IV.

Untersuchungen über die Flamme,

von

Sir HUMPHRY DAVY.

(Vorgelesen in der Königl. Gef. der Wissenschaften zu London
den 16. Jan. 1817.)

Frei bearbeitet von Gilbert.

Um Klarheit in das Detail dieser Fortsetzung meiner Untersuchungen über die Flamme zu bringen, habe ich meine Versuche und Bemerkungen in vier Abschnitte getheilt. In dem *ersten* handle ich von den Wirkungen der Verdünnung der Luft auf die Flamme und die Explosion; in dem *zweiten* von dem Einfluß der Hitze auf beide; und in dem *dritten* von dem Einflusse, den auf die Flamme und das Verbrennen das Beimengen von Gasarten hat, welche diesem Phänomene fremdartig sind. In dem *vierten* werde ich einige allgemeine Aufsichten über die Flamme aufstellen, und mehrere Anwendungen nachweisen, die sich von den Resultaten dieser Untersuchungen auf die Praxis und auf die Theorie machen lassen.

1. *Einfluß der Verdünnung der Luft auf die Flamme und das Explodiren.*

Schon die ältern Physiker, welche in dem luftverdünnten Raume der Luftpumpe die ersten Versuche anstellten, haben bemerkt, daß die Flamme brennender Körper in einer sehr verdünnten Luft erlischt; über den Grad der Verdünnung, bei welchem dieses geschieht, ist man aber auch jetzt noch nicht im Reinen. Unter den Neuern, die hierüber Versuche angestellt haben, ist auf diesen Umstand vorzüglich aufmerksam gewesen Herr von Grotthuis. Er versichert, eine Mengung von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas höre auf durch den electricischen Funken zum Explodiren gebracht zu werden, wenn es um das 16-fache verdünnt sey, und eine Mengung von Chlorine und Wasserstoffgas könne nicht mehr explodiren, wenn die Verdünnung derselben auch nur bis zu dem 6-fachen getrieben worden sey. Endlich nimmt er an, die Wirkung der Verdünnung sey im Allgemeinen dieselbe, die Verdünnung möge durch Hitze oder durch Fortheben des Drucks der Atmosphäre bewirkt werden.

Ich will meinen Aufsatz nicht mit Discussionen über die Verlüche dieses scharfsinnigen Gelehrten anfangen. Ich habe andere Resultate erhalten als er, und habe aus ihnen ganz andere Schlüsse gezogen. Davon wird die Ursach, wie ich hoffe, in dieser Abhandlung hinlänglich klar und gerechtfertigt werden. Ich fange daher sogleich mit den

Beobachtungen an, durch welche ich zu meinen Untersuchungen geführt worden bin.

Wasserstoffgas, das sich aus den bekannten Ingredienzien in einem Gefäße langsam entwickelte, und aus demselben durch eine Glasröhre ausströmte, wurde an der engen Oeffnung dieser Röhre entzündet, wie bei der sogenannten physikalischen Lampe, und bildete über ihr eine Flamme von ungefähr $\frac{1}{2}$ Zoll Höhe. So setzte ich den Apparat unter einen Recipienten einer Luftpumpe, welcher 200 bis 300 Kubikzoll Luft in sich faßte. Beim Auspumpen der Luft vergrößerte sich die Flamme immer mehr, bis die atmosphärische Luft nach der Barometerprobe bis auf $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ verdünnt war. Die Flamme hatte nun ihr *Maximum* erreicht, und nahm bei fortgesetztem Verdünnen der Luft wieder an GröÙe ab, erlöschte jedoch erst als die Luftverdünnung bis auf $\frac{1}{7}$ oder $\frac{1}{8}$ des Luftdrucks getrieben war. — Als ich den Versuch mit demselben Apparat, aber mit einer größern Flamme wiederholte, brannte diese zu meiner großen Verwunderung längere Zeit, und erlöschte erst, als die Luft nur noch $\frac{1}{10}$ ihrer anfänglichen Dichtigkeit hatte. Dieser Erfolg blieb bei Wiederholung des Versuchs derselbe. Die Flamme war also im ersten Fall nicht wegen Mangel an Sauerstoffgas erloschen.

Bei den Versuchen mit der größern Flamme wurde das Ende der Glasröhre weißglühend, und es war noch rothglühend, als die Flamme erlöschte. Ich fiel daher sogleich darauf, die von der Glas-

röhre dem Gas mitgetheilte Hitze sey die Ursach, warum in dem letztern Fall das Verbrennen längere Zeit fort dauerte. Und diese Vermuthung wurde durch die folgenden Versuche bestätigt. Ich brachte an dem Ende der Glasröhre einen spiralförmig gewundenen Platindraht so an, daß er sich in dem Umfang der Flamme und über derselben befand, wenn sie $\frac{3}{8}$ Zoll Höhe hatte. Als die Flamme in dieser Höhe brannte, pumpte ich die Luft um sie her fort. Der Platindraht erhitzte sich bald im Mittelpunkte der Flamme bis zum Weißglühen, und nahe an der Spitze der Flamme schmelzte ein kleines Ende desselben. Er blieb weißglühend, bis der Luftdruck bis zu dem sechsten Theile herabgebracht war, und fuhr fort, im obern Theile rothglühend zu seyn unter einem Druck, der nur $\frac{1}{5}$ und weniger des anfänglichen Luftdrucks betrug; und während der ganzen Zeit, daß er dunkelroth glühte, brannte das Gas in der Stelle fort, wo es den erhitzten Draht berührte, obgleich es tiefer herab verlöscht war. Erst als die Verdünnung bis auf $\frac{1}{3}$ des Luftdrucks herabgekommen war, hörte alles Verbrennen auf.

Diesen Versuchen zu Folge scheint die Flamme das Wasserstoffgas in verdünnten Atmosphären eher nicht auszugehen, als bis die Hitze, welche sie erzeugt, nicht mehr hinreicht, das Verbrennen zu unterhalten. Dieses aber scheint dann der Fall zu seyn, wenn sie Metall nicht mehr zu sichtbarem Glühen bringen kann. Nun aber ist dieses bekannt-

lich die Temperatur, welche erfordert wird, um Wasserstoffgas unter dem gewöhnlichen Luftdrucke zu entzünden. Es scheint daher, daß die *Verbrennlichkeit* des Wasserstoffgases durch eine Verdünnung, welche von Verminderung des Drucks herrührt, weder vermindert noch vermehrt wird.

Wenn diese Ansicht, auf welche uns das Wasserstoffgas führt, auch für die übrigen verbrennlichen Körper gilt, so müssen *erstens* die, welche zu ihrem Verbrennen weniger Hitze als andere erfordern, in noch dünnerer Luft als diese fortbrennen, und müssen *zweitens* unter übrigen gleichen Umständen die, welche beim Verbrennen sehr viel Hitze erzeugen, in einer dünnern Luft noch brennen, als die, welche nur wenig Hitze hergeben. Alle Versuche, welche ich angestellt habe, stimmen mit diesen beiden Folgerungen überein.

In der Hitze, welche es beim Verbrennen giebt, liebt das *öhlbildende Gas* dem Wasserstoffgas am nächsten, und es bedarf, um sich zu entzünden, keiner viel höhern Temperatur als dieses. Es verlöschte als die Luft auf $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{11}$ des Drucks der Atmosphäre verdünnt war. Bei diesem Versuche befand sich öhlbildendes Gas in einer Blase, aus der es durch eine kleine Glasröhre hervorbrannte, welche mit einem Platindraht, wie in den vorigen Versuchen versehen war.

Alkohol und *Wachs* bedürfen mehr Hitze, um ihre verbrennliche Materie zu verflüchtigen und zu zersetzen. Sie verlöschten schon, ohne Platindraht,

als der Druck der Luft bis auf $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{3}$, und mit einem mitten in der Flamme befindlichen Platindraht, als er auf $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{5}$ des Drucks der Atmosphäre herabgekommen war.

Das *leichte Kohlen-Wasserstoffgas*, welches, wie wir weiterhin sehen werden, weniger Hitze im Verbrennen, als irgend eins der gewöhnlichen brennbaren Gasarten, das Kohlenstoffoxyd-Gas ausgenommen, hervorbringt, und, um sich zu entzünden, eine höhere Temperatur als alle andern verlangt, verlöschte jedes Mal, ehe noch die Luft bis auf $\frac{1}{4}$ ihrer Dichtigkeit herabkam, ungeachtet die Glasröhre mit einem Platindraht versehen war. — Das gasförmige *Kohlenstoffoxyd* ist ungeachtet der geringen Hitze, welche es beim Verbrennen erzeugt, doch eben so entzündlich, als das Wasserstoffgas. Auch brannte die Flamme desselben um einen Platindraht noch fort, als die Luft bis auf $\frac{1}{4}$ verdünnt war.

Die Flamme des *Schwefel-Wasserstoffgases*, deren Hitze der Schwefel zum Theil entführt, welcher durch die Zersetzung desselben während des Verbrennens in verdünnter Luft hervorgebracht wird, — erlöschte in demselben Apparate, als das öhlbildende Gas und die andern Gasarten, so bald der Luftdruck bis auf $\frac{1}{4}$ herabgekommen war.

Der *Schwefel*, der von allen verbrennlichen Körpern, den Phosphor ausgenommen, die niedrigste Temperatur, um sich zu entzünden, bedarf, brannte noch in atmosphärischer Luft, welche bis

$\frac{1}{12}$ ihrer anfänglichen Dichtigkeit verdünnt war, mit einer kleinen sehr schwachen Flamme, die den Platindraht noch bis zum dunkeln Rothglühen erhitzte, und nicht eher erlosch, als bis der Druck bis auf $\frac{1}{25}$ des Drucks der Atmosphäre vermindert war *).

Der *Phosphor* brennt selbst noch, wie Herr van Marum gezeigt hat, in einer bis auf $\frac{1}{20}$ verdünnten atmosphärischen Luft; und ich habe gefunden, daß *Phosphor-Wasserstoffgas* einen leuchtenden Blitz selbst in der äußersten Leere erzeugt, die sich mit einer vortrefflichen Luftpumpe nach Nairne's Bauart hervorbringen läßt.

Als ich *Kampfer* in einer Glasröhre verbrannte, wurde der obere Theil der Röhre rothglühend, und unter diesen Umständen brannte er noch in Luft, die bis auf $\frac{1}{3}$ verdünnt war. Hätte dagegen der *Kampfer* in einer dicken Metallröhre gebrannt, (die sich dabei nicht sehr erwärmt) so würde er nur bis

*) Die Temperatur der Atmosphäre nimmt in einem bestimmten Verhältnisse mit zunehmender Höhe ab; dieses darf man nicht übersehen, wenn man über das Verbrennen in den hohen Lustregionen urtheilen will. Wenn der Druck in geometrischer Progression abnimmt, so muß die Höhe etwas kleiner, als nach arithmetischer Ordnung seyn. Wir haben daher alle Ursache zu vermuthen, daß brennendes Wachs in einer Höhe von 9 bis 10 engl. Meilen verlöschen müßte, Wasserstoffgas in einer Höhe von 12 bis 13 und Schwefel; eben so in einer Höhe von 15 bis 16 engl. Meilen über der Erdoberfläche.

zu einer Verdünnung der Luft bis auf $\frac{1}{8}$ fortgebrannt haben. Wir sehen also hier bestätigt, was wir aus den Versuchen mit Platindraht und den Flammen von Gasarten geschlossen haben: daß sich nämlich die Entzündbarkeit bei Verdünnung der Luft weiter hinaus schieben läßt, wenn man die Hitze in der verdünnten Luft unterhält, und das Gasgemenge erhitzt.

Als ich in einer bis auf $\frac{1}{16}$ verdünnten Luft ein wenig *Naphtha* mit rothglühendem Eisen in Berührung brachte, erschien ein schwaches hüpfendes Flämmchen; indess ohne äußere Erhitzung die Flamme der *Naphtha* verlöschte, so bald die Luft bis auf $\frac{1}{8}$ verdünnt war.

Ein mit einer Luftpumpe bis auf $\frac{1}{8}$ verdünntes, durch den electricen Funken nicht mehr entzündbares Gemisch von *Wasserstoffgas* und *Sauerstoffgas* befand sich in einer Glasröhre, deren oberer Theil so stark erhitzt wurde, daß das Glas weich zu werden anfang. Ich ließ einen electricen Funken hindurch schlagen, und es erschien nun ein schwacher Lichtschein, der nicht sehr tief in die Röhre herabdrang, so daß bloß der erhitzte Theil des Gases sich zu entzünden schien. Dieser Versuch erfordert sehr große Aufmerksamkeit und gelingt weder, wenn man die Luft zu sehr verdünnt, noch, wenn man die Temperatur zu wenig erhöht, noch, wenn man das Glas bis zum Glühen gebracht hat, in welchem letztern Fall der äußerst schwache Schein nicht sichtbar ist. Dieser Schwierigkeiten

ungeachtet ist der Versuch mir drei Mal geglückt; ein Mal war Herr Brande dabei gegenwärtig.

Gleiche Theile *Chlorine* und *Wasserstoffgas* in einem Gefäße vereint, entzündeten sich in einer viel niedrigeren Temperatur als ein Gemenge von *Wasserstoffgas* und *Sauerstoffgas*, und erzeugten, indem sie verbrannten, einen bedeutenden Grad von Hitze. Es war daher zu erwarten, daß das erste Gasgemenge sich viel stärker würde verdünnen lassen, als das letztere, bevor es die Fähigkeit zu explodiren verliere. Und so habe ich es in wiederholten Versuchen gefunden, gegen die Behauptung des Herrn von Grotthus. Wasserstoffgas und Sauerstoffgas in dem Verhältnisse, worin sie Wasser bilden, mit einander vermenget, detoniren nicht mehr durch electriche Funken, wenn sie bis auf $\frac{1}{18}$ des Drucks der Atmosphäre verdünnt sind. Chlorine und Wasserstoffgas in dem Verhältnisse, worin sie Salzsäure bilden, vermischt, gaben dagegen bei gleicher Verdünnung noch einen Lichtblitz, und lassen sich selbst durch den electriche Funken noch sichtbar entzünden, wenn sie bis auf $\frac{1}{24}$ des Drucks der Atmosphäre verdünnt sind.

Um diese Sache noch mehr aufzuhellen, habe ich eine Reihe von Versuchen über die Hitze angestellt, welche einige brennbare Gasarten beim Verbrennen hervorbringen. Beim Vergleichen der Hitze, welche Flammen von gleicher GröÙe dem Platindraht mittheilten, ergab sich augenscheinlich, daß beim Verbrennen von Wasserstoffgas und von

öhlbildendem Gas in Sauerstoffgas, und von Wasserstoffgas in Chlorine eine weit intensivere Hitze entsteht, als die andern genannten gasförmigen Körper beim Brennen in Sauerstoffgas hervorbringen; eine genaue Gradleiter liefs sich aber auf Beobachtungen dieser Art nicht gründen. Um diese zu erhalten, verfab ich ein Quecksilber-Galometer mit einem System von Hähnen, das sich in ein starkes Platinrohr mit kleiner Oeffnung endigte. Ueber dieser Oeffnung war ein kupfernes Gefäfs mit Baumöhl angebracht, in welchem ein Thermometer stand. Das Baumöhl wurde vor dem Versuche bis zum Siedepunkte des Wassers erhitzt (100° C.), wodurch ich vermeiden wollte, dafs nicht durch Condensirung von Wasserdämpfen irgend eine Verschiedenheit in der Mittheilung der Hitze entstehe. Der Druck im Galometer war in diesen Versuchen bei allen Gasarten derselbe, und diese wurden, so weit es möglich zu erreichen war, in einerlei Zeit verzehrt. Die Flammen wirkten immer auf denselben Punkt des kupfernen Gefäfses, und der Boden dieses Gefäfses wurde nach jedem Versuche sorgfältig abgewischt. Auf diese Art erhielt ich folgende Resultate:

Es machte das Thermom. steigen von 100° C.
die Flamme des öhlbildenden Gases bis auf $152^{\circ},2$ C.

des Wasserstoffgases	114,4
des Schwefel - Wasserstoffgases	111,1
des Steinkohlengases	113,5
des Kohlenstoff - Oxyds	103,5

Nimmt man die Menge von Sauerstoffgas, welche das Wasserstoffgas hierbei verzehrte, zur Einheit, und setzt, daß in jedem dieser Versuche ein vollkommenes Verbrennen statt gefunden habe, so mußten folgendes die Mengen des *verzehrtten Sauerstoffgases* seyn:

vom öhlbildenden Gas	6 Theile,
vom Wasserstoffgas	1 -
vom Schwefel - Wasserstoffgas	5 -
vom Kohlenstoff - Oxyde	1 -
vom Steinkohlengas	4 -

vorausgesetzt, daß man letzteres für reines Kohlen - Wasserstoffgas nehme, weil das Gas der Steinkohlen nur eine sehr geringe Menge öhlbildenden Gases enthielt.

Legt man diese Temperatur-Erhöhungen und die Wasserstoffmengen, welche verzehrt seyn mußten, als Data zum Grunde, so ergeben sich folgende Verhältnisse für *die Wärme, welche durch das Verbrennen dieser verschiedenen Gasarten hervor gebracht wird*:

Wasserstoffgas	14,444 Theile,
öhlbildendes Gas	5,57 -
Schwefel - Wasserstoffgas	3,7 -
Kohlenstoff - Oxydgas	3,33 *)

*) Man vergleiche damit die Resultate, welche Herr Dalton in seinem *New System of chemical philosophy* giebt; sie stimmen mit diesen wenigstens in so weit überein, daß auch

Es würde ohne Nutzen seyn, auf diese Verhältnisse, als ob sie genau wären, Schlüsse zu bauen; denn *erstens* setzten während der Versuche das öhlbildende Gas und das Steinkohlengas Kohlenstoff, und das Schwefel - Wasserstoffgas vielen Schwefel ab; und *zweitens* haben wir alle Ursach, zu glauben, daß die Capacitäten der Gasarten für Wärme mit ihrer Temperatur zunehmen. Indess bestätigen diese Zahlverhältnisse doch unsere allgemeinen Folgerungen, und beweisen, daß das Wasserstoffgas an der Spitze, und das Kohlenstoff-Oxydgas am untersten Ende der Stufenleiter stehe. Dieser Stufenleiter zu Folge, könnte es scheinen, müsse die Flamme des gasförmigen Kohlenstoff-Oxyds beim Verdünnen der Luft eher, als die des Kohlen-Wasserstoffgases, erlöschen; allein wir haben gesehen, daß das Kohlenstoff-Oxyd ein viel verbrennlicheres Gas als das letztere ist. In der That entzündet es sich in der Luft immer, wenn es mit einem Eisendraht, der bis zum dunkeln Rothglühen erhitzt ist, in Berührung gebracht wird, indess ein solcher Eisendraht das Kohlen - Wasserstoffgas nicht ansteckt. Um dieses zu entzünden, muß der Draht so stark erhitzt seyn, daß er weiß glüht und mit Funkensprühen zu verbrennen anfängt.

nach ihnen das Wasserstoffgas beim Verbrennen mehr Hitze, als irgend eine der Zusammensetzungen aus demselben erzeugt.

Davy.

2. Ueber die Wirkungen der Verdünnung durch Wärme auf das Verbrennen und das Explodiren.

Die in dem ersten Abschnitt umständlich dargelegten Versuche sprechen schon auf eine indirecte Weise gegen die Meinung des Herrn von Grotthuis, daß Verdünnung durch Wärme die Verbrennlichkeit der Gasgemenge vermindere. Bevor ich mich auf Versuche direct und unmittelbar über diesen Gegenstand einließ, habe ich mir Mühe gegeben, durch einige Versuche den Grad der *Expansion* zu schätzen, welche die höchste Hitze, die man Glasgefäßen beibringen kann, den elastischen Flüssigkeiten mitzuthéilen vermag.

In dieser Absicht hatte ich in eine eingetheilte und umgebogene Glasröhre ein leicht schmelzbares Metall gebracht, und den Theil der Glasröhre, welcher dasselbe und die Luft enthielt, einige Zeit lang in kochendem Wasser gehalten, und dann den Apparat über Kohlenfeuer gebracht und die Hitze allmählig erhöht, bis das leicht schmelzbare Metall im Dunkeln leuchtend erschien. In diesem Zeitpunkte hatte sich die Luft in der Röhre, (den Raum, den sie in der Wärme des kochenden Wassers einnahm, eingenommen) bis zum Raum 2,25 ausgedehnt. Einen zweiten ähnlichen Versuch stellte ich in einer dickern Glasröhre an, und trieb die Hitze so weit, daß das Glas anfanglich weich zu werden; die Ausdehnung der Luft stieg indeß nur bis 2,5, obgleich diese Hitze die des Kirschroth-Glühens zu

seyn schien, und die Glasröhre beim Weichwerden etwas zusammen gesunken seyn mochte. Daß durch Oxydation des leicht schmelzbaren Metalls nicht etwa Sauerstoffgas in merkbarer Menge verschluckt worden war, zeigte sich im ersten Versuche dadurch, daß, als die Luft bei allmähligem Erkalten wieder die Wärme des kochenden Wassers erreicht hatte, sie denselben Raum als anfangs einnahm. — Rechnet man nach Herrn Gay-Lussac's Regel, und nimmt an, daß die Luft sich immerfort bei gleichen Zunahmen von Wärme um gleich viel ausdehnt, so müßte die Temperatur der Luft, bei der das Glas leuchtend wird, 557° der Centesimalstake seyn. Die Schätzungsart so hoher Temperaturen, als die des Schmelzpunktes des Glases, durch Ausdehnung der Luft, scheint unter allen den mehreren Einwendungen unterworfen zu seyn. Sie giebt aber doch für das sichtbare Glühen ungefähr denselben Wärmegrad, welchen Newton aus der Erkaltnngszeit erhitzten Metalls in der Luft gefolgert hat *).

*) Unter Regel des Herrn Gay-Lussac versteht Herr Davy die durch die Versuche des Herrn Gay-Lussac dargegebene gleiche Ausdehnbarkeit aller elastischen Flüssigkeiten durch die Wärme, vermöge der sie bei einer Temperatur-Erhöhung vom Frost- bis zum Siedepunkte des Wassers sich um $0,375$ desjenigen Raumes ausdehnen, welchen sie in der Temperatur des natürlichen Frostopunktes einnehmen. Setzen wir den Raum der eingeschlossenen Luft in Herrn Davy's Versuchen bei der Frostkälte = 1, so nahm sie bei 100° C. Wärme den Raum

Herr von Grotthus beschreibt einen Versuch, in welchem ein über Quecksilber gesperrtes Gemisch von atmosphärischer Luft und Wasserstoffgas, das durch Wärme bis zu dem 4-fachen seines anfänglichen Raums ausgedehnt worden war, durch electrische Funken nicht mehr entzündet werden konnte. Offenbar hatte sich aber in diesem Versuche Quecksilberdampf in großer Menge bilden müssen, welcher, wie jede andere nicht explosive elastische Flüssigkeit das Verbrennen verhindert, wenn er bis auf einen gewissen Theil des explosiven Gemenges steigt. Er scheint bemerkt zu haben, daß seine Gase nicht trocken waren, schließt aber dessen ungeachtet aus diesem mangelhaften Versuche, die durch die Hitze bewirkte Expansion, benehme den Gasarten die Fähigkeit zu explodiren.

Ich habe in eine kleine eingetheilte Glasröhre über gut gekochtes Quecksilber eine Mischung aus

1,575 ein, und bei der Hitze, in welcher ihr Raum 2,25 Mal größer als dieser letztere war, den Raum 3,093, und dieser war um 2,093 Räume größer als ihr anfänglicher Raum (d. h. der in der Frostkälte.) Nehmen wir also an, daß sich die Luft auch für jede folgende 100° der Centesimaltheile um 0,575 desjenigen Raums ausdehne, den sie in 0° Wärme einnimmt, so muß die Temperatur, in welcher sie einen um 2,093 größern Raum, als diesen (letztern gleich 1 gesetzt) einnahm, $\frac{2093}{375} \times 100^\circ \text{ C.} = 557^\circ \text{ C.}$ betragen haben. Nach Fahrenheits Skale beträgt dieses 1034°; Newton setzte bei 1000° F. die Wärme des am Tage rothfcheinenden Eisens.

Gilb.

2 Maafs Wasserstoffgas und 1 Maafs Sauerstoffgas hineinsteigen lassen, und die Röhre mit einer Weingeistlampe so lange erhitzt, bis der Raum das Gas von 1 auf 2,5 gestiegen war. Dann brachte ich mittelst einer andern Weingeistlampe und des Löthrohrs den obern Theil der Röhre zum Rothglühen. In dem Augenblicke erfolgte eine Explosion.

Ich füllte mit einer solchen Mischung Wasserstoffgas und Sauerstoffgas eine Blase, und setzte diese mit einer dicken 3 Fuß langen und ungefähr $\frac{3}{8}$ Zoll weiten Glasröhre in Verbindung, welche so gebogen war, daß sie sich in einem mit Kohlen geheizten Ofen allmählig erhitzen liefs. An dem Orte, wo die Röhre in den Ofen hinein ging, standen unter ihr zwei Weingeistlampen. So liefs sich das Gasgemisch langsam durch sie hindurch gehen. Bevor noch die Röhre roth glühte, erfolgte eine Explosion.

Diese Versuche beweisen, daß die Ausdehnung durch Hitze die Verbrennlichkeit der Gasarten nicht nur nicht vermindert, sondern daß sie im Gegentheil die Gasarten in niedrigeren Temperaturen zu explodiren fähig macht; welches sehr natürlich ist, da ein Theil der Hitze, welche aus einem entflammten Körper entbunden wird, dazu verwendet werden muß, die umgebende Temperatur zu erhöhen.

Ich habe noch mehrere andere Versuche gemacht, welche auf dieselben Folgerungen führen. So z. B. habe ich eine Mischung gemeiner Luft

und Wasserstoffgas in einer kleinen Kupferröhre deren Stöpsel nicht ganz genau schloß, über Kohlenfeuer erhitzt; die Röhre glühte noch nicht, so erfolgte schon eine Explosion und wurde der Stöpsel weit fort geschleudert.

Bei einem meiner Explosions - Versuche mit Mischungen von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, die ich durch erhitzte Röhren steigen ließ, schien im Anfange, als die Hitze noch tief unter der des Rothglühens war, sich Wasserdampf ohne alles Verbrennen zu bilden. Dieses veranlaßte mich, solche Gasmenge über fließendes, leicht schmelzbares Metall in Röhren zu erhitzen; und dabei fand ich, daß, wenn man sorgfältig eine Wärme unterhält, welche zwischen der des Siedepunkts des Quecksilbers und der größten Hitze liegt, die sich dem Glase geben läßt ohne daß es im Dunkeln leuchtend wird, die Verbindung der beiden Gase in der That langsam und ohne Lichtentbindung vor sich geht. Die erste dieser Temperaturen reichte dazu aber noch nicht hin. Auf 100° der Centesimal-Scale bezogen, schien der gebildete Dampf an Raum dem anfänglichen der Gasarten gleich zu seyn. Es folgt daraus, daß in den Versuchen dieser Art, die erste Wirkung in einer Expansion besteht, worauf eine Condensation und dann die Herstellung des anfänglichen Raumes folgt. — Erhöht man, während diese Veränderung vor sich geht, die Hitze schnell bis zum Rothglühen, so bleibt eine Explosion nicht aus; bei kleinen Mengen von Gas ist

aber die Veränderung in weniger Zeit als eine Minute vollendet.

Es ist wahrscheinlich, daß das *langsame Vereinigen ohne Entflammen*, welches man schon seit geraumer Zeit zwischen Wasserstoff und Chlorine, und zwischen Sauerstoff und den Metallen beobachtet hatte, in gewissen Temperaturen fast zwischen allen Körpern statt findet, die sich durch Einwirken der Hitze mit einander verbinden. Ich habe hierüber Versuche mit der *Kohle* angestellt, und gefunden, daß sie sich in einer Temperatur, welche ein wenig höher als der Siedepunkt des Quecksilbers zu liegen schien, sehr schnell in Kohlenäure verwandelte, ohne daß dabei Licht erschien; und daß in der dunkeln Rothglühhitze die Bestandtheile des *öhlbildenden Gases* sich mit Sauerstoff auf ähnliche Weise, langsam und ohne Explosion verbinden.

Dieses langsame Vereinigen von *Sauerstoff* und *Wasserstoff* mit einander, ist nicht an ihr Verdünnen durch Hitze gebunden, denn ich habe mich überzeugt, daß die Vereinigung vor sich ging, als beide Gasarten sich in einer Röhre über leicht schmelzbares Metall befanden, dessen oberer Theil nicht geschmolzen war. Zuverlässig trat damals die Wirkung eben so geschwind, als wenn das Metall ganz geflossen war, ein, ohne daß im Mindesten Licht erschien.

Herr von Grotthus behauptet, eine Mischung von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, welche

man mit einer glühenden Kohle in Berührung bringt, werde von dieser nur ausgedehnt und nicht zum detoniren gebracht. Allein dieses hängt lediglich von dem Grade der Hitze ab, den die Kohle demselben mittheilt. Scheint die Kohle roth am Tageslicht, und ist nicht mit Asche bedeckt, so macht sie das Gemisch jedes Mal detoniren; scheint sie dagegen im Schatten kaum noch roth, so explodiren beide Gasarten nicht, vereinigen sich aber mit einander langsam. Daß diese Erscheinung aber überhaupt von der Verdünnung ganz und gar unabhängig ist, beweist der folgende Umstand: Ist die Hitze sehr groß, und man bringt, bevor die unsichtbare Vereinigung vollendet ist, einen bis zum Weißglühen erhitzten Draht mit der Kohle in dem Gefäße in Berührung, so explodirt das Gasgemisch im Augenblick.

Das *leichte Kohlen-Wasserstoffgas* oder das brennbare Gas der Steinkohlengruben erfordert, wie wir gesehen haben, eine sehr große Hitze, um sich zu entzünden; es eignete sich daher ganz vorzüglich zu einem Versuche über den Einfluß eines hohen Grades von Verdünnung durch die Wärme auf das Verbrennen. Ich füllte eine mit einem Haarröhrchen versehene Blase mit 1 Theil dieses Gases und 8 Theilen atmosphärischer Luft, erhitze das Röhrchen so stark, daß es anfang zu schmelzen, und trieb dann das Gasgemisch langsam durch das Röhrchen und durch die Flamme einer Weingeistlampe hindurch. Das Gas entzündete sich, brann-

te jenseits der Flamme mit dem ihm eigenen explosiven Lichte, und fuhr fort mit Lebhaftigkeit zu brennen als ich die Lampe wegnahm, obgleich das Ende des Röhrchens weiß glühte und das Gasgemisch also ausnehmend ausgedehnt seyn mußte.

Wenn in explosiven Gasmischungen eine Verbindung unter Explodiren vorgeht, so ist davon die Ursach nicht, wie Dr. Higgins, Berthollet und andere geglaubt haben, in der Verdichtung zu suchen, welche ein Theil derselben bei plötzlichem Expandiren eines andern Theils durch Hitze oder den electrischen Funken erleidet. Dieses scheint mir nach dem bisher gefagten klar zu seyn, und wird vorzüglich durch folgende Thatfachen außer Streit gesetzt.

Ein Gemenge aus Sauerstoffgas und dem zweiten Phosphor-Wasserstoffgas (*hydrophosphoric gas* oder *bi-phosphorated hydrogen gas*), welches in einer Temperatur explodirt, die wenig höher als die des kochenden Wassers ist, wurde über Quecksilber allmählig in einem Sandbade erhitzt. Als das Quecksilber eine Wärme von $116^{\circ},7$ C. erreicht hatte, erfolgte die Explosion. — Ein ähnliches Gasgemisch liefs sich mittelst einer Compressions-Pumpe über Quecksilber so stark verdichten, daß es nur noch $\frac{1}{3}$ seines anfänglichen Raums einnahm, ohne daß eine Detonation oder irgend eine chemische Veränderung darin vorging; denn als ich es nach einem solchen Verdichten zu seinem anfänglichen Raume hatte zurückkommen lassen, und

demselben eine Weingeistlampe näherte, explodirte es im Augenblicke.

Es scheint folglich, daß der Wärmestoff, den die Gasarten beim Comprimiren frei werden lassen, die wahre Ursach des durch Compression bewirkten Verbrennens derselben sey, und daß bei gewissen Erhöhungen der Temperatur in verdünnten sowohl als in verdichteten Atmosphären Explosion oder Verbrennung statt finde, das will sagen, daß die Körper sich durch Entwicklung von Wärme und Licht verbinden,

3. *Ueber den Einfluß des Vermengens der verschiedenen Gasarten mit einander auf das Phänomen des Explodirens und des Verbrennens.*

Ich habe in meinem ersten Aufsatze über die entzündbare Luft der Steinkohlengruben gesagt, das kohlenlaure Gas besitze ein höheres Vermögen, die explosive Eigenschaft der Gemenge dieser entzündbaren Luft mit atmosphärischer Luft aufzuheben, als das Stickgas; und ich habe dort überdem gewagt zu vermuthen, das kohlenlaure Gas verdanke diesen Vorzug seiner größern Dichtigkeit und Wärme-Capacität, vermöge deren es einen größern erkaltenden Einfluß auf das Gasgemisch als das Stickgas äußere, und die Temperatur desselben verhindern, sich bis zu dem zum Verbrennen nöthigen Grade zu erheben. Seit kurzem habe ich eine Reihe von Versuchen angestellt, um mich zu überzeugen, in wie weit diese Idee richtig ist, und um im

Allgemeinen die Wirkung zu bestimmen, welche das Beimengen gasförmiger Körper auf die Explosion und das Verbrennen hat.

Zu diesen Versuchen haben mir gleiche Mengen eines Gemisches aus 2 Maals *Wasserstoffgas* und 1 Maals *Sauerstoffgas* gedient. Ich mengte ihnen in verschiedenen Verhältnissen andere elastische Flüssigkeiten bei, und suchte auf diese Weise dasjenige Verhältniß aufzufinden, bei welchem ein starker electriccher Funke aus einer Leidner-Flasche das Vermögen nicht mehr hatte, eine Detonation in dieser Vermengung hervor zu bringen. So habe ich gefunden, daß 1 Theil jenes Gasgemisches bei folgenden Beimengungen

	verhindert wurde zu detoniren		noch detonirte
Wasserstoffgas	8 Theile ungefähr		6 Theile
Sauerstoffgas	9 - -		7 -
Oxydirtes Stickgas	11 - -		10 -
Kohlen - Wasserstoffgas	1 - -		$\frac{3}{4}$ -
Oehlbildendes Gas	$\frac{1}{2}$ - -		$\frac{1}{3}$ -
Schwefel - Wasserstoffgas	2 - -		$1\frac{1}{2}$ -
Salzsaures Gas	2 - -		$1\frac{1}{2}$ -
Kieseliges flusssaures Gas	$\frac{5}{8}$ - -		$\frac{3}{4}$ -

Ich hoffe diese Versuche binnen Kurzem mit mehr Genauigkeit zu wiederholen. Die angegebenen Resultate sind nicht genau genug, um zur Berechnung des Erkältungs-Vermögens gleicher Räume der verschiedenen Gasarten gebraucht werden zu können; doch zeigen sie hinlänglich (vorausgesetzt, die

Folgerungen, welche die HH. La Roche und Berard aus ihren Versuchen gezogen haben, sind genau *), daß es noch andere Ursachen als die Dichtigkeit und die Wärme-Capacität giebt, welche auf diese Erscheinungen Einfluß haben. Denn so hat z. B. das *oxydirte Stickgas*, welches fast um $\frac{1}{2}$ dichter als das *Sauerstoffgas* ist, und dessen Wärme-Capacität sich zu der des Sauerstoffgases nach den Versuchen der beiden angeführten Physiker wie 1,3503 : 0,9765 bei gleichem Volumen verhält, ein geringeres Vermögen, die Explosion zu verhindern, als dieses; und eben so auch zuverlässig das *Wasserstoffgas*, welches 15 Mal leichter als das Sauerstoffgas ist, und bei gleichem Raume eine kleinere Wärme-Capacität als dieses besitzt. Das *öhlbildende Gas* übertrifft dagegen alle andern Gasarten am Vermögen die Explosion zu verhindern, in einem viel höhern Verhältnisse, als man nach der Dichtigkeit und der Wärme-Capacität desselben hätte schliessen sollen. Das öhlbildende Gas, dessen ich mich bedient habe, war eben bereitet worden, und enthielt vielleicht etwas Aetherdampf, und mein oxydirtes Stickgas war mit Stickgas vermengt; diese geringen Unregelmäßigkeiten haben aber die Resultate nicht bedeutend abändern können.

*) Ihre wichtige Arbeit über die Wärme-Capacität der Gasarten liegt schon seit geraumer Zeit für die *Annalen* bearbeitet bei mir, und soll erscheinen, sobald der interessanten neuesten Aufsätze weniger werden.

Herr Leslie hat bei seinen gelehrten und scharfsinnigen Untersuchungen über den Wärmestoff gefunden, daß das *Vermögen* den festen Körpern *den Wärmestoff zu entziehen* dem Wasserstoffgas in einem höhern Grade als dem Sauerstoffgas und der gemeinen Luft zukömmt. Ich habe einige Versuche angestellt, um in dieser Beziehung das Wasserstoffgas mit dem Kohlen-Wasserstoffgas, dem Stickgas, dem Sauerstoffgas, dem öhlbildenden Gas, dem oxydirten Stickgas, der Chlorine und dem kohlenfauren Gas zu vergleichen. Jeder Versuch nahm seinen Anfang, als das Thermometer auf 76°,7 C. stand, und alle wurden mit gleichen Räumen Gas (21 Kubikzoll) von gleichen Temperaturen (+ 11°,1 C.) angestellt. Das Thermometer wurde in diese Gasräume getaucht, und es gingen folgende Zeiten hin, bis es von 76°,7 auf + 41°,1 C. herabfank:

In der atmosphärischen Luft	2 Minuten —	Secunden	
im Wasserstoffgas	—	—	45 —
im öhlbildenden Gas	1	—	15 —
im Steinkohlengas	—	—	55 —
im Stickgas	1	—	50 —
im Sauerstoffgas	1	—	47 —
im oxydirten Stickgas	2	—	30 bis 55 *)
im kohlenfauren Gas	2	—	45 —
in der Chlorine	5	—	6 —

*) Diese beiden Resultate gehören Herrn Faraday, von der Royal Institution, der mir bei den meisten meiner Versu-

Diesen Versuchen zu Folge scheint das Vermögen der elastischen Flüssigkeiten, den Oberflächen der festen Körper Wärmestoff zu entziehen, zuzunehmen, wenn ihre Dichtigkeit abnimmt, und in der Beschaffenheit der leichten Gasarten irgend ein Grund zu liegen, welcher sie fähig macht, diesen Wärmestoff auf eine andere Weise weg zu nehmen, als sie thun würden, wenn sie einen Theil einer Gas-
mischung ausmachten, welches ohne Zweifel von der Beweglichkeit ihrer Theilchen abhängt *). Der Graf von Rumford hat gezeigt, daß die gasförmigen Mittel von warmen tropfbar-flüssigen oder festen Körpern, die sie berühren, hauptsächlich nur dadurch erwärmt werden, daß ihre Theilchen ihren Ort verändern; und es ist nach den vorstehenden Resultaten offenbar, daß diese Theilchen nicht in einerlei Grad die Fähigkeit besitzen, die Wärme zu entziehen, so wenig wie das in den festen und tropfbar-flüssigen Körpern der Fall ist. Wenn eine elastische Flüssigkeit das Vermögen äußert, die Oberfläche eines festen Körpers zu erkälten, hängt der Effect hauptsächlich von der Schnelligkeit ab,

die sehr nützlich gewesen ist, und sie in dem Laboratorium beobachtete, während ich abwesend war. *Davy.*

- *) Da die leichtesten Theilchen am willigsten ihren Ort verändern, so müssen sie die Oberflächen der festen Körper schneller als die andern erkalten; beim Erkalten von Gasgemischen kann aber die Beweglichkeit der Theilchen nur von wenig Einfluß seyn. *Davy.*

mit der die Theilchen desselben ihre Stelle verändern; wenn dagegen erkältende Theilchen in einem Gemenge mit andern gasförmigen Theilchen zerstreut sind, muß ihre Wirkung hauptsächlich von dem Vermögen abhängen, welches sie besitzen, den Theilchen, mit denen sie in Berührung sind, schneller oder langsamer den Wärmestoff zu entziehen. Und dieses hängt wahrscheinlich mit zwei Eigenschaften derselben zusammen, ihrem Vermögen den Wärmestoff wegzunehmen, welcher sie schneller oder langsamer erwärmt; und ihrer Capacität, welche um so größer ist, je weniger diese Wegnahme von Wärmestoff ihre Temperatur erhöht.

Doch worin auch die Ursach dieses Erkältungsvermögens der elastischen Flüssigkeiten, durch welche die Entzündungen verhindert werden, bestehe, sehr einfache Versuche beweisen, daß sie bei den verschiedenen Arten des Verbrennens immer auf einerlei Weise wirke, und daß die explosiven Gasmischungen oder die brennbaren Körper, welche den wenigsten Wärmestoff, um zu verbrennen, verlangen, größere Mengen anderer Gasarten erfordern, damit dieses Verbrennen verhindert werde, und so umgekehrt. So z. B. entzündet sich ein Gemenge von 1 Maafs Chlorine und 1 Maafs Wasserstoffgas noch, wenn man demselben 18 Mal seinen Raum an Sauerstoffgas zusetzt, indess ein Gemenge aus 1 Maafs Kohlen-Wasserstoffgas und 2 Maafs Sauerstoffgas (nach welchem Verhältnisse beide sich mit einander verbinden) aufhört entzünd-

bar zu seyn, wenn man 3 Mal den Raum desselben an Sauerstoffgas zusetzt.

In atmophräischer Luft, welche mit $\frac{1}{10}$ kieseligem flusssaurem Gas, oder mit $\frac{1}{2}$ salzsaurem Gas gemengt ist, geht ein *Wachslicht* augenblicklich aus; die Flamme des *Wasserstoffgases* brennt aber in ihr sehr gut. In den Gemengen, in welchen das Wasserstoffgas verlöschte, brannte die Flamme des *Schwefels* fort.

Folgender Versuch thut dieses allgemeine Princip auf eine sehr elegante Weise dar. Man bringe ein angezündetes *Wachslicht* in eine lange Flasche mit engem Halse, lasse es darin so lange brennen, bis es ausgeht, und verstopfe dann die Flasche genau. Taucht man nun ein zweites angezündetes *Wachslicht* hinein, so geht es aus, ehe es bis unten an den Hals gelangt ist. Darauf senke man eine kleine Glasröhre mit Zink und verdünnter Schwefelsäure hinein, und entzündet das aus derselben sich entbindende *Wasserstoffgas* an der Oeffnung der Röhre, so wird das Gas fortbrennen, an welchen Ort in der Flasche man auch die Röhre hinbringe. Geht endlich auch das *Wasserstoffgas* aus, so senke man brennenden *Schwefel* in die Flasche; er wird einige Augenblicke lang brennen, und nachdem er ausgegangen ist, wird *Phosphor* in der Flasche noch eben so als in der atmophräischen Luft leuchten, und darin erwärmt, mit einer blaßgelben, ziemlich intensiven Flamme, verbrennen.

In den Fällen, wo nur wenig Wärme zu der chemischen Verbindung erfordert wird, wie in dem Beispiele des Wasserstoffgases und der Chlorine, wird durch eine Beimengung, welche das *Entzünden* verhindert, die *Verbindung* nicht verhindert; das heißt es, verbinden sich in diesen Fällen die Gasarten mit einander, ohne alles Leuchten. Dieses bemerkte ich, als ich einem Maasse des Gemenges aus Wasserstoff und Chlorine 2 Maass Kohlen - Wasserstoffgas zugesetzt hatte; es bildete sich in dem Gasgemische salzsaures Gas und es entwickelte sich Wärmestoff, wie sich durch die Ausdehnung, die den electricischen Funken begleitete, und die schnell darauf folgende Verdichtung zeigte; der Wärmestoff wurde dabei aber so schleunig von dem Kohlen - Wasserstoffgas verschluckt, daß kein merkbares Leuchten statt fand.

Was den *Phosphor* betrifft, der in der niedrigsten Temperatur der Atmosphäre verbrennlich ist, so kennt man keine Mengung elastischer Flüssigkeiten, welche fähig wäre, ihn zu verhindern, leuchtend zu erscheinen. Dieses scheint davon abzuhängen, daß das Licht auf die festen Theilchen der Säure des Phosphors, die sich bildet, beschränkt ist, insofern, um eine Flamme zu erzeugen, erfordert wird, daß eine gewisse Masse elastischer Flüssigkeit leuchtend werde.

Wir haben alle Urfach zu glauben, daß, wenn *Phosphor - Wasserstoffgas* in sehr verdünnter Luft

zur Explosion kömmt, der Phosphor allein verbrennt. Wahrscheinlich würde jeder andere brennbare Körper, dessen Product des Verbrennens den festen Zustand hat, in einer eben so sehr verdünnten Luft, oder in eben so stark versetzten Gasmengen als der Phosphor leuchtend werden, wenn man die Hitze hinlänglich zum Verbrennen desselben erhöhte. Ich habe in der That gefunden, daß dieses mit dem *Zinke* der Fall ist. In einem rothglühenden eisernen Tiegel, der auf dem Teller einer Luftpumpe stand, wurde Zinkseile geworfen, der Recipient über ihn gesetzt, und die Luft so stark verdünnt, daß sie nur noch $\frac{2}{3}$ ihrer anfänglichen Dichtigkeit hatte; in der Meinung, der immer noch glühende Tiegel sey voll Zinkdampf, ließ ich nun $\frac{1}{3}$ Luft mehr in den Recipienten hineintreten, und im Augenblicke wurde der Tiegel erfüllt und umgeben von einem sehr glänzenden Leuchten, dem ähnlich, welches entsteht, wenn in einen mit Phosphordampf erfüllten luftleeren Raum die Luft eindringt.

Das das Verbrennen verhindernde Vermögen zu Erkälten, welches elastische Flüssigkeiten beim Beimengen zu entzündlichen Gasmischungen äußern, muß mit dem *Verdichten* derselben zunehmen und mit dem *Verdünnen* abnehmen; und dabei nimmt die Menge von Materie, welche in gleichen Zeiten verbrennt, verhältnißmäßig zu oder ab. Die Versuche mit Flammen in verdünnter at-

mosphärischer Luft zeigen, daß die Menge von Wärmestoff, welche sich im Verbrennen entbindet, sehr langsam durch das Verdünnen sich vermindert, ohne Zweifel weil das Erkältungs-Vermögen des Stickgas schneller als das Erwärmungs-Vermögen der brennenden Körper abnimmt. Ich habe versucht; den *Einfluß* zu bestimmen, den die *Verdichtung auf die Flamme* in der atmosphärischen Luft hat, und ob, wie zu erwarten war, bei zunehmender Menge der brennenden Materie das Erkältungs-Vermögen des Stickgases sich nach einem geringern Verhältnisse als die Wärme vermehrt; fand aber, daß es große Schwierigkeiten hat, diese Versuche mit Genauigkeit zu machen. Doch habe ich mich versichert, daß sowohl das Licht, als die Wärme der Flammen eines Wachslichts, des Schwefels und des Wasserstoffgases, in einer bis zum 4-fachen verdichteten Luft beide zugenommen haben, wiewohl nicht um mehr, als es der Fall gewesen seyn würde, wenn ich zu der atmosphärischen Luft $\frac{1}{2}$ Sauerstoffgas hinzugefügt hätte.

Ich habe die Luft beinahe bis zum 5-fachen verdichtet, und in ihr die Temperatur eines *Eisendrahts* mittelst des Volta'schen Apparats bis zur Weißglühhitze erhöht; das Verbrennen des Drahts ging aber nur mit wenig mehr Glanz als in der atmosphärischen Luft vor sich, und hätte nicht von selbst fort dauern können, wie im Sauerstoffgas. Die *Kohle* schien in dieser verdichteten Luft nicht leb-

hafter als in der gewöhnlichen Luft zu brennen. Es ist meine Absicht, diese Versuche, wo möglich, in höhern Graden von Verdichtung zu wiederholen. Sie beweisen hinlänglich, daß, gleich wie durch Verdünnung der Luft (wenigstens innerhalb gewisser Gränzen) die Hitze der Flamme in der atmosphärischen Luft nicht bedeutend vermindert wird, sie auch durch Verdichtung nicht beträchtlich erhöht wird; ein für die Constitution unserer Atmosphäre sehr wichtiger Umstand, dem sie es verdankt, daß sie in allen Höhen und in allen Tiefen, in denen der Mensch noch zu leben vermag, immer in derselben Beziehung zu dem Verbrennen steht.

Es läßt sich aus diesem allgemeinen Gesetze folgern, daß die Gasarten, welche nicht am Verbrennen Antheil nehmen, in hohen Temperaturen minder geeignet seyn müssen, das Verbrennen zu verhindern, als in der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre; und daß dasselbe mit dem Wasserdampfe statt finde und mit den übrigen Dämpfen, welche zu ihrer Bildung eine bedeutende Wärme erfordern; und besonders muß dieses in Rücksicht der Körper gelten, welche in niedrigen Temperaturen brennen.

Ich habe einige Versuche über die *Wirkung des Wasserdampfs* angestellt, und die Resultate derselben entsprachen diesen Ansichten. Ich finde, daß es einer großen Menge Wasserdampfs bedarf, um den Schwefel zu verhindern, zu brennen.

Eine Mischung von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas detonirten noch durch den electricen Funken, nachdem ich ihr den 5-fachen Raum an Dampf beigemengt hatte. Und selbst atmosphärische Luft und Kohlen-Wasserstoffgas, das am schwersten detonirende unter allen Gasgemengen, bedurfte einer Beimengung von $\frac{1}{3}$ an Wasserdampf, wenn es nicht mehr sollte explodiren können, indels $\frac{1}{3}$ Stickgas dasselbe bewirkt. Diese Versuche wurden über Quecksilber gemacht; ich erhitzte das Wasser über dieses Metall, und brachte die Correction wegen der Ausdehnung des Gases mit 0,375 in Rechnung.

In gewissen Gasgemengen, in welchen sich viel nicht entzündliche oder das Verbrennen nicht unterhaltende elastische Flüssigkeit befindet, geht wahrscheinlich in erhöhten Temperaturen eine Verbindung mit dem Sauerstoff vor, ohne alles Erscheinen von Licht, wie das beim Wasserstoffgas und bei der Chlorine, (nach dem was S. 167. bemerkt worden) der Fall ist, weil die Temperatur nicht hinlänglich hoch seyn dürfte, um die elastischen Mittel leuchten zu machen. Werden die Verbindungen des Phosphors und der Metalle ausgenommen, so giebt es keine Körper weiter, bei deren Verbrennen feste Körper das Resultat der Verbindung mit dem Sauerstoff sind. Ich habe in meinem ersten Aufsatze über die Flamme *) nachgewiesen, daß das Licht der ge-

*) No. II. dieses Stücks dieser Annalen.

wöhnlichen Flammen fast ganz und gar auf das Glühen und das Verbrennen von Kohle, die sich in fester Gestalt absetzt, beruhe; daß aber Gasarten eine solche Kohle absetzen, dazu wird eine andere Temperatur erfordert. Der Phosphor verdampft in der gewöhnlichen Temperatur, und seine Dämpfe verbinden sich dann, wie wir gesehen haben, mit dem Sauerstoff; er ist daher immer leuchtend. Denn wir haben alle Ursache zu glauben, daß jedes Theilchen der von ihm gebildeten Säure die Temperatur der Weißglühhitze habe; dieser Theilchen sind aber in einem gegebenen Raume nur so wenige vorhanden, daß sie die Temperatur eines festen Körpers, der sich in demselben befindet, kaum erhöhen, indess sie beim schnellen Verbrennen des Phosphors, wo ihrer unendlich viele in einem kleinen Raum vorhanden sind, eine sehr hohe Hitze erzeugen.

In allen Fällen wird die *Menge des Wärmestoffs, die sich während des Verbrennens entbindet*, der Menge der Materie proportional seyn, welche brennt und welche mit dem Körper in Berührung ist, den man erhitzen will; auf diese Art wirken das Löthrohr und der Luftzug. In der Atmosphäre ist das Stickgas dieser Wirkung hinderlich, obgleich sie immer noch sehr groß bleibt. In dem reinen Sauerstoffgas bringt die Verdichtung eine unermessliche Wirkung hervor, und wenn man einen Strom von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas an-

wendet, so erreichen höchst wahrscheinlich die festen Körper endlich die Temperatur der Flamme. Diese Temperatur ist bei den Versuchen dieser Art die äußerste Gränze; denn Körper, welche der Flamme ausgesetzt werden, können keine grössere Hitze annehmen, als die Flamme selbst hat. Dagegen scheint in dem Volta'schen Apparate keine andere Gränze der Wärme, als die, bei der eine Verflüchtigung der Leiter vor sich geht, statt zu finden.

Wahrscheinlich haben die *verschiedenen Flammen sehr verschiedene Temperaturen*. Wenn in den chemischen Verbindungen keine Raum-Veränderung vorgeht; wie das bei der gegenseitigen Einwirkung von *Chlorine* und *Wasserstoffgas* und von *Blaustoffgas* und *Sauerstoffgas* der Fall ist, so läßt sich die Temperatur ihrer Flammen aus der Expansion während der Explosion näherungsweise finden. Ich habe einige Versuche dieser Art angestellt, und diese Gasarten in einer umgebogenen Glasröhre, worin sich Quecksilber oder Wasser befand, durch den electrischen Funken detonirt, und habe dabei auf die Expansion aus der Menge der Flüssigkeit, die aus der Röhre herausgetrieben wurde, geschlossen. Der große Widerstand, welchen das Quecksilber leistet, und das große Erkältungs-Vermögen, welches es besitzt, machten, daß die Resultate der Versuche mit demselben sehr wenig genügend ausfielen. Die Versuche mit Blau-

stoffgas und Sauerstoffgas über Wasser, gaben aber bessere Resultate. Als ich diese beiden Gasarten in dem Verhältnisse von 1 zu 2 mit einander gemengt, in einer $\frac{3}{4}$ Zoll weiten Röhre detoniren ließ, wurde so viel Wasser aus der Röhre hinausgetrieben, als einer Expansion bis auf das 15-fache des anfänglichen Raums der beiden Gasarten entsprach. Ein Resultat, welches eine Temperatur von mehr als 2760° der Centesimal-skale anzeigt; wahrscheinlich aber war die Temperatur noch viel höher, da eine Menge Wärme durch Mittheilung an die Röhre und an das Wasser verloren gehen mußte. Die Hitze des gasförmigen Kohlenstoffs, welcher in diesem Gas [dem Blausstoff] verbrennt, scheint intensiver als die des Wasserstoffs zu seyn; denn ich habe gefunden, daß ein Platindraht von der Flamme des Blausstoffgases in atmosphärischer Luft geschmolzen wurde, indess eine ähnliche Flamme von Wasserstoffgas ihn nicht zu schmelzen vermochte.