fixiren des Sauerstoffs frei wird, da dann die Temperatur sehr bald unter die herab sinken muss, welche zum Verbrennen unentbehrlich ist. Es ist bekannt, dass der Schwefel in der That in einer Luft, in welcher er verlöscht ist, fortbrennen kann, wenn man seine Temperatur hinlänglich erhöht.

Bei dem augenblicklichen Verbrennen des Wasserstoffgas im Voltaischen Eudiometer geht ganz dasselbe vor, als beim allmäligen Verbrennen desselben oder irgend eines andern Körpers, in einem gegebenen Volumen von Luft. Stellt man unter eine Glocke voll Sauerstoffgas einen Apparat, worin Wasserstoffgas wie in einer Lampe brennt, so ist die Flamme klein, lebhaft und leicht gefärbt. Nimmt man statt des Sauerstoffgas atmosphärische Luft, so wird die Flamme grösser, minder lebhaft und stärker gefärbt; nach Maassgabe, wie der Antheil an Sauerstoffgas abnimmt, wird die Flamme [144] immer grösser, weil dann das Wasserstoffgas sich immer weiter verbreiten muss, um das Sauerstoffgas aufzufinden; endlich färbt sich die Flamme sehr leicht bläulich-grün, und erlischt darauf bald, obschon die Luft noch mehrere Hundertel an Sauerstoffgas enthält. In dem Voltaischen Eudiometer sind die Phänomene ganz analog. Weicht die Mischung des Sauerstoffgas und Wasserstoffgas nicht weit von dem Verhältnisse ab, worin beide sich zu Wasser vereinigen, so ist die Flamme, ungeachtet ihrer Dilatation, noch sehr lebhaft. Bei einem Gemische von 1000 Theilen Sauerstoffgas mit 100 Theilen Wasserstoffgas, ist dagegen die Flamme schwach, bläulich-grün gefärbt, und das Wasserstoffgas verbrennt bei weitem nicht vollständig, da man fast noch zwei Drittel desselben im Rückstande findet. Treibt man diesen Rückstand durch eine roth glühende Porzellanröhre, so verbrennt das Wasserstoffgas desselben noch vollständig; wie es scheint, ein Beweis, dass der Grund, warum das Verbrennen im Eudiometer nicht vollständig erfolgte, lediglich darin liegt, dass die Temperatur in demselben während des Verbrennens nicht hoch genug blieb.

Noch müssen wir ein sehr sonderbares Phänomen bei der chemischen Vereinigung von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas mit einander, bemerken, welches schon vor geraumer Zeit die Aufmerksamkeit *Monge's* auf sich gezogen hat. »Wie kömmt es,« sagt dieser berühmte Physiker, »dass, indem man die

Temperatur dieser beiden Gasarten, mithin die Dosis des Auflösungsmittels erhöht, man die Adhärenz desselben mit den beiden Basen vermindert?« — Weit entfernt, zu glauben, dass sich nach dem jetzigen Zustande unsrer Kenntnisse auf diese Frage eine genügende Erklärung geben lasse, empfehlen wir sie bloss der Aufmerksamkeit der Physiker. Nach den Vorstellungen, die wir uns von der Kraft machen müssen, welche die Vereinigungen bewirkt, und von den Kräften, die ihnen entgegen streben, deutet der elastische Zustand eine gänzliche Aufhebung der Kraft der Cohäsion an, und zwei Körper in diesem Zustande sind unter den vortheilhaftesten Umständen für ihre Vereinigung. Da aber nun die anziehende Kraft ihrer Theilchen in eine zurück stossende Kraft verwandelt ist, so müsste jede Ursache, welche die letztere begünstigt, der erstern entgegen streben; und doch findet sich hier, dass, indem die Temperatur zweier Gasarten, mithin ihre Repulsivkraft vermehrt wird, dies ihre anziehende Kraft begünstigt. Es lässt sich überhaupt nicht glauben, dass die Wärme nichts anderes thue, als dass sie die Theilchen der Gasgemische von einander entferne; denn wäre das der Fall, warum sollte sich dann nicht ein Gemisch von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas bloss dadurch entzünden, dass man es im Recipienten der Luftpumpe ins Unbestimmte verdünnte? Auch lässt sich nicht annehmen, dass die Wärme, indem sie augenblicklich wirkt, eine Compression hervor bringe, welche die Theilchen einander nähere, [145] und dadurch die Vereinigung der beiden Gasarten begünstige. Denn man kann sich leicht überzeugen, dass ein Gemisch von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, welches man, ohne die Dilatation desselben zu hindern, sehr allmählig erhitzt, sich doch entzündet, wenn nur die Temperatur hoch genug gestiegen ist.

Wir wenden uns nun, nachdem wir es ausser Streit gesetzt haben, dass unter bestimmten Umständen die Absorption des Wasserstoffgas oder des Sauerstoffgas im Voltaischen Eudiometer vollständig ist, zu der Frage, ob das Produkt der Verbindung constant ist.

Nach allen bisherigen Versuchen über die Zusammensetzung des Wassers hat man allgemein angenommen, dass dieses Produkt stets ein und dasselbe sey. Zwar erhielt man einige Mal zugleich einen geringen Antheil Salpetersäure; man hat sich aber hinlänglich überzeugt, dass diese Säure ein sehr zufälliges

Produkt ist, und *Cavendish*, der erste, der sie erhielt, und *Fourcroy*, *Seguin* und *Vauquelin* haben uns gelehrt, wie man sie zu vermeiden habe, und wie es anzufangen sey, dass man ein ganz säurefreies Wasser erhalte. Zwar hat man keinen Beweis dafür, dass in diesen Versuchen nicht ein oxygenirtes oder ein hydrogenirtes Wasser gebildet worden sey, da man in allen genauen Versuchen, die bisher angestellt worden, das Wasserstoffgas stets auf dieselbe Art verbrannt hat; und daher möchte es bisher höchstens bewiesen gewesen seyn, dass das Produkt, welches man erhielt, unter denselben Umständen immer dasselbe ist. Ja, wollte man nach der Analogie des Salpetergas, dessen Produkte des Verbrennens so gar verschieden sind, urtheilen, so dürfte es scheinen, als habe man selbst Grund, zu glauben, dass, weil in allen jenen Versuchen immer das Sauerstoffgas vorwaltete, man stets ein oxygenirtes Wasser bekommen habe, indess, wenn das Wasserstoffgas vorgewaltet hätte, man ein hydrogenirtes Wasser erhalten haben würde. — Hier haben wir indess eine grosse Zahl von Versuchen mitgetheilt, welche darthun, dass sich Wasserstoffgas und Sauerstoffgas stets nach demselben Verhältnisse mit einander vereinigen, das eine oder das andere mag im Uebermaasse vorhanden seyn. Folglich ist nicht zu zweifeln, dass das Produkt des Verbrennens des Wasserstoffgas stets von einerlei Natur ist.

In den neuesten Zeiten glaubte man an der Zersetzung des Wassers durch [146] die Galvani'sche Electricität einen Beweis gefunden zu haben, dass das Wasser fähig sey, sich zu oxygeniren oder zu hydrogeniren; eine Annahme, vermittelt der die Hrn. *Laplace* und *Berthollet* die sonderbare Zersetzung des Wassers an zwei Drähten, die mit den Polen einer Galvani'schen Säule verbunden sind, zu erklären versucht haben. Doch ohne gerade eine Einwendung gegen diese Erklärung machen zu wollen, welche uns von allen bisher versuchten die genügendste scheint, bemerken wir, dass die vollständige Absorption alles Sauerstoffs an dem einen, und alles Wasserstoffs an dem andern Drahte, vielmehr einen Beweis abgeben möchte, dass kein oxygenirtes oder hydrogenirtes Wasser entstehen kann. Denn sollte das der Fall seyn, so müsste das Wasser einen dieser beiden Grundstoffe in grösserm Maasse als nach dem Verhältnisse, worin sie Wasser bilden, verschlucken. Absorbirt es dagegen beide genau in diesem Verhältnisse, so werden sich beide völlig neutralisiren, und höchstens fände

eine instantane Oxygenirung an dem einen und eine instantane Hydrogenirung an dem andern Drahte Statt; da aber dann beide Grundstoffe ihrer Elasticität beraubt, und in dem gehörigen Verhältnisse, um Wasser zu bilden, vorhanden sind, so müssen sie sich sogleich wieder mit einander vereinigen.

Nachdem nun erwiesen ist, dass unter gegebenen Umständen Sauerstoff und Wasserstoff vollkommen verschwinden, und ferner, dass das Produkt ihrer Verbindung constant ist, handelt es sich nunmehr um die Erledigung der dritten Frage, welche wir uns gestellt haben, nämlich das Verhältniss zu bestimmen, nach welchem Sauerstoff und Wasserstoff sich zu Wasser verbinden. Auf diese Bestimmung sind die nachfolgenden Versuche gerichtet.

Zu 100 Theilen Sauerstoff fügten wir 300 Theile Wasserstoff und erhielten nach der Entzündung durch den electrischen Funken in 12 Fällen nachstehende Rückstände

100,8	101,0	102,0
101,4	101,7	102,0
100,5	102,0	101,0
101,0	101,5	101,5

deren Mittelwerth 101,3 ist.

[147] Somit hätten 100 Theile Sauerstoff, vorausgesetzt dass dieser ganz rein war, 198,7 Wasserstoff erfordert; als wir aber unseren Sauerstoff mit Schwefelalkali untersuchten, fanden wir, dass er bis auf 0,004 verschluckt wurde. Es folgt daher, dass 99,6 Sauerstoff 199,1 oder 100 Sauerstoff 199,89 Wasserstoff verbraucht haben, oder endlich, dass 100 Sauerstoff zur Sättigung 200 Wasserstoff brauchen.

Bei den vorstehenden Versuchen war der Sauerstoff verschwunden. Wir kehren nun das Verhältniss um, und entzünden ein Gemenge von 200 Theilen jedes Gases; folgendes sind die Rückstände der Verbrennungen

101,5	102,0	101,5
101,3	102,0	102,3
102,2	101,0	102,0
102,0	101,0	102,0

Mittelwerth 101,7, Absorption im Mittel 298,3.

Falls der Wasserstoff rein gewesen wäre, so hätten 200 Theile 98,3 Sauerstoff erfordert, während es nach dem oben aufgestellten Verhältniss 100 Theile hätten sein müssen. Nehmen wir aber das letztere Verhältniss als richtig an, so wären

von den verschwundenen 298,3 Theilen 198,8 Wasserstoff, was auf 0,006 Stickstoff in dem Ges. schliessen lässt.

Selbst wenn wir den Wasserstoff als völlig rein annehmen, so stimmen die beiden Reihen mit vorherrschendem Sauerstoff und Wasserstoff genügend überein, um das im Laufe dieser Abhandlung Gesagte völlig zu rechtfertigen: denn um sie identisch zu machen genügt es, 0,006 Stickstoff im Wasserstoff anzunehmen, und wir können nachweisen, dass welcher darin war.

Wir haben aus den vorangegangenen Versuchen ersehen, dass 200 Wasserstoff 98,3 Sauerstoff (uncorrigirt) absorbirt haben. Wir nahmen zwei der Rückstände, (von 101,0 und 101,5 Theilen,) welche beim Detoniren von 100 Theilen Sauerstoffgas mit 300 Theilen Wasserstoffgas übrig geblieben waren, und detonirten sie mit 200 Theilen Sauerstoffgas. Wegen des dem Sauerstoffgas beigemischten Stickgas mussten diese Rückstände 0,8 Theile Stickgas enthalten. Hätten die übrigen 201,7 Theile aus völlig reinem Wasserstoffgas bestanden, und wir nähmen der letztern Versuchsreihe zu Folge an, dass 200 Theile Wasserstoffgas 98,3 Theile Sauerstoffgas absorbiren; so hätten beim Detoniren die 201,7 Theile Wasserstoffgas 99,1 Sauerstoffgas verschlucken, und folglich [148] überhaupt 300,8 Theile verschwinden müssen. Es verschwanden jedoch nur 295,0 Theile. Die 201,7 Theile des Rückstandes können folglich nicht reines Wasserstoffgas gewesen seyn, sondern müssen Stickgas enthalten haben; und zwar, wenn 100 Theile Sauerstoffgas 200 Theile Wasserstoffgas absorbiren, 5 Theile Stickgas, welche ein Rückstand aus 600 Theilen Wasserstoffgas sind. Mithin enthielt das Wasserstoffgas noch 0,008 Stickgas.

Durch diese Gründe scheint es uns genügend dargethan zu seyn, dass 100 Theile Sauerstoffgas sehr nahe 200 Theile Wasserstoffgas zu ihrer Sättigung erfordern. Nach den Versuchen der Herren *Fourcroy*, *Vauquelin* und *Seguin* würden 100 Theile Sauerstoffgas 205 Theile Wasserstoffgas hierzu verlangen. Man nehme indess das eine oder das andere dieser Verhältnisse an, immer wird man sich bei der Analyse der Luft, wegen dieser Ungewissheit, nur höchstens um 0,0035 im absoluten Gehalt derselben an Sauerstoffgas irren können, und der Irrthum muss noch sehr viel kleiner ausfallen, wo es auf relative Mengen ankömmt.

Wir haben uns überzeugt, dass Veränderungen der Temperatur auf das von uns angegebene Verhältniss, wonach beide

Gasarten sich absorbiren, keinen Einfluss haben, wie das auch der Natur der Sache nach nicht anders seyn kann. Denn weil die Wärme beide Gasarten gleichmässig ausdehnt, und sie gleiche Mengen von Wasser auflösen macht, so stehen die absoluten Gewichte gleicher Voluminum von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas immer in einerlei Verhältniss zu einander. Voraus gesetzt daher, das von uns ausgemittelte Verhältniss sey das wahre, so ist es genauer, zu sagen, 100 Maass Sauerstoffgas vereinigen sich mit 200 Maass Wasserstoffgas, als das Verhältniss der Bestandtheile des Wassers in Gewichttheilen zu geben. Wären beide Gasarten, deren man sich zu den Versuchen über die Synthesis des Wassers bedient hat, vollkommen trocken gewesen, oder hätte man Correctionen wegen der Feuchtigkeit, die sie enthalten konnten, angebracht, so würde es gleichgültig seyn, das Verhältniss der Bestandtheile dem Volumen oder dem Gewichte nach zu geben. Da aber mit dem einfachen Volumen Sauerstoffgas sich ein doppeltes Volumen Wasserstoffgas verbindet, und doch beide Gasarten gleichmässig Wasser auflösen, so steht offenbar die schon in ihnen vorhandene Wassermenge nicht in dem Verhältnisse des Gewichts, wonach sie sich zu Wasser vereinigen, wesshalb dieser Umstand einen Einfluss auf das Gewichtsverhältniss der Bestandtheile des Wassers haben muss. So bleibt also das Verhältniss der Voluminum bei verschiedener Temperatur und Feuchtigkeit unverändert dasselbe, indess das Gewichtsverhältniss unter diesen Umständen variirt.

Man halte diese Bemerkung nicht für ganz unwichtig. Denn es ist leicht, zu zeigen, dass sie einen bedeutenden Einfluss auf unsre Bestimmungen des Verhältnisses der Bestandtheile des Wassers hat. Nach dem Versuche der Herren *Fourcroy*, *Vauquelin* und [149] *Seguin*, dem genauesten, den man bis jetzt über die Synthesis des Wassers gemacht hat, bestehn 100 Theile Wasser, dem Gewichte nach, aus 85,662 Theilen Sauerstoffgas und 14,338 Theilen Wasserstoffgas. Da aber dieser Versuch in einer Temperatur von 14° angestellt wurde, und diese Physiker keine Correction wegen des Wassers, das beide Gasarten schon aufgelöst enthielten, angebracht haben; so ist aus diesem Grunde ihr aufgefundenes Verhältniss, (wenn wir das specifische Gewicht der beiden Gasarten, wie sie es gefunden haben, als richtig annehmen, und mit *Saussure* setzen, dass 1 par. Kubikfuss Luft bei dieser Temperatur nahe 10 Gran Wasser aufgelöst enthält,) dahin abzuändern,

dass sich dem Gewichte nach 87,41 Theile Sauerstoff mit 12,59 Theilen Wasserstoff zu Wasser vereinigen. Und das ist eine bedeutende Verschiedenheit, welche besonders auf die Analysen, in denen es auf die absolute Menge des Wasserstoffs ankömmt, von merklichem Einflusse seyn muss.

Diese Betrachtungen finden auch Anwendung auf die Bestimmung der specifischen Gewichte der Gasarten, besonders des Wasserstoffgas, da fast ein Sechstel des gefundenen Gewichts dieses Gas bei 14° Wärme, auf Rechnung des Wassergehalts desselben zu setzen ist. Wir zweifeln daher nicht, dass vollkommen trockenes, und von allem Stickgas freies Wasserstoffgas zum wenigsten 15 Mal leichter als die atmosphärische Luft gefunden werden dürfte.

Es bleibt uns von den Fragen, die wir uns gestellt haben, nur noch die letzte zu beantworten, nämlich, welches die Grenzen der unvermeidlichen Fehler beim Voltaischen Eudiometer sind, und welches ist dem zu Folge die kleinste Menge von Sauerstoffgas oder Wasserstoffgas, die sich vermittelst desselben noch messen lässt?

Da die Wirkung, worauf dieses Eudiometer beruht, augenblicklich ist, so hat der Barometer- und Thermometerstand darauf keinen Einfluss; und in dieser Hinsicht hat es einen sehr ausgezeichneten Vorzug vor den Eudiometern mit Phosphor oder mit Schwefelalkalien. Da ferner jedes Hundertel Sauerstoffgas sich durch eine drei Mal grössere Absorption giebt, so kommen die Fehler, welche man begeht, nur zu einem Drittel auf den Gehalt an diesem Gas, und besonders jetzt, da wir sehr genaue Instrumente besitzen, welche ein Maass Luft in 300 gleiche Theile theilen, können wir, selbst wenn wir um einen ganzen Theil irren sollten, nicht viel über 0,001 im Sauerstoffgehalte der Luft, welche zerlegt wird, fehlen.

[150] Man sieht hieraus, dass sich vermittelst des Wasserstoffgas - Eudiometers nicht nur sehr geringe Unterschiede zwischen zwei verschiedenen Portionen atmosphärischer Luft auffinden lassen, sondern dass dadurch selbst in Stickgas oder Wasserstoffgas ein Antheil von wenig mehr als 0,003 Sauerstoffgas zu entdecken sey, obschon im letztern Falle nicht unmittelbar, sondern erst nachdem man, (um Entzündung und vollständiges Verbrennen bewirken zu können,) eine gewisse Menge Sauerstoffgas hinzu gesetzt hat, für das man zuvor durch Versuche die Grösse der Absorption mit Wasserstoffgas bestimmt haben müsste. Ein Drittel von dem Unterschiede der

Absorption in beiden Fällen gäbe die Menge des Sauerstoffgas in der untersuchten Luft.

Eben so lässt sich vermittelst dieses Eudiometers der Grad der Reinheit von Wasserstoffgas bestimmen, oder ein kleiner Antheil dieses Gas entdecken, welcher andern Gasarten oder der atmosphärischen Luft beigemischt ist. Im ersten Falle braucht man das Gas nur mit 100 Theilen Sauerstoffgas zu detoniren; die Grade der Reinheit verhalten sich dann wie die Absorptionen. Im zweiten Falle müsste man zu 200 Theilen des zu untersuchenden Gas zuvor 100 Theile Wasserstoffgas von bekannter Reinheit zusetzen, und es dann mit 100 Theilen Sauerstoffgas entzünden. Auf diese Art können wir, bei der Uebung, die wir jetzt in Versuchen dieser Art erlangt haben, 0,003 Wasserstoffgas wieder finden, die wir atmosphärischer Luft beimengen.

Vielleicht bleibt manchem gegen das Voltaische Eudiometer noch das Bedenken, dass man durch dasselbe, weil Wasserstoffgas nicht immer von einerlei Reinheit ist, in schwer zu berichtigende Fehler verwickelt werden könne. Wir bemerken indess, dass ein kleiner Antheil an Stickgas völlig unschädlich ist, und dass nur eine Beimengung von Sauerstoffgas auf das Resultat der Prüfung Einfluss haben würde. Um nicht zu fehlen, detonire man daher zuvor das Wasserstoffgas, dessen man sich bedienen will, mit $\frac{1}{5}$ Sauerstoffgas; hierbei wird zugleich alles Sauerstoffgas, welches ersteres schon enthalten haben könnte, mit zerstört, und den Rückstand kann man nun mit Sicherheit zu den Versuchen im Voltaischen Eudiometer brauchen. Mit dieser Vorsicht kann man sich unbedenklich eines ohne besondere Sorgfalt bereiteten Wasserstoffgas bedienen, wofern man es nur aus dem Wasser durch Schwefelsäure oder Salzsäure vermittelst Zinks entwickelt hat; denn bedient man sich eines andern Metalls, z. B. des Eisens, so ist das Gas, wie man weiss, nicht mehr von derselben Natur.

Nach allen Versuchen, welche wir bisher angeführt haben, [151] dürfen wir wohl mit Recht schliessen, dass das Voltaische Eudiometer *den ganzen Gehalt* der atmosphärischen Luft an Sauerstoffgas angiebt. Wir haben uns indess hiervon noch besonders auf directe Art überzeugen wollen, und mischten zu dem Ende 20 Theile sehr reines Sauerstoffgas mit 80 Theilen Stickgas, die wir durch Zersetzung des Ammoniaks vermittelst oxygenirter Salzsäure [Chlor], (unter aller möglichen Vorsicht keine atmosphärische Luft mit hinein zu bringen,) erhalten

hatten. Von diesem Gasgemisch wurden 200 Theile mit 200 Theilen Wasserstoffgas im Eudiometer detonirt. Fünf Versuche, die wir anstellten, gaben in der Absorption keine grössern Unterschiede, als höchstens von 0,005 und im Mittel eine Absorption von 124,9 Theilen. Ihr entspricht ein Sauerstoffgehalt von 41,6 in 200 Theilen, und also von 20,8 Theilen des künstlichen Gasgemisches. Dass wir hier den Sauerstoffgehalt um 0,008 höher finden, als wir sollten, liegt höchst wahrscheinlich daran, dass unser Stickgas nicht ganz frei an Sauerstoffgas war, sondern davon 0,01 enthielt. Denn mit so vieler Sorgfalt wir es auch bereitet hatten, so leuchtete doch darin der Phosphor. Auch ist das aus dem Grunde wahrscheinlich, weil die oxygenirte Salzsäure sich am Lichte sehr schnell zersetzt.

Aus allem diesem sieht man, dass die Resultate, welche das Voltaische Eudiometer giebt, unter sich sehr vergleichbar sind, und dass die Gränze des Irrthums für den Gehalt der Luft an Sauerstoffgas, den man vermittelst dieses Eudiometers findet, sich bis auf 0,001 herab bringen lässt. Ferner sieht man, dass sich durch dieses Eudiometer sehr kleine Unterschiede im Sauerstoffgehalte zweier verschiedener Luftportionen finden, auch sehr geringe Mengen von Wasserstoffgas, welche der atmosphärischen Luft beigemischt sind, entdecken lassen. Endlich ist dieses Instrument das einzige, vermittelst dessen sich der Antheil eines Gasgemisches an Wasserstoffgas messen lässt, und schon in dieser Hinsicht allein wäre es aller Aufmerksamkeit werth, und verdiente es, dass man die Wirkungsart desselben genau studire.

Und so hat der vortreffliche Physiker *Volta*, dem die Naturlehre die herrlichsten Entdeckungen verdankt, auch um die Chemie das Verdienst, ihr das genaueste und schätzbarste Instrument für die Analyse der Luft gegeben zu haben.

Ueber die Verbindungen gasförmiger Körper eines mit dem andern

von

Gay-Lussac.

Vorgelesen in der philomat. Gesellschaft am 31. Dec. 1808.

[207] Mehrere der Eigenschaften, welche die Körper im festen, im flüssigen oder im gasförmigen Zustande besitzen, sind unabhängig von der Kraft der Cohäsion; andere Eigenschaften derselben scheinen dagegen durch diese, der Intensität nach sehr variable Kraft modificirt zu werden und dann kein festes Gesetz zu befolgen. Die festen und flüssigen Körper würden durch einerlei Druck in ihrem Raume jeder um eine verschiedene Grösse vermindert werden, indess ein gleicher Druck den Raum aller elastischen Flüssigkeiten gleichmässig vermindert. Eben so dehnt zwar die Hitze alle Körper aus, aber bis jetzt hat man bei den flüssigen und bei den festen Körpern kein bestimmtes Gesetz für diese Ausdehnung gefunden; nur [208] bei den elastisch-flüssigen Körpern ist sie für alle gleich und von der Natur des Körpers unabhängig. Die gegenseitige Anziehung der kleinsten Theilchen in den festen so wie in den flüssigen Körpern ist folglich die Ursache, welche die eigenthümlichen Eigenschaften dieser Körper modificirt, und nur wenn diese Anziehung, wie in den Gasarten, gänzlich aufgehoben ist, scheinen die Körper unter ähnlichen Umständen einfache und feste Gesetze zu befolgen.

Man wird in dieser Abhandlung eine neue Eigenschaft der Gasarten kennen lernen, vermöge welcher sie ein festes Gesetz in ihren Wirkungen befolgen. Es ist nämlich meine Absicht, hier zu beweisen, dass die gasförmigen Körper sich unter einander nach sehr einfachen Verhältnissen verbinden,

und dass auch die Raumverminderung, welche in diesen Verbindungen erfolgt, sich nach einem bestimmten Gesetze richtet. Die Aeusserung einiger sehr ausgezeichneten Chemiker, dass wir von der Zeit vielleicht nicht mehr weit entfernt sind, wo die mehresten chemischen Erscheinungen der Rechnung werden unterthan werden, wird dadurch, wie ich hoffe, noch mehr Gewicht erhalten.

Es ist schon an sich eine sehr wichtige Frage, ob die chemischen Verbindungen nach allen, oder nur nach gewissen bestimmten Verhältnissen erfolgen. Hr. *Proust*, der diesen Gegenstand zuerst in das Auge gefasst zu haben scheint, nimmt an, dass die Metalle nur zweier Oxydations-Grade fähig sind, eines im *Minimum*, und [209] eines im *Maximum* der Oxydation; er hat sich aber gezwungen gesehen, verleitet durch eine verführerische Idee, Grundsätze, welche der Physik entgegen sind, aufzustellen, um alle Oxyde, die dasselbe Metall unter verschiedenen Umständen hervorbringt, auf zwei zurück zu führen. Hr. *Berthollet* ist durch allgemeine Betrachtungen und durch Versuche, die ihm eigen sind, zu der Behauptung geführt worden; dass die Verbindungen immer nach sehr veränderlichen Verhältnissen vor sich gehen, es sey denn, dass sie durch besondere Ursachen, wie durch Krystallisation, Unauflöslichkeit oder Elasticität bestimmt werden. Endlich hat Herr *Dalton* die Idee aufgestellt, dass die Verbindungen zwischen zwei Körpern stets auf die Art vor sich gehen, dass jeder kleinste Theil des einen sich mit einem, oder mit zwei, oder mit drei kleinsten Theilen des andern u. s. f. vereinigt*); und da aus dieser Ansicht der chemischen Verbindungen folgen würde, dass sie nach gewissen constanten Verhältnissen, zwischen denen keine andere fallen, vor sich gehen, so würde die Theorie des Hrn. *Dalton* sich in sofern der des Hrn. *Proust* nähern. Hr. *Berthollet* hat sie indess in seiner Einleitung zu der französischen Uebersetzung von *Thomson's* Chemie schon stark [210] bestritten, und wir werden sehen, dass sie in der That nicht ganz genau ist. Dieses ist der Zustand, in welchem sich jetzt jene streitige Materie befindet; sie ist, wie man sieht, nichts weniger als auf das Reine gebracht.

*) Hr. *Dalton* ist zu dieser Idee durch allgemeine Betrachtungen gelangt, und man ersieht aus seinem Werk *New System of chemical philosophy*, S. 213, und aus dem des Hrn. *Thomson*, t. 6, dass seine Untersuchungen keine Beziehung zu den meinen haben.

Ich hoffe, dass die Thatsachen, welche man hier finden wird, und die sich der Aufmerksamkeit der Chemiker bisher gänzlich entzogen hatten, dazu beitragen werden, sie aufzuklären.

Dass 100 Maass Sauerstoffgas genau 200 Maass Wasserstoffgas verzehren, wenn beide sich verbinden und Wasser bilden, ist durch die Versuche dargethan, welche Hr. von Humboldt in Gemeinschaft mit mir hierüber angestellt hat. Ich wurde dadurch auf die Vermuthung geführt, dass die andern Gasarten sich wohl nach eben so einfachen Verhältnissen mit einander verbinden möchten, und dieses veranlasste mich, die folgenden Versuche anzustellen.

Ich bereitete *Fluorborgas**) , *salzsaures Gas*, und *kohlensaures Gas*, und verband eines nach dem andern mit *Ammoniakgas*. Es sättigen 100 Maass *salzsaures Gas* genau 100 Maass *Ammoniakgas*, und das entstehende Salz ist vollkommen neutral, man mag die erste oder die zweite dieser beiden Gasarten in Ueberfluss nehmen. Das *Fluorborgas* verbindet sich dagegen mit dem *Ammoniakgas* nach zwei [211] verschiedenen Verhältnissen. Bringt man das saure Gas zuerst in die graduirte Röhre, und lässt das alkalische hinzusteigen, so condensirt sich von beiden ein gleiches Volumen, und das Salz, welches entsteht, ist neutral. Wird dagegen das *Ammoniakgas* zuerst in die Röhre gebracht, und man lässt das saure Gas in einzelnen Blasen dazu steigen, so verschwinden 200 Maass des erstern auf 100 Maass des letztern, und es entsteht ein Salz mit Ueberschuss an Basis. Bringt man endlich *kohlensaures Gas* mit *Ammoniakgas* in der Röhre in Berührung, so entsteht jedes Mal nicht-gesättigtes kohlensaures *Ammoniak*¹⁾, man mag die erste oder die zweite dieser Gasarten zuerst in die Röhre aufsteigen lassen, und es verdichten sich mit 100 Maass kohlensaurem Gas genau 200 Maass *Ammoniakgas*. Indessen kann man beweisen, dass das neutrale kohlensaure *Ammoniak* aus gleichen Volumen beider Bestandtheile zusammengesetzt ist. Hr. *Berthollet* hat dieses Salz, das er durch Einleiten von Kohlensäure in das nicht gesättigte kohlensaure Salz erhalten hatte, untersucht, und hat seine Zusammensetzung zu 73,34 Kohlensäuregas und 26,66 *Ammoniakgas* gefunden. Nimmt man nun an, dass es aus gleichen Volumen

*) Den Namen *Fluorborgas* haben Hr. *Thénard* und ich einem besonderen Gase gegeben, welches wir durch Destillation von fluss-saurem Kalk und glasiger Borsäure erhalten haben.

beider Bestandtheile zusammengesetzt sei, so findet man nach ihrem [212] bekannten specifischen Gewicht, dass es dem Gewicht*) nach enthält

71,81 Kohlensäure
28,19 Ammoniak,

welches Verhältniss wenig vom vorigen verschieden ist. Könnte folglich gesättigtes kohlen-saures Ammoniak aus diesen beiden Gasarten unmittelbar zusammengesetzt werden, so müssten von beiden gleiche Volumina sich mit einander verdichten. Es lässt sich bloss unter Mitwirkung von Wasser erhalten; daraus folgt indess nur so viel, dass die Verwandtschaft des Wassers die des Ammoniaks nothwendig verstärken muss, wenn die Elasticität des kohlen-sauren Gas in dem Grade überwältigt werden soll, dass 100 Maass desselben sich mit 100 Maass Ammoniakgas verbinden, und dass folglich neutrales kohlen-saures Ammoniak überhaupt nur mittelst Wasser bestehen kann.

Man sieht hieraus, dass salzsaures Gas, kohlen-saures Gas und Fluorborgas, wenn sie sich mit Ammoniakgas zu *neutralen* Salzen verbinden, jedes genau ein dem seinigen gleiches Volumen von diesem letztern Gas verschlucken, und dass die beiden letztern sauren Gasarten sich genau mit dem doppelten Volumen Ammoniakgas vereinigen, wenn ein *nicht-gesättigtes* Salz entsteht.

Es ist sehr merkwürdig, dass so ganz verschiedene gasförmige Säuren, jede ein dem ihrigen gleiches Volumen Ammoniakgas neutralisiren; und wir dürfen hiernach [213] vermuthen, dass, wenn es möglich wäre, alle Säuren und alle Alkalien in Gasgestalt darzustellen, der neutrale Zustand jedes Mal durch Verbindung von gleichen Voluminibus gasförmiger Säure und gasförmigen Alkali's würde hervorgebracht werden.

Nicht minder merkwürdig ist es, dass die Elemente sowohl der neutralen Salze als der nicht-gesättigten Salze, sich nach so einfachen Verhältnissen mit einander verbinden, welche man für Grenzen ihrer Mischungsverhältnisse nehmen muss.

Nehmen wir das specifische Gewicht des Ammoniakgas, wie es die Herren *Biot* und *Arago*, und das des salzsauren Gas, wie Herr *Biot* und ich es bestimmt haben**), so findet

*) Vgl. die Tabelle der specifischen Gewichte weiter unten.

**) Da das Salzsäuregas ein Viertel seines Gewichtes an Wasser enthält²⁾, so muss man für die wahre Salzsäure nur drei Viertel ihrer Dichte in Rechnung bringen.

sich, dass *wasserfreies salzsaures Ammoniak* enthalten muss auf 100 Gewichtstheile Ammoniak 160,7 Gewichtstheile Salzsäure, also in 100 Gewichtstheilen 38,35 Ammoniak und 61,65 Salzsäure; welches sehr weit von dem von Herrn *Berthollet* angegebenen Mischungsverhältnisse: 100 Theile Ammoniak auf 213 Theile Salzsäure abweicht.

[214] Nehmen wir ferner das specifische Gewicht des kohlsauren Gas so an, wie die Herren *Biot* und *Arago* es gefunden haben, so erhalten wir folgende Mischungsverhältnisse:

	Ammoniak.	Kohlensäure.
nicht-gesättigtes <i>kohlens. Ammoniak</i>	100	127,3 Gew. Th.
oder auf 100 Gewichtstheilen	43,98	56,02
neutrales <i>kohlensaures Ammoniak</i>	100	254,6
oder auf 100 Gewichtstheilen	28,19	71,81

Aus den hier gefundenen Resultaten lässt sich nun auch leicht das Verhältniss der Sättigungs-Capacitäten berechnen, worin das Fluorborgas, das salzsaure Gas und das kohlsaure Gas gegen einander stehen; denn da von diesen drei Gasarten gleiche Volumina einerlei Volumen Ammoniakgas sättigen, so müssen ihre Capacitäten ihren Dichtigkeiten verkehrt proportional seyn, vorausgesetzt, dass man bei dem salzsauren Gas die nöthige Correction wegen des Wassergehalts desselben angebracht habe.

Schon aus diesen Beispielen würde sich der Schluss ziehen lassen, dass die Gasarten sich unter einander nach sehr einfachen Verhältnissen verbinden. Doch will ich dafür noch einige andere Beweise führen.

Nach den Versuchen des Hrn. *Amédée Berthollet* sind in dem *Ammoniak* enthalten auf 100 Maass Stickgas genau 300 Maass Wasserstoffgas.

[215] Ich habe bei meinen Versuchen (Soc. d'Arcueil, t. I) gefunden, dass die *Schwefelsäure* auf 100 Maass schwefligsaures Gas 50 Maass Sauerstoffgas enthält.

Detonirt man mit einander 50 Maass Sauerstoffgas und 100 Maass gasförmiges Kohlenstoffoxyd, das man durch Destillation von Zinkoxyd mit stark calcinirter Kohle entbunden hat, so verschwinden beide Gasarten völlig, und man findet statt derselben 100 Maass kohlsaures Gas. Also lässt sich das *kohlensaure Gas* als bestehend betrachten aus 100 Maass gasförmigem Kohlenstoffoxyd und 50 Maass Sauerstoffgas.

Herr *Davy* hat bei seinen Analysen der verschiedenen Verbindungen, welche *Stickstoff* und Sauerstoff mit einander eingehen, folgende Gewichtsverhältnisse ihrer Bestandtheile gefunden, und werden diese auf Volumina reducirt, so geben sie die unten stehenden Verhältnisse. Es enthält

	Gewichtstheile		Maass	
	Stickstoff.	Sauerst.	Stickg.	Sauerst. G.
oxygenirtes Stickgas	63,30	36,70	100	49,5
Salpetergas	44,05	55,95	100	108,9
Salpetersäure	29,50	70,50	100	204,7

[216] Das erste dieser Verhältnisse weicht nicht bedeutend von dem 100:50, und das letzte ebenfalls nicht sehr von dem 100:200 ab. Das zweite ist mehr verschieden von dem Verhältnisse 100:100, doch ist die Verschiedenheit immer nicht sehr gross, und nicht bedeutender, als man sie bei Versuchen dieser Art erwarten muss. Doch habe ich mich überzeugt, dass auch in diesem Falle wirklich keine Abweichung von der aufgestellten Regel Statt findet. Als ich nämlich die neue verbrennliche Substanz, welche sich aus dem Kali darstellen lässt³⁾, in 100 Maass *Salpetergas* verbrannte, blieben genau 50 Maass Stickgas zurück; und zieht man das Gewicht dieses Rückstandes von dem des Salpetergas ab, dessen specifisches Gewicht Hr. *Bérard* zu Arcueil mit grosser Sorgfalt bestimmt hat, so zeigt sich, dass das Salpetergas genau aus gleichen Volumen Stickgas und Wasserstoffgas besteht. Folgendes sind daher die wahren Mischungsverhältnisse der Verbindungen, welche Stickstoff und Sauerstoff mit einander eingehen:

	Stickgas.	Sauerstoffgas.
oxygenirtes Stickgas	100 Maass.	50 Maass.
Salpetergas	100 —	100 —
Salpetersäure	100 —	200 —

Nach meinen Versuchen, welche von denen des Herrn *Chenevix* nur sehr wenig abweichen, besteht *oxygenirt-salzsäures Gas* dem Gewichte nach in 100 Theilen aus 22,92 Theilen Sauerstoff und 77,08 Salzsäure⁴⁾. [217] Berechnet man die Volumina, welche diesen Gewichtstheilen entsprechen, so kommen in dem oxygenirt-salzsäurem Gas auf 300 Maass salzsäures Gas 103,2 Maass Sauerstoffgas, ein Mischungsverhältniss,

welches von dem: 300 Maass salzsaures Gas und 100 Maass Sauerstoffgas, nur höchst wenig verschieden ist*).

[218] Es scheint mir nach diesen Beweisen offenbar zu seyn, dass zwei Gasarten, welche eine auf die andere chemisch einwirken, sich immer in den allereinfachsten Verhältnissen mit einander verbinden; in allen vorstehenden Fällen geschah dieses nach den Verhältnissen 1:1, oder 1:2, oder 1:3. Es ist sehr wichtig, zu bemerken, dass sich kein einfaches und bestimmtes Verhältniss zwischen den Elementen einer ersten Verbindung zeigt, wenn man auf die Gewichte sieht; nur wenn eine zweite Verbindung zwischen denselben Elementen vor sich geht, ist in der neuen Proportion das Hinzugefügte nach einem Vielfachen der erstern vorhanden. Dagegen vereinigen sich die Gasarten immer nach solchen Verhältnissen, dass wenn man die Elemente der Zusammensetzung nach dem Volumen nimmt, das eine Element ein Vielfaches des andern ist.

Die Gasarten verbinden sich nicht bloss mit einander nach sehr einfachen Verhältnissen, sondern auch die *scheinbare Raumverminderung*, die sie im Vereinigen erleiden, steht immer in sehr einfachem Verhältnisse zu dem Volumen derselben.

Ich habe angeführt, dass nach Hrn. *Berthollet* 100 M. gasförmiges Kohlenstoffoxyd, die aus Zinkoxyd und stark calcinirter Kohle entbunden worden, sich mit 50 M. Sauerstoffgas verbinden und 100 Maass [219] kohlensaures Gas geben. Beide Gasarten ziehen sich also im Vereinigen um einen Raum

*) Bei dem Gewichtsverhältniss für das oxygenirte salzsaure Gas ist die Salzsäure als wasserfrei angenommen, während sie beim Gewichtsverhältniss als mit dem Viertel ihres Gewichts Wasser verbunden angenommen wird, welches, wie seit der Vorlegung dieses Aufsatzes von Hrn. *Thénard* und mir bewiesen worden ist, für ihren Gaszustand absolut nöthig ist. Da aber das einfache Verhältniss von 300 Säure auf 100 Sauerstoff nicht zufällig sein kann, so müsste man schliessen, dass das Wasser, wenn es sich mit trockener Salzsäure zu gewöhnlicher Salzsäure verbindet, dessen specifisches Gewicht nicht merklich ändert. Man wird zu dem gleichen Schlusse durch die Betrachtung geführt, dass das specifische Gewicht der oxygenirten Salzsäure, welche nach meinen Versuchen kein Wasser enthält, genau dasselbe ist, welches man durch Addition der Dichte des Sauerstoffs zu der dreifachen Dichte der Salzsäure und Halbierung der Summe findet. Auch haben Hr. *Thénard* und ich bewiesen, dass das oxygenirt-salzsaure Gas genau die Hälfte seines Volums Sauerstoff enthält, und daher ein dem seinen gleiches Volum Wasserstoff zerstören kann.

zusammen, der gerade so gross ist, als der, den das hinzugefügte Sauerstoffgas einnahm. Folglich ist die Dichtigkeit des kohlsauren Gas der des gasförmigen Kohlenstoffoxyds vermehrt um die Hälfte der Dichtigkeit des Sauerstoffgas gleich; oder es ist umgekehrt die Dichtigkeit des gasförmigen Kohlenstoffoxyds gleich der des kohlsauren Gas weniger der Hälfte der Dichtigkeit des Sauerstoffgas. Daher ergibt sich, wenn man die Dichte der Luft zur Einheit nimmt, die des Kohlenstoffoxydgases zu 0,9678; *Cruikshank* hatte sie durch Versuche 0,9569 gefunden. Nun ist bekannt, dass Sauerstoffgas ein gleiches Volumen kohlsaures Gas erzeugt, wenn es sich in dieses Gas verwandelt. Folglich muss Sauerstoffgas, wenn es mit Kohle gasförmiges Kohlenstoffoxyd bildet, sein Volumen verdoppeln; und dasselbe findet mit kohlsaurem Gas Statt, welches beim Durchtreiben durch glühende Kohle in diese Gasart verwandelt wird. Danach findet man für das kohlsaure Gas die Zusammensetzung

27,38 Kohlenstoff
72,62 Sauerstoff

[220] und für das gasförmige Kohlenstoffoxyd

42,99 Kohlenstoff
57,01 Sauerstoff.

Aehnliche Schlüsse auf den *Schwefel* übertragen machen es wahrscheinlich, dass eine solche Menge Schwefel als 100 Theile Sauerstoff in sich aufnimmt, um zur schwefligen Säure zu werden, mit sich 150 Theile Sauerstoff vereinigt, wenn sie zur Schwefelsäure wird. Nun enthält nach den Analysen der Herren *Klaproth*, *Bucholz* und *Richter* die Schwefelsäure auf 100 Gewichtstheile Schwefel 138 Gewichtstheile Sauerstoff. Sie besteht aber auch, wie wir gesehen haben, aus einem doppelt so grossen Volumen schwefligsaurem Gas als Sauerstoffgas, und ihr Gewicht müsste daher dem von 2 Theilen schwefliger Säure und von 1 Theile Sauerstoffgas gleich seyn, das ist $= 2.2,265 + 1,10359 = 5,63359$; da nämlich das specifische Gewicht des schwefligsauren Gas nach *Kirwan* 2,265 ist, wenn das der atmosphärischen Luft 1 gesetzt wird. Von diesem Gewichte müsste das Gewicht des in der Schwefelsäure enthaltenen Sauerstoffs $\frac{138}{238}$ betragen, also 3,26653; und wenn man davon das Gewicht des einfachen Volumens Sauerstoffgas mit 1,10359 abzieht, so bleibt für

das Gewicht des Sauerstoffs, der in dem doppelten Volumen schwefligsauren Gas enthalten ist, 2,16294 übrig, und folglich würde das Gewicht des Sauerstoffs, der in dem einfachen Volumen schwefligsauren Gas enthalten ist, 1,08147 betragen. [221] Dieses Gewicht ist nur um zwei Hundertel von 1,10359 (dem Gewichte des einfachen Volumens Sauerstoffgas, wie es die Versuche geben) verschieden, und man sieht also hieraus, dass das Sauerstoffgas, wenn es sich mit dem Schwefel zu schwefligsaurem Gas verbindet, nur eine Raumvermindung von $\frac{1}{50}$ erleidet. Wären die Data, welche bei dieser Rechnung zum Grunde liegen, genauer, so würde sich wahrscheinlich finden, dass das Volumen des Sauerstoffgas hierbei ganz unverändert bleibt. Nehmen wir dieses letztere an, und zugleich die *Kirwan'sche* Bestimmung des specifischen Gewichts des schwefligsauren Gas, so findet sich, dass das *schwefligsaure Gas* auf 100 Gewichtstheile Schwefel 95,02 Gewichtstheile Sauerstoff enthält. Gehen wir dagegen von der wahrscheinlicheren Annahme aus, dass 100 Maass schwefligsaures Gas 100 Maass Sauerstoffgas in sich enthalten, und dass man ihnen noch 50 Maass Sauerstoffgas hinzufügen muss, um sie in Schwefelsäure zu verwandeln, so muss schwefligsaures Gas auf 100 Theile Schwefel 92 Theile Sauerstoffgas enthalten, und das specifische Gewicht dieses Gas muss [222] seyn 2,30314, indess es *Kirwan* durch directe Versuche 2,2650 gefunden hat*).

Der *Phosphor* steht in der allernächsten Beziehung mit dem Schwefel, da beide fast dasselbe specifische Gewicht haben.

*) Um diese Unterschiede zum Verschwinden zu bringen, würde es neuer Versuche bedürfen über die Dichte der schwefligen Säure, sowie über die unmittelbare Verbindung des Schwefels mit dem Sauerstoff, um zu sehen, ob dabei eine Zusammenziehung eintritt, und über die Verbindung des schwefligsauren Gases mit Ammoniak. Thatsächlich habe ich beim Erhitzen von Zinnober in Sauerstoffgas gefunden, dass 100 Theile desselben nur 93 Theile schwefligsaures Gas hervorbringen. Auch erschien es mir, als sei zur Bildung eines neutralen Salzes weniger schwefligsaures Gas, als Ammoniak erforderlich. Da aber die Versuche nicht unter passenden Umständen ausgeführt sind, namentlich der letztere, welcher sich nicht ohne Wasser ausführen lässt, indem das schwefligsaure Gas sofort zersetzt wird und Schwefel fallen lässt, wenn es mit Ammoniakgas vermischt wird, so beabsichtige ich, bevor ich Schlüsse daraus ziehe, die Versuche zu wiederholen, unter genauer Bestimmung aller Einzelheiten. Es ist dies um so nöthiger, als man sich des schwefligsauren Gases, dessen Verhältnisse genau bekannt sind, zur Analyse des Schwefelwasserstoffgases wird bedienen können.

Folglich würde auch der Phosphor, um zur phosphorigen Säure zu werden, noch einmahl so viel Sauerstoff in sich aufnehmen müssen, als diese bedarf, um sich in Phosphorsäure zu [223] verwandeln⁵⁾. Da nun letztere nach *Rose* auf 100 Theile Phosphor 114 Theile Sauerstoff enthält, so muss die *phosphorige Säure* aus 100 Gewichtstheilen Phosphor und 76 Gewichtstheilen Sauerstoff bestehen.

Wir haben gesehen, dass 100 Maass Stickgas sich genau mit 50 Maass Sauerstoffgas verbinden, wenn *oxygenirtes Stickgas*, und genau mit 100 Maass Sauerstoffgas, wenn *Salpetergas* entsteht. In dem ersten Falle scheint die Zusammenziehung ein klein wenig grösser als das Volumen des hinzugetretenen Sauerstoffgas zu seyn; denn das nach dieser Hypothese berechnete specifische Gewicht des oxygenirten Stickgas müsste seyn 1,52092, und Hr. *Davy* hat dasselbe 1,61414 gefunden. Es lässt sich indess aus den Versuchen des Hrn. *Davy* leicht zeigen, dass auch in diesem Falle die scheinbare Zusammenziehung genau dem ganzen Volumen des hinzugetretenen Sauerstoffgas gleich ist. Denn als er zu 100 Maass Wasserstoffgas 97,5 M. oxygenirtes Stickgas setzte und einen elektrischen Funken hindurch schlagen liess, wurde alles Wasserstoffgas verschluckt, und es blieben 102 Maass Stickgas übrig. Etwas von diesem Stickgas war unstreitig dem Wasserstoffgas, wie fast immer, beigemischt, auch [224] kann sich unter dem Rückstande etwas nicht verbranntes Wasserstoffgas befunden haben. Der wahre Rückstand des Stickgas scheint folglich dem hinzugesetzten oxygenirten Stickgas an Volumen sehr nahe gleich gewesen zu seyn. Mengt man eben so 100 Maass Phosphor-Wasserstoffgas mit 250 Maass oxygenirtem Stickgas, und lässt einen elektrischen Funken hindurch schlagen, so bildet sich Wasser und Phosphorsäure, und es bleiben genau 250 Maass Stickgas übrig; wiederum ein offener Beweis, dass die Elemente des oxygenirten Stickgas sich um einen Raum zusammenziehen, der genau dem Raume des Sauerstoffgas gleich ist, welches in die Verbindung mit eingeht. Und danach muss das specifische Gewicht des oxygenirten Stickgas seyn 1,52092.

In dem *Salpetergas* scheint dagegen gar keine Zusammenziehung der Elemente vor sich zu gehen. Denn berechnet man das specifische Gewicht, welches es haben muss, wenn es eine Verbindung aus gleichen Theilen Sauerstoffgas und Stickgas ist (wie ich das dargethan habe), unter der Voraus-

setzung, dass beide Gasarten, indem sie sich verbinden, keine Raumverminderung erleiden, so findet man es 1,036; directe Versuche gaben aber das specifische Gewicht des Salpetergas 1,038.

Saussure hat gefunden, dass das specifische Gewicht des *Wasserdampfs* sich zu dem specifischen Gewichte der atmosphärischen Luft wie 10:14 verhält. Gesetzt, es sey, wenn 100 Maass Sauerstoffgas sich mit 200 Maass Wasserstoffgas zu Wasser verbinden, die ganze Raumverminderung dem Raume des Sauerstoffgas gleich, so würde jenes Verhältniss das [225] von 10:16 seyn. Mit dieser bedeutenden Verschiedenheit und der Autorität eines so ausgezeichneten Physikers, als *Saussure*, scheint jene Voraussetzung nicht bestehen zu können; dennoch erhält sie durch folgende Umstände viel Wahrscheinlichkeit. Sie hat erstens eine sehr starke Analogie vor sich. Zweitens hat Hr. *Tralles* durch directe Versuche gefunden, dass die Dichtigkeit des Wasserdampfs zu der der atmosphärischen Luft in dem Verhältnisse von 10:14,5 statt 10:14 steht. Drittens ist zwar der Raum noch nicht genau bekannt, den Wasser bei dem Uebergange in den elastisch-flüssigen Zustand einnimmt, doch weiss man aus den Versuchen des Hrn. *Watt*, dass aus 1 Cubikzoll Wasser ungefähr 1 Cubikfuss Wasserdampf wird, Wasser bei der Verwandlung in Dampf also den 1728fachen Raum einnimmt. Nach der *Saussure'schen* Bestimmung des Verhältnisses der Dichtigkeit des Wasserdampfs zu der der Luft 10:14, würde dieser nur den 1488fachen Raum des Wassers einnehmen; dagegen den 1700,6fachen Raum, wenn dieses Verhältniss 10:16 ist. Berechnet man endlich aus der Dichtigkeit des Wasserdampfs die strahlenbrechende Kraft, welche ihm zukommen muss, so giebt das Verhältniss 10:14 sie gegen die Erfahrung etwas zu gross, das Verhältniss 10:16 dagegen der Erfahrung weit näher kommend. Diese Gründe [226] machen es sehr wahrscheinlich, dass 10:16 das wahre Verhältniss der Dichtigkeiten zwischen Wasserdampf und Luft ist.

Das *Ammoniakgas* besteht dem Volumen nach aus 3 Theilen Wasserstoffgas und 1 Theile Stickgas, und die Dichtigkeit desselben, verglichen mit der der atmosphärischen Luft, ist 0,596. Gesetzt, die Zusammenziehung beider Elemente im Augenblicke der Verbindung sey der halben Summe der Volumen der beiden Gasarten, oder vielmehr dem Doppelten des Volumens des Stickgas gleich, so müsste die Dichtigkeit des

Ammoniakgas seyn 0,594. Dieses fast vollkommene Zusammenstimmen beweiset, dass in der That die Zusammenziehung der Elemente des Ammoniakgas genau so gross ist, als das doppelte Volumen des Stickgas, welches in die Verbindung eingeht.

Ich habe weiter oben dargethan, dass das *oxygenirt-salzsäure Gas* dem Volumen nach aus 300 Theilen salzsaurem Gas und 100 Theilen Sauerstoffgas besteht⁶⁾. Wiederum angenommen, dass beide gasförmige Elemente im Vereinigen sich um die Hälfte ihres ganzen Volumens zusammenziehen, so giebt die Rechnung die Dichtigkeit dieses Gas 2,468; die Erfahrung giebt sie 2,470. Ich habe mich auch durch mehrere Versuche vergewissert, dass die Elemente des oxygenirt-salzsäuren Gas in einem solchen Verhältnisse zu einander stehen, dass dieses Gas mit den Metallen neutrale Salze bildet. Lässt man z. B. oxygenirt-salzsäures Gas über Kupfer fortsteigen, so entsteht grünes salzsaures Kupfer, das ein wenig überschüssig sauer ist, und zugleich schlägt sich ein wenig Kupferoxyd nieder, denn dieses salzsaure Kupfer kann nie [227] vollkommen neutral erhalten werden. Aus jenem Verhalten folgt, dass in allen *salzsauren Verbindungen* die Salzsäure und der Sauerstoff in solchem Verhältnisse vorhanden sind, dass, wenn beide die Gasgestalt annähmen, das Volumen der Salzsäure drei Mal so gross als das des Sauerstoffs seyn würde, gerade so, wie das in dem oxygenirt-salzsäuren Gas der Fall seyn würde. Dasselbe gilt von den *kohlensäuren* und den *flusssäuren Salzen*, deren Säuren bei gleichem Volumen in Gasgestalt dieselbe Sättigungs-Capacität als die Salzsäure haben.

Man sieht aus diesen verschiedenen Beispielen, dass die Zusammenziehung, welche zwei Gasarten erleiden, indem sie sich verbinden, beinahe genau in dem Verhältnisse ihrer Voluminum, oder vielmehr des Volumens einer derselben steht. Die unter dieser Voraussetzung berechneten Dichtigkeiten der Verbindungen weichen nur sehr wenig von den Dichtigkeiten ab, welche die Erfahrung giebt, und es ist wahrscheinlich, dass diese Abweichungen völlig verschwinden würden, wenn die dahin gehörigen Versuche mit mehr Genauigkeit wiederholt würden.

Wenn man an das allgemeine Gesetz der chemischen Verwandtschaft denkt, dass bei jeder chemischen Verbindung die Elementar-Theile einer zum andern in eine grössere Nähe

treten, so wird es schwer, zu begreifen, wie das *gasförmige Kohlenstoffoxyd* leichter als Sauerstoffgas seyn kann. Hauptsächlich hierauf stützt Hr. *Berthollet* seinen Beweis für die Gegenwart von Wasserstoff in diesem Gas, durch die er die geringe Dichtigkeit desselben zu erklären sucht. Wie es mir scheint, rührt indess jene Schwierigkeit daher, dass man annimmt, die [228] Annäherung der Elementar-Theilchen in Gasarten, welche sich mit einander verbinden, äussere sich durch Raumverminderung der beiden Gasarten. Diese Annahme ist nicht immer richtig, und es lassen sich mehrere Verbindungen von Gasarten nachweisen, bei denen die Bestandtheile eine grosse Annäherung erleiden, ohne dass die geringste Raumverminderung erfolgt, oder bei denen selbst eine Erweiterung des Raumes Statt findet. Dahin gehört das *Salpetergas*, in sofern man es als direct aus Stickgas und Sauerstoffgas oder aus oxygenirtem Stickgas und Sauerstoffgas entstanden denkt. In dem ersten Falle würde keine Raumverminderung, in dem zweiten selbst eine Raumerweiterung Statt finden, indem aus 100 Maass oxygenirtem Stickgas und 50 Maass Sauerstoffgas 200 Maass Salpetergas entstehen müssten. Man weiss ferner, dass das *kohlensaure Gas* genau ein gleiches Volumen Sauerstoffgas in sich schliesst, und dass die Verwandtschaft der Bestandtheile desselben sehr gross ist; wollte man aber annehmen, dass die Verdichtung der Bestandtheile in unmittelbarem Verhältnisse der Raumverminderung stehe, so würde man jene, gegen die Erfahrung, für null nehmen müssen. Könnte der Kohlenstoff die Gasgestalt annehmen, so würde er sich in solcher Gestalt nach einem einfachen Verhältnisse, z. B. nach gleichen Volumen, mit dem Sauerstoffgas verbinden, und dann würde also die sichtbare Raumverminderung [229] dem ganzen Volumen des Kohlenstoffs in Gasgestalt gleich seyn. Dieses lässt sich auch auf das *gasförmige Kohlenstoffoxyd* übertragen, wenn man annimmt, dass 100 Maass desselben, z. B. aus 100 Maass Kohle in Gasgestalt und aus 50 Maass Sauerstoffgas gebildet werden würden. Was es indess auch für eine Bewandniss mit dieser Annahme habe (die nur dienen soll, begreiflich zu machen, dass Sauerstoffgas mit einem festen Körper eine Verbindung hervorbringen kann, welche specifisch leichter als es selbst ist), — so muss man es doch immer als eine auf eine grosse Menge von Beobachtungen gegründete Wahrheit zugeben, dass die Verdichtung, welche die kleinsten Theilchen zweier Körper, besonders zweier Gasarten, erleiden,

indem sie sich mit einander chemisch verbinden, in keinem unmittelbaren Verhältnisse zu der Raumverminderung steht, welche sich dabei zeigt. Denn wenn die eine sehr gross ist, ist die andere oft sehr klein oder selbst gar nicht vorhanden.

Die Bemerkung, dass die brennbaren Gasarten sich mit dem Sauerstoffgas in den einfachen Verhältnissen 1:1, oder 1:2, oder $1:\frac{1}{2}$ verbinden, kann uns ein Mittel an die Hand geben, die *Dichtigkeit der Dämpfe der brennbaren Körper* zu bestimmen, oder wenigstens dieser Bestimmung uns sehr zu nähern. Denken wir uns alle brennbaren Körper in der Gasgestalt, so würde von jedem ein bestimmtes Volumen ein [230] gleiches, oder das doppelte, oder das halbe Volumen Sauerstoffgas verschlucken. Nun aber kennen wir die Verhältnisse, in welchen der Sauerstoff sich mit den brennbaren Körpern, die sich im festen oder flüssigen Zustande befinden, vereinigt; wir brauchen also nur das Volumen des Sauerstoffs in Gasgestalt zu berechnen, und den Dampf des brennbaren Körpers entweder diesem Volumen selbst, oder dem Doppelten, oder der Hälfte desselben gleich zu setzen. Das Quecksilber ist so z. B. zweier Grade der Oxydirung fähig, und der erste lässt sich mit oxygenirtem Stickgas vergleichen, wovon 100 Maass in sich enthalten 50 Maass Sauerstoffgas und 100 Maass Stickgas. Nun sind in diesem Oxyde ersten Grades nach den Herren *Fourcroy* und *Thénard* 100 Gewichtstheile Quecksilber mit 4,16 Gewichtstheilen Sauerstoff verbunden, und diese letzteren würden in Gas verwandelt einen Raum einnehmen, der sich durch 8,20 ausdrücken lässt. Die 100 Gewichtstheile Quecksilber müssten also, in Dampf verwandelt, den doppelten Raum, das ist von 16,40 einnehmen, woraus folgt, dass die Dichtigkeit des Quecksilberdampfs $\frac{1}{2} \cdot \frac{100}{4,16}$, das ist, 12,01 Mal grösser als die des Sauerstoffgas ist, und dass das Quecksilber beim Uebergehen aus dem tropfbaren in den elastisch-flüssigen Zustand einen 961 Mal grössern Raum als zuvor einnimmt. Ich verweile mich bei diesen Bestimmungen nicht, da sie sich nur auf Analogieen gründen, und es sehr leicht ist, sie zu vermehren.

Die Versuche, welche ich in dieser Abhandlung bekannt gemacht habe, führen mich bei dem Beschlusse derselben nun noch auf die Frage: [231] *ob die chemischen Verbindungen nach beständigen oder nach veränderlichen Verhältnissen erfolgen?*

Nach Hrn. *Dalton's* sinnreicher Idee, dass die Verbindungen Atom für Atom vor sich gehen, würden die verschiedenen Verbindungen, welche zwei Körper mit einander eingehen können, dadurch begründet werden, dass jeder kleinste Theil des Einen sich entweder mit einem, oder mit zwei, oder mit einer grössern Zahl kleinster Theilchen des andern, aber immer ohne Zwischenmittel vereinigt. Die Herren *Thomson* und *Wollaston* haben Versuche angestellt, welche diese Theorie in der That zu bestätigen scheinen. Der erste fand, dass das überschüssig-saure-sauerkleesaure Kali noch ein Mal so viel Säure enthält, als nöthig ist, das Kali zu neutralisiren; und der zweite, dass in dem nicht-gesättigten kohlelsauren Kali noch ein Mal so viel Alkali vorhanden ist, als zum Neutralisiren der Säure erfordert wird.

Die zahlreichen Resultate der Versuche, die ich im gegenwärtigen Aufsätze bekannt gemacht habe, sind dieser Meinung ebenfalls sehr günstig. Dagegen führt Herr *Berthollet* als Beweise der Meinung, dass die Verbindungen auf eine stetige Art in einander übergehen, die überschüssigsauren schwefelsauren Salze, das Glas, die Metalllegirungen und die Mischungen verschiedener Flüssigkeiten an. Alle diese Verbindungen sind in ihren Verhältnissen sehr variabel. Vorzüglich beruft er sich auf die Einerleiheit der Kraft, welche [232] die chemischen Verbindungen und die Auflösungen bewirkt.

Beide Meinungen haben also eine grosse Menge That-sachen für sich. So widersprechend sie einander zu seyn scheinen, so ist es in der That doch leicht, sie mit einander zu vereinigen. Man muss allerdings mit Hrn. *Berthollet* annehmen, dass die chemische Kraft zwischen den kleinsten Theilchen der Körper auf eine stetige Art ins Unbestimmte wirkt, so viel der Theilchen auch seyn, und in welcher Beziehung sie auch stehen mögen, und dass also im Allgemeinen Verbindungen nach sehr veränderlichen Verhältnissen erhalten werden können. Man muss aber auch zugleich annehmen, dass nicht bloss die Unauflöslichkeit, die Cohäsion und die Elasticität dahin wirken, Verbindungen nach festen Verhältnissen hervorzubringen, sondern dass auch die chemische Kraft mächtiger wirkt, wenn die Elemente sich mit einander nach einfachen Verhältnissen, das heisst, eins zu eins, oder so vereinigen, dass die Zahl der einen ein Vielfaches der Zahl der andern ist, und dass sie alsdann Verbindungen hervorbringt, welche sich leichter trennen. Auf diese Art lassen sich beide

Meinungen mit einander ausgleichen, und lässt sich das grosse chemische Gesetz aufrecht erhalten: dass so oft zwei Körper einer in die Wirkungssphäre des andern tritt, beide nach ihrer Masse auf einander wirken, und im Allgemeinen Verbindungen nach [233] sehr variablen Verhältnissen hervorbringen, wofern nicht diese Verhältnisse durch besondere Umstände bestimmt werden.

B e s c h l u s s .

Ich habe in dieser Abhandlung gezeigt, dass die Verbindungen gasförmiger Körper mit einander stets nach den allereinfachsten Verhältnissen vor sich gehen, so dass sich mit dem einfachen Volumen des einen immer entweder dasselbe, oder das doppelte, oder höchstens das dreifache Volumen des andern gasförmigen Körpers vereinigt. Solche einfache Verhältnisse finden sich bei den festen und den tropfbaren Körpern nicht; eben so wenig, wenn man auf das Gewichtsverhältniss der Bestandtheile sieht. Und dieses ist ein Beweis mehr, dass die Körper sich in der That nur in dem Gaszustande unter ganz gleichen Umständen befinden, und dass sie daher nur in diesem Zustande nach einfachen und festen Gesetzen wirken können.

Wir haben ferner gesehen, dass das Ammoniakgas genau ein dem seinigen gleiches Volumen der gasförmigen Säuren neutralisirt, und dass es daher nicht unwahrscheinlich ist, dass, gesetzt alle Säuren und Alkalien könnten den elastisch-flüssigen Zustand annehmen, stets Säure und Alkali in diesem Zustande mit einander Verbindungen nach gleichen Voluminibus eingehen würde, so oft neutrale Salze entstünden. Die Sättigungs-Capacitäten der Säuren würden also für alle Alkalien dieselben seyn, und so umgekehrt, sofern man die Sättigungs-Capacitäten nach den sich vereinigenden Voluminibus mässe; und dieses würde vielleicht die wahre Art [234] seyn, sie zu schätzen⁷⁾.

Die sichtbare Zusammenziehung, welche Gasarten erleiden, indem sie sich mit einander verbinden, steht ebenfalls mit dem Volumen einer derselben in einfachem Verhältnisse, und auch diese Eigenschaft kommt allein den Körpern in der Gasgestalt zu.

Die beiden folgenden Tabellen sind theils an sich klar, theils finden sie ihr Verständniss in dem Vorhergehenden, und bedürfen daher weiter keiner Erläuterung.

[252] Dichtigkeit der einfachen und zusammengesetzten gasförmigen Körper.

	Durch Erfahrung bestimmt und von wem	Berechnet aus d. einfachen Volum.-Verhältnisse der gasförm. Bestandtheile, u. unter der Voraussetzung, dass d. Zusammenziehung der gasförm. Elemente		
Atmosphärische Luft	1,00000	gleich sey		
Sauerstoffgas	1,10359	Biot u. Arago.		
Stickgas	0,96913			
Wasserstoffg.	0,07321			
Kohlensaures Gas	1,5196			
Ammoniakgas	0,59669	0,59438	$\frac{1}{2}$ d. ganzen Volumens.	
Salzsaures Gas	1,278	Biot u. Gay-Lussac.		
Oxygenirtes Stickgas	1,61414	Davy.	1,52092 dem Vol. d. Sauerst. G.	
Stickgas	1,36293	Berthollet.		
Salpetergas	1,0388	Bérard.	1,03636	$\frac{1}{2}$ d. ganzen Volumens.
Schwefligsaur. Gas	2,265	Kirwan.		
Gasförmiges Kohlenstoff-Oxyd	0,9569	Cruiksh.	0,96782	angenommen, es seyen 100 M. = 100 M. Kohlensaures Gas — 50 M. Sauerstoffgas.
Wasserdampf	0,6896	Tralles.	0,625	dem Volumen des Sauerstoffgas.
Oxygenirt-salzsäures Gas	2,470	Thénard u. Gay-Lussac.	2,468	$\frac{1}{2}$ d. ganzen Volumens.

[253] Mischungsverhältnisse mehrerer Verbindungen, deren Bestandtheile gasförmig sind.

	Dem Volumen nach Maasse.	Dem Gewichte nach Gewichtstheile in 100.
Salzs. Ammoniak	100	38,35
Kohlensaures Ammoniak	100	61,65 Salzs.
neutrales ungesättigtes	100	28,19
Bora- u. flusssaures Ammoniak	100	43,98
neutrales ungesättigtes	100	71,81 Koh-
		56,02 lens.

Ammoniak-Gas.

	Dem Volumen nach		Dem Gewichte nach	
	Maasse.	Maasse.	Gewichtstheile in 100.	
Wasser	100 Wasserstoffg.	50	13,267 Wasserst.	86,733
Oxygen. Stickgas	100	50	63,72	36,28
Salpetergas	100	100	46,757	53,243
Salpetersäure	100	200	30,512	69,488
Salpetersäure	200	100	30,512	69,488
Salpetrigsaures Gas	300	100	34,507	65,493
Ammoniak	100 Stickg.	300	81,525	18,475 Wasserst.
Schwefelsäure	100 schwefl. s. G.	50	42,016	57,984
Schweflige Säure	—	—	52,083	47,917
Oxygenirte Salzsäure	300 salzs. G.	100	77,65 Salzs.	22,35
Kohlensaures Gas	100 gasf. Kst. Ox.	50	72,376 Kohlenst.	72,624
100 Maass	—	50	42,99	57,01
Gasf. Kohlst. Oxyd	—	50		
100 Maass	—	50		

ändern.

nach
n 100.

3
3
3
3
3
Sauerstoff.

5 Was-
serst.

Sauerstoff.

Anmerkungen.

In vorliegendem Bändchen finden sich die Abhandlungen zusammengestellt, in welchen die Entdeckung, dass die Gase sich nach einfachen rationalen Volumverhältnissen verbinden und umsetzen, der wissenschaftlichen Welt mitgetheilt worden ist. Es sind deren zwei. Die erste, von *Alex. von Humboldt* und *J. F. Gay-Lussac* den 21. Jan. 1805 dem Institut vorgelegte, und hernach im *Journal de Physique*, 60, 129—158 »an XIII« veröffentlichte Abhandlung führt den Titel: *Expériences sur les moyens eudiométriques et sur la proportion des principes constituants de l'atmosphère* und hat eine zunächst technische Untersuchung der Hilfsmittel zum Zwecke, durch welche der Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft bestimmt werden kann. In dieser an werthvollen Beobachtungen reichen Arbeit wurde festgestellt, dass das Verhältniss, nach welchem Sauerstoff und Wasserstoff sich verbinden, völlig constant und unabhängig vom Ueberschuss des einen wie des anderen ist, und zwar bis zu den Grenzen, innerhalb deren überhaupt völlige Verbrennung stattfindet. Die von *Volta* angegebene eudiometrische Methode der Verpuffung der Luft mit überschüssigem Wasserstoff ergab sich darnach als prinzipiell gut, und einer hohen Genauigkeit fähig.

Bei der Bestimmung des Zahlenwerthes des fraglichen Verhältnisses fanden *Humboldt* und *Gay-Lussac* es mit der runden Zahl 1:2 innerhalb der Versuchsfehler übereinstimmend, nämlich 1:1,9989. Dies Ergebniss entspricht sehr nahe der Wahrheit, denn die neueren, überaus sorgfältigen Versuche von *E. W. Morley* (*Amer. Journ. of Sc.* [3] 41, 220. 1891) stellen das Verhältniss auf 1:2,002 fest.

Von der Abhandlung ist nur der Theil hier wiedergegeben, die anderen Theile, die Anwendung der Schwefel-

alkalien zur Eudiometrie, die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft unter verschiedenen Umständen (S. 129—134 und 152—157 des Originals) sind, als mit dem Zwecke des vorliegenden Abdruckes in keiner unmittelbaren Beziehung stehend, fortgelassen worden.

Die zweite der hier abgedruckten Abhandlungen ist von *Gay-Lussac* allein verfasst und unter dem Titel *Mémoire sur la combinaison des substances gazeuses, les unes avec les autres* in den *Mémoires de physique et de chimie de la société d'Arcueil*, t. II, p. 206—234 und 252—253, 1809 veröffentlicht worden, nachdem sie der *Société Philomatique* am 31. Dec. 1808 vorgelegt worden war. In Verfolgung des beim Sauerstoff und Wasserstoff erhaltenen Ergebnisses prüfte *Gay-Lussac* weiter die Volumverhältnisse gasförmiger Verbindungen und gelangte so zu der Entdeckung des Gesetzes, dass in allen Fällen chemischer Vorgänge zwischen Gasen die Volume vor und nach dem Vorgang in einfachen Verhältnissen stehen.

Diese Entdeckung hat einen ungemein grossen Einfluss auf die Entwicklung der Chemie ausgeübt. Indem sie fast gleichzeitig mit der des Gesetzes der multiplen Proportionen von *Dalton* und *Wollaston* (vgl. *Classiker*, Nr. 3) an die Oeffentlichkeit gelangte, bildete sie im Verein mit den etwas späteren Arbeiten von *Berzelius* (*Classiker* Nr. 35) die Grundlagen für die Theorie der chemischen Verbindungen, welche wir gegenwärtig besitzen.

Die unmittelbaren Versuche zum Nachweis des fraglichen Gesetzes, welche *Gay-Lussac* mittheilt, sind nicht eben zahlreich; sie beschränken sich auf die Reaktionen des Ammoniaks auf Borfluorid, Kohlendioxyd und Chlorwasserstoff. Indessen erkannte *Gay-Lussac* alsbald, dass jede Bestimmung einer Gasdichte sich zu einer Prüfung seines Gesetzes verwerthen lässt, wenn die Dichten der anderen in Betracht kommenden Gase, oder die Verbindungsgewichte der in Betracht kommenden nicht-gasförmigen Stoffe bekannt sind, und hat dieses Prüfungsmittel ausgiebig verwerthet. In diesem Verfahren, die Consequenzen der unmittelbaren Beobachtung möglichst weit zu verfolgen, liegt ein grosser vorbildlicher Werth der Abhandlung.

Was den deutschen Text der Ausgabe anlangt, so ist ihm wesentlich die Uebersetzung zu Grunde gelegt, welche *Gilbert* in seinen *Annalen der Physik* (20, 38—80, 1805 und 36, 6—36, 1810) von beiden Arbeiten gegeben hat; doch

ist der Text nochmals mit dem Original verglichen und wo nöthig geändert und ergänzt worden. Die in eckigen Klammern beigefügten Seitenzahlen beziehen sich auf die *Originalabhandlungen* im Journ. de Physique, resp. den Mém. d'Arcueil.

1) *Zu S. 23.* Die Vorgänge zwischen Ammoniak und Kohlendioxyd und Borfluorid sind weit verwickelter, als *Gay-Lussac* annahm, der sie für einfache Salzbildungen hielt. Im ersten Falle entsteht, wie bekannt, carbaminsaures Ammon, $\text{CO}_2 + 2\text{NH}_3 = \text{NH}_4 \cdot \text{O} \cdot \text{CONH}_2$. Was sich bei der Wechselwirkung von Fluorbor mit Ammoniak bildet, harrt noch genauerer Untersuchung, da seit den alten Versuchen von *J. Davy* (Phil. Trans. 1812, 368) sich Niemand mit der Frage beschäftigt zu haben scheint.

2) *Zu S. 24, Anmerkung.* Die Vorstellung, dass Chlorwasserstoffgas Wasser enthalte, welches sich durch keine Trockenmittel entfernen lasse, ist durch die von *Lavoisier* herrührende irrthümliche Annahme entstanden, dass die Salze Verbindungen von Oxyden mit Säuren seien. Da bei der Einwirkung des Chlorwasserstoffs z. B. auf Bleioxyd Wasser entsteht, so nahm man an, dass dieses Wasser in der Salzsäure vorhanden gewesen sein müsse, da seine Bildung auf Kosten des Sauerstoffs im Bleioxyd nach jener Voraussetzung nicht angenommen werden konnte.

3) *Zu S. 25 und 26.* Oxygenirtes Stickgas ist Stickstoffoxydul, N^2O ; Salpetergas ist Stickoxyd, NO . Die »verbrennliche Substanz aus Kali« ist Kalium.

4) *Zu S. 26.* Oxygenirte Salzsäure ist Chlor. Die in der Anmerkung 2 erwähnte irrthümliche Voraussetzung bedingt, da z. B. »salzsaures Bleioxyd« aus metallischem Blei und Chlor ohne Wasser entsteht, die Annahme, dass im Chlor nicht nur der Sauerstoff enthalten ist, welchen das Blei zur Bildung von Bleioxyd braucht, sondern auch noch derjenige, welchen jede Säure nach *Lavoisier* nothwendig enthalten musste.

5) *Zu S. 30.* Der Analogieschluss vom Schwefel auf den Phosphor ist irrthümlich; die Sauerstoffverhältnisse in der phosphorigen und Phosphorsäure (oder vielmehr in ihren Anhydriden) sind 3 : 5 statt 1 : 2.

6) Zu S. 32. Vgl. Anmerkung 4.

7) Zu S. 36. Diese Vermuthung hat sich nicht bestätigt. Vielmehr haben gerade die Volumverhältnisse gasförmiger Verbindungen dazu geführt, neben dem Aequivalenzbegriff, welcher zum vollständigen Ausdruck der Thatsachen nicht zureicht, den Molekularbegriff, als ein weiteres und ausgiebigeres Mittel zur Zusammenfassung der thatsächlichen Verhältnisse, zu schaffen.

Leipzig, April 1893.

W. Ostwald.

- Nr. 25. **Galileo Galilei**, Unterredungen u. mathem. Demonstrationen etc. (1638.) Anhang zum 3. u. 4. Tag, 5. u. 6. Tag, mit 23 Fig. im Text. Aus d. Italien. u. Latein. übers. u. herausg. von A. von Oettingen. Mit Inhaltsverz. zum 3.—6. Tag. *M* 1.20.
- » 26. **Justus Liebig**, Abhandlung über die Constitution der organischen Säuren. (1838.) Herausg. von Herm. Kopp. *M* 1.40.
- » 27. **Robert Bunsen**, Untersuchungen über die Kakodylreihe. (1837—1843.) Herausg. von A. v. Baeyer. Mit 3 Fig. im Text. *M* 1.80.
- » 28. **L. Pasteur**, Üb. d. Asymmetrie bei natürlich vorkommenden organ. Verbindungen. (1860.) Übers. u. herausg. von M. u. A. Ladenburg. *M* —.60.
- » 29. **L. Wilhelmy**, Üb. d. Gesetz, nach welchem d. Einwirkg. d. Säuren auf d. Rohrzucker stattfindet. (1850.) Herausg. v. W. Ostwald. *M* —.80.
- » 30. **S. Cannizzaro**, Abriss e. Lehrganges der theoret. Chemie, vorgetr. an d. k. Universität Genua. (1858.) Übersetzt von Dr. Arthur Miolati aus Mantua. Herausg. von Lothar Meyer. *M* 1.—.
- » 31. **Lambert's Photometrie**. (Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae). (1760.) Deutsch herausg. v. E. Anding. 1. Heft: Theil I und II. Mit 35 Fig. im Text. *M* 2.—.
- » 32. — — — 2. Heft: Theil III, IV und V. Mit 32 Figuren im Text. *M* 1.60.
- » 33. — — — 3. Heft: Theil VI und VII. — Anmerkungen. Mit 8 Figuren im Text. *M* 2.50.
- » 34. **R. Bunsen u. H. E. Roscoe**, Photochem. Untersuchungen. (1855 bis 1859.) I. Herausgeg. v. W. Ostwald. Mit 13 Fig. im Text. *M* 1.50.
- » 35. **Jacob Berzelius**, Versuch, d. bestimmt. u. einfachen Verhältnisse aufzufinden, nach welchen d. Bestandtheile d. unorg. Natur mit einander verbunden sind. (1811—1812.) Herausg. v. W. Ostwald. *M* 3.—.
- » 36. **F. Neumann**, Üb. e. allg. Princip d. mathemat. Theorie inducirter elektr. Ströme. (1847.) Herausg. von C. Neumann. Mit 10 Fig. im Text. *M* 1.50.
- » 37. **S. Carnot**, Betrachtgen üb. d. bewegende Kraft d. Feuers etc. (1824.) Übers. u. herausg. v. W. Ostwald. Mit 5 Fig. im Text. *M* 1.20.
- » 38. **R. Bunsen u. H. E. Roscoe**, Photochem. Untersuchungen. (1855 bis 1859.) II. Herausg. v. W. Ostwald. Mit 18 Textfig. *M* 1.60.
- » 39. **L. Pasteur**, Die in d. Atmosphäre vorhand. organ. Körperchen, Prüfung d. Lehre von der Urzeugung. (1862.) Übers. v. A. Wieler. Mit 2 Taf. *M* 1.80.
- » 40. **A. L. Lavoisier u. P. S. de Laplace**, 2 Abhdlgen. üb. d. Wärme. (1780 u. 1784.) Herausg. v. J. Rosenthal. Mit 13 Textfig. *M* 1.20.
- » 41. **D. Joseph Gottlieb Kölreuter's** vorl. Nachricht von einig. d. Geschlecht d. Pflanzen betr. Versuch. u. Beobachtgen nebst Fortsetzgen 1, 2 u. 3. (1761—1766.) Herausg. v. W. Pfeffer. *M* 4.—.
- » 42. **Alex. v. Humboldt u. J. F. Gay-Lussac**, D. Volumgesetz gasförm. Verbindgen. (1805—1808.) Herausg. v. W. Ostwald. *M* —.60.

In Vorbereitung befinden sich:

- Brücke**, Unters. üb. d. Farbenwechsel d. afrik. Chamäleons. Herausg. v. M. v. Frey (Leipzig).
- Kepler**, Ausgewählte Arbeiten. Herausg. von H. Gravelius (Berlin).
- Maxwell**, Abhandlungen zur Theorie der Elektrizität und des Magnetismus.
- Mitscherlich**, Abhandlung üb. d. Isomorphismus. Herausg. von G. Wiedemann (Leipzig).
- Scheele**, Abhdlg. v. d. Luft u. d. Feuer. Herausg. von J. Volhard (Halle).

Wilhelm Engelmann.

E 24537

Geogr. Zentralbibliothek IfL



0187120