

I. *Ueber die Spectra der Flammen einiger Gase;
von Dr. H. C. Dibbitts in Utrecht.*

Die folgenden Untersuchungen wurden von mir angestellt in einem dem Tageslichte unzugänglichen Keller des chemischen Laboratorium der Universität Utrecht, mit einem Spectral-Apparate von Steinheil in München, wie er in diesen Annalen Bd. 113, S. 374 beschrieben ist.

Das große Flintglasprisma unseres Instrumentes hat einen brechenden Winkel von $59^{\circ} 56', 2$. Die mit einem Babinet'schen Goniometer bestimmten Brechungscoefficienten sind wie folgt:

für die Fraunhofer'sche Linie $B : 1,6094$

„ „ „ „ $D : 1,6158$

„ „ „ „ $H : 1,6476$

Die Größe der verschiedenen Scalentheile wurde vorher mit einem astronomischen Universal-Instrumente gemessen und über die ganze Scale sehr nahezu gleich gefunden: der Winkelwerth von 10 Scalentheilen ist bei unserm Spectral-Apparate $= 19' 8''$.

Bei *allen* Messungen mit der Scale wurde diese vorher so gestellt, daß die Natriumlinie auf 50,0 fiel. Sonach wurden durch mehrer Ablesungen die Oerter der vornehmsten Fraunhofer'schen Linien gefunden wie folgt:

$A = 26$
 $B = 30,5$
 $C = 35,6$
 $D = 50,0$
 $E = 68,7$
 $F = 72,3$
 $G = 119,5$
 $H = 150.$

Die Mikrometerschraube zur Verengung und Erweiterung des Spaltes war so eingerichtet, daß bei Abänderung der Spaltbreite, im Spectrum die linke, (nach dem weniger brechbaren Theile hingekehrte) Seite unbeweglich blieb, und nur die rechte Seite ihren Ort veränderte. Die linke Seite eines einfachen Streifens ist also die Gränze, worin er, wenn man die Spaltbreite bis zum unendlich Kleinen verengerte, übergehen würde. Wo im Folgenden die Oerter einfacher Streifen auf unserer Scale angegeben sind, haben wir darum immer, nachdem das Ocular scharf eingestellt war, nur die linke Seite gemessen.

Spectrum der Flamme von Wasserstoff.

Der Wasserstoff wurde immer unmittelbar vor jedem Versuche aus gewöhnlichem Zink und verdünnter Schwefelsäure entwickelt; das Gas wurde dann durch eine Röhre mit Natronkalk geleitet und zuletzt über Chlorcalcium getrocknet. Die Verbrennung geschah:

- A. in Luft,
- B. in Sauerstoff,
- C. in Stickstoffoxydgas,
- D. in Stickstoffoxydgas,
- E. in Chlor.

A. Flamme von Wasserstoff in Luft.

Wenn das Gas aus einer gläsernen Röhre in die Luft ausströmt, ist die Farbe der Flamme gelb. Das Spectrum besteht aus einer sehr hellen Natriumlinie und etwas äußerst schwachem Licht an beiden Seiten dieser Linie. Dieses Licht erstreckt sich vom Roth bis zum Blau, ist aber so schwach, daß sich keine Farben darin unterscheiden lassen, mit Ausnahme des Grüns, wo das Licht etwas stärker ist. Von Linien war, außer der Natriumlinie, auch bei sehr geringer Spaltbreite, gar nichts zu bemerken. Läßt man Wasserstoff aus einer gläsernen Röhre in die Luft ausströmen, und entzündet man das Gas, so ist die Flamme in den ersten Augenblicken kaum sichtbar; im Spectrum ist

dann die Natriumlinie sehr schwach. Bald aber wird das Glas heifs, die Flamme färbt sich gelb, und die Natriumlinie wird im Spectrum sehr stark. Es ist klar, dafs das Natrium des Glases Ursache ist des gelben Lichtes: nur wenn das Glas heifs ist, kann sich Natrium oder eine Natriumverbindung verflüchtigen.

Wenn das Gas aus einer gut gereinigten metallenen Röhre brennt, so ist die Flamme viel weniger leuchtend. Wir gebrauchten eine Röhre von Messing und eine von Platin; in beiden Fällen war die Flamme fast unsichtbar, und das Spectrum bestand aus einer schwachen Natriumlinie nebst dem eben genannten schwachen Lichte, wovon das Grün das hellste war.

B. Flamme von Wasserstoff in Sauerstoff

Diese Verbrennung geschah mittelst zwei concentrischer Röhren, so dafs die beiden Gase, Wasserstoff und Sauerstoff, aus abgesonderten Apparaten ausströmend, sich erst an der Spitze ihrer Ausströmungsröhren vereinigten. Dergleichen Knallgasröhren hatten wir zwei, welche sich nur in der Weite der Oeffnungen von einander unterschieden; sie waren beide von Messing. Sie wurden fast immer angewandt, wenn bei den folgenden Untersuchungen zwei verschiedene Gase mit einander verbrennt wurden.

Der Sauerstoff ward durch Erhitzung von Braunstein entwickelt und in einem, mit Wasser gefüllten Gasbehälter aufgefangen. Vor der Verbrennung wurde er geleitet durch eine Waschflasche mit Schwefelsäure, durch ein Rohr mit Natronkalk und durch ein Rohr mit Chlorcalcium.

Bei vollkommen reinen Ausströmungsöffnungen waren Flamme und Spectrum in jeder Hinsicht dieselben wie bei A, bei der Verbrennung aus Messing oder Platin; nur war die Natriumlinie beim Verbrennen in Sauerstoff viel stärker. Von anderen Linien war nichts zu bemerken. Nur wenn die Ausströmungsöffnungen ein wenig oxydirt waren, so zeigten sich im Spectrum ausser der hellen Natriumlinie sehr viel helle Linien im Roth, Grün und Blau.

Aber es war leicht zu zeigen, daß wenigstens die hellsten dieser Linien dieselben waren als die, welche sich bei der Verflüchtigung von Kupferchlorid in der Bunsen'schen Gasflamme zeigen.

In keiner Hinsicht war ein Unterschied zu bemerken, ob der Sauerstoff aus der inneren und der Wasserstoff aus der äußeren Röhre strömte, oder umgekehrt. So war es auch immer bei den folgenden Versuchen, wo eine der beiden Knallgasröhren zur Verbrennung von zweierlei Gasen angewandt wurde.

C. Flamme von Wasserstoff in Stickstoffoxydulgas.

Indem der eingeführte Sauerstoff die Flamme verkleinert, wird diese durch das Einführen von Stickstoffoxydulgas sehr vergrößert. Sie bekommt dabei ein ganz anderes Ansehen, sie hat jetzt eine schwach grüne Farbe, oder besser, sie ist von einer neuen, insbesondere am Gipfel der Flamme stark entwickelten, Hülle umgeben.

Das Stickstoffoxydulgas wurde zu diesen Versuchen unmittelbar vor der Verbrennung bereitet, durch gelindes Erhitzen von salpetersaurem Ammoniak; das Gas wurde durch ein Rohr mit Natronkalk, durch ein U-förmiges Rohr mit Bimsstein, der mit einer concentrirten Lösung von Eisenvitriol befeuchtet war, und durch ein Rohr mit Chlorcalcium geleitet.

Wasserstoff und Stickstoffoxydulgas, zusammen verbrennt, geben, wie gesagt, eine grüne Flamme. Das Spectrum dieser Flamme ist ganz continuirlich, ohne Natriumlinie, wenn die Ausströmungsöffnungen gut gereinigt sind. Auf unserer Scale (siehe oben) erstreckte es sich von 35 bis 130; es finden sich darin also alle Farben, aber Roth, Orange und Gelb sind sehr schwach; das Grün ist ziemlich hell, Blau und Violett sind wieder sehr schwach. Weder von hellen, noch von dunkeln Linien war etwas zu sehen.

Als wir aber diesen Versuch einige Male also angestellt hatten, kam der Gedanke bei uns auf, ob vielleicht das Kupfer des Brenners das genannte grüne Licht verursachen

könnte. Um dies zu entscheiden, stellten wir den folgenden Versuch an. Einige Flaschen von ungefähr zwei Liter Inhalt wurden mit Stickstoffoxydulgas gefüllt, das über eine concentrirte Kochsalzlösung aufgefangen worden; das Gas wurde entwickelt und gereinigt wie soeben gesagt. Durch den Hals der Flasche wurde jetzt eine doppelt umgebogene gläserne Röhre eingebracht, welche den Wasserstoff zuführte und an ihrem Ende mit einem Röhrchen von Platin verbunden werden konnte. Auf diese Weise konnte man den Wasserstoff in einer Atmosphäre von Stickstoffoxydulgas aus Glas oder aus Platin brennen lassen.

Der Wasserstoff wurde in der Luft entzündet und brennend in die Flasche gebracht. Es ergab sich nun, daß, so beim Brennen aus Glas, wie aus Platin, Flamme und Spectrum ganz gleich waren wie beim Brennen aus Messing. Das Kupfer war demnach nicht die Ursache des grünen Lichtes. Dies grüne Licht also, das ein ganz continuirliches Spectrum vom Roth bis zum Anfang des Violettes giebt, worin alle Farben schwach sind, aber das Grün viel stärker auftritt, dies Licht ist der Verbrennung von H in NO eigenthümlich.

Wird eine Wasserstoffflamme in eine Flasche mit Stickstoffoxydulgas gebracht, so vergrößert sich die Flamme sehr stark; in dem Maasse als das NO sich vermindert, vergrößert sie sich noch mehr, wird aber zugleich lichtschwächer. Im ersten Momente ist die Leuchtkraft so stark, daß die grüne Farbe sich sehr leicht, selbst bei hellem Tageslichte wahrnehmen läßt; bald aber wird das Licht schwächer und ist noch ehe die Flamme erlöscht so schwach geworden, daß es nur im Dunkeln wahrnehmbar ist. Es versteht sich, daß, je größer die Leuchtkraft der Flamme, auch das Spectrum um so heller ist. Beim Erschwächen der Leuchtkraft verschwinden im Spectrum erst die beiden Enden (Roth und Violett), dann Blau, Orange und Gelb, während das Grün am längsten sichtbar bleibt.

Bemerkenswerth ist noch, daß, wenn die Wasserstoffflamme eine kurze Zeit in der Flasche mit NO gebrannt

hat, der Inhalt der Flasche sich roth färbt und der Geruch die Anwesenheit von NO^3 oder NO^4 verräth. Bei fortgesetzter Verbrennung verschwindet aber die rothe Färbung wieder. Es entsteht also bei der Verbrennung von Wasserstoff in einer Atmosphäre von Stickstoffoxydulgas eine kleine Menge einer höheren Oxydationsstufe des Stickstoffs. Ammoniak konnten wir dabei nicht auffinden.

D. Flamme von Wasserstoff in Stickstoffoxydgas.

Das Stickstoffoxydgas wurde aus verdünnter Salpetersäure und Kupfer entwickelt, durch ein Rohr mit Natronkalk geleitet und sodann über warmem Wasser in Flaschen von 1 bis 2 Liter Inhalt aufgefangen. Der Wasserstoff brannte aus derselben Platinröhre, die bei C. gebraucht war; in der Luft war die Flamme fast unsichtbar und ihr Spectrum zeigte nur eine sehr schwache Natriumlinie. Als aber die Wasserstoffflamme in die Flasche mit NO^2 eingebracht ward, erlöschte sie sogleich. Nur wenn man die Flamme im Halse der Flasche hält, so daß der Sauerstoff der Luft Zutreten kann, bleibt sie fortbrennen, und brennt dann ganz und gar so wie in Stickstoffoxydulgas; die Flamme war sehr vergrößert und mit einer schwach leuchtenden grünen Umbüllung versehen. Auch das Spectrum war in allen Hinsichten gleich dem unter C. beschriebenen.

Wird die Wasserstoffflamme 1 bis 2 Centim. über den geöffneten Hals der Flasche gehalten; so ist sie noch grün, indem das diffundirende NO^2 noch an der Verbrennung Theil nimmt; das Spectrum ist immer dasselbe, aber schwächer.

Wird die Wasserstoffflamme sehr langsam in die Flasche niedergelassen, so kann man ihrer Erlöschung vorbeugen; sie brennt dann aber nicht am Ende der Ausflußröhre, sondern im Halse der Flasche, wo das Gemenge von H und NO^2 mit der Luft in Berührung kommt.

E. Flamme von Wasserstoff in Chlorgas.

Diese Verbrennung geschah in mit Chlorgas gefüllten Flaschen von 2 Liter Inhalt. Der Wasserstoff brannte aus

derselben gläsernen Röhre, die unter C. beschrieben ward und mit einem Platinröhrchen verbunden werden konnte; das Gas wurde in der Luft entzündet und sodann die Flamme in die Flasche gebracht. Das Chlorgas war dargestellt aus Braunstein und Salzsäure und durch Wasser gewaschen.

Die Flamme von Wasserstoff in einer Atmosphäre von Chlorgas, möge sie aus Glas oder Platin brennen, hat ein sehr eigenthümliches Aussehen; sie ist sehr groß, schwach leuchtend, blaß grünlich. Das Spectrum ist ganz continuirlich, vom Roth bis zum Violett, und alle Farben sind ungefähr gleich schwach, nur das Grün ist heller. Die Natriumlinie war, auch beim Brennen aus Glas, sehr schwach.

Wenn das Chlorgas abnimmt vergrößert sich die Flamme, während zugleich die Leuchtkraft sich vermindert. Im Spectrum verschwindet erst das Violett, dann das Blau, Roth, Orange und Gelb, während das Grün sichtbar bleibt bis zum Augenblicke wo die Flamme erlöscht.

Schließlich bemerken wir in Bezug auf der Verbrennung von Wasserstoff, daß wir bei keiner der fünf beschriebenen Flammen in einer Lösung von schwefelsaurem Chinin die geringste Fluorescenz wahrnehmen konnten.

Spectrum der Flamme von Kohlenoxyd.

Das Kohlenoxydgas wurde durch Erhitzung von krySTALLISIRTER Oxalsäure mit concentrirter Schwefelsäure entwickelt; das resultirende Gasgemenge wurde durch ein lauges Rohr mit Natronkalk geleitet. Das Kohlenoxyd wurde sodann über Wasser aufgefangen. Vor der Verbrennung wurde es nochmals durch ein Rohr mit Natronkalk geführt und nachher über Chlorcalcium getrocknet. Die Verbrennung geschah:

- A. in Luft
- B. in Sauerstoff
- C. in Stickstoffoxydulgas.

A. Flamme von Kohlenoxyd in Luft.

Diese Flamme hat eine schöne blaue Farbe. Mit Leichtigkeit kann man in ihr drei Theile unterscheiden: erstens im Innern einen dunkeln Kegel; zweitens den eigentlich leuchtenden Theil der Flamme, welcher den dunklen Kegel an allen Seiten umgiebt, von diesem aber scharf abgetrennt und in seiner Nähe am stärksten leuchtend ist; drittens eine sehr schwach leuchtende Umhüllung im untern Theile der Flamme schmal, oben viel breiter, vom stark leuchtenden Theile weniger scharf getrennt.

Die Flamme erregt in einer schwefelsauren Chininlösung starke Fluorescenz.

Das Spectrum ist ganz continuirlich, ohne eine Spur von hellen oder dunkeln Linien. Es erstreckt sich auf unserer Scale von 35 bis 140 ungefähr. Das Roth, Orange und Gelb sind sehr schwach, das Grün, Blau und Violett hingegen viel stärker. Es unterscheidet sich dieses Spectrum wesentlich vom Spectrum, das glühende feste Körper geben, durch die relative Helligkeit der verschiedenen Farben; denn in diesem sind die weniger brechbaren Farben viel stärker als das Blau und Violett, in jenem hingegen sind die brechbarsten Farben die hellsten. Bemerkenswerth ist noch, dafs im Spectrum der Kohlenoxydflamme die Natriumlinie ganz fehlt, selbst wenn das Gas aus einer gläsernen Röhre brennt.

B. Flamme von Kohlenoxyd in Sauerstoff.

Wenn Sauerstoff in die Kohlenoxydflamme eingeführt wird, wird diese ein wenig kleiner, aber viel stärker leuchtend. Es ist besonders der oben genannte leuchtende Theil, der sich verkleinert, (indem jedoch seine Leuchtkraft stark zunimmt); die äufsere Umhüllung ist viel vergrößert.

Die Flamme von Kohlenoxyd in Sauerstoff macht eine Lösung von schwefelsaurem Chinin stark fluorescirend, ein wenig stärker als die Flamme in Luft.

Das Spectrum ist ganz continuirlich, von 35 bis 150

ungefähr. Es ist ganz gleich dem unter A. beschriebenen; nur sind das Blau und Violett noch etwas stärker als dort.

Der angewandte Sauerstoff war derselbe wie der bei der Verbrennung von Wasserstoff.

C. Flamme von Kohlenstoff in Stickstoffoxydulgas.

Die Leuchtkraft dieser Flamme hält die Mitte zwischen der Flamme in Luft und der Flamme in Sauerstoff; so auch die Gröfse des eigentlich leuchtenden Theiles. Die äufsere Umbüllung ist sehr vergrößert und deutlich gelbgrün gefärbt. Die Fluorescenz von schwefelsaurem Chinin ist gleich der bei der Flamme in Luft.

Das Spectrum ist auch ganz gleich dem unter A. beschriebenen; es erstreckt sich von 35 bis 140.

Das Stickstoffoxydulgas wurde bereitet und gereinigt wie bei der Wasserstoffflamme.

Spectra der Flamme von Kohlenwasserstoffen.

Ueber diesen Gegenstand hat schon im Jahre 1856 William Swan ¹⁾ solche ausgezeichnete Untersuchungen veröffentlicht, dafs wir nichts Neues hinzuzufügen haben. Später hat auch Attfield ²⁾ einige Beobachtungen darüber mitgetheilt. Nur haben wir beobachtet, dafs auch die Dämpfe von Benzoëssäure und die Dämpfe von Zimmtsäure, mit Wasserstoff zusammen verbrennt, beide dasselbe, von Swan beschriebene, allen Kohlenwasserstoffen zugehörige Spectrum geben. Es sind dies zwei Körper, zu einer organischen Classe gehörend, wovon Swan keinen untersucht hat.

Dafs die Flamme von Chloroform (C^3HCl^3), mit einem brennbaren Körper gemengt, dasselbe Kohlenwasserstoffspectrum giebt, hat auch schon Swan beobachtet. Böttger ³⁾ erwähnt einiger Linien im Spectrum der Flamme von Leuchtgas, das durch Chloroform geführt war; es ist leicht zu zeigen, dafs diese Linien von Böttger zum Swan'schen

1) *Edinb. Phil. Trans.* T. 21, p. 411. — *Pogg. Ann.* Bd. 100, p. 306.

2) *Edinb. Phil. Trans.* T. 22, p. 221.

3) *Erdm. Journ. f. pr. Chem.* Bd. 85, S. 393.

Spectrum gehören. Wird nämlich Leuchtgas durch Chloroform geleitet und die Flamme mit Luft angeblasen, so besteht diese aus einem grünen innern Leuchtkegel mit einer schwach leuchtenden gelblich-grünen Umhüllung; der innere Kegel giebt dann das Spectrum von Swan. Die Umhüllung aber giebt ein continuirliches Spectrum, gerade wie die Flamme von Wasserstoff in Chlorgas.

Spectrum der Flamme von Cyan.

Ueber das Spectrum der Cyanflamme liegen schon frühere Beobachtungen vor. Aber diese sind alle nur sehr unvollständig; eine eigentliche Beschreibung ist noch nie gegeben, und deshalb wollen wir uns etwas länger bei diesem außerordentlich schönen Spectrum aufhalten. Wir fangen an mit den früheren Mittheilungen.

Schon im Jahre 1829 wurde das Spectrum der Cyanflamme von Faraday beobachtet. Indessen hat er es selbst nicht beschrieben, sondern John Herschel und Talbot die beim Versuche Faraday's gegenwärtig waren. John Herschel sagt in einer Privat-Mittheilung an Quételet ¹⁾: *„La flamme du cyanogène, quand on l'observe à travers une étroite ouverture, présente une teinte pourpre bordée d'un jaune verdâtre. Lorsqu'on l'observe à travers un prisme, elle forme un spectre divisé d'une manière tout-à-fait particulière en différentes parties limitées par plusieurs bandes obscures. Ces bandes partagent assez uniformément l'étendue du spectre; et les parties lumineuses présentent toutes à peu près la même intensité d'éclat“*. — Und Talbot sagt von der Gasflamme ²⁾: *„When viewed with a prism, this flame presents a very distinct and peculiar character, separating the violet end of the spectrum into three portions, with broad dark intervals between. But the most remarkable fact is this, that the last of these portions is so widely separated from the others as to induce a suspicion that it may be more refracted than any rays in the*

1) *Corr. math. et phys par Quételet* T. 5. p. 254.

2) *Phil. Mag.* (3) T. 4, p. 114.

solar spectrum, a question which I should be glad to have the opportunity of deciding by direct experiment. This separate portion has a pale undecided hue. I should hardly have called it violet, were it not situated at the violet end of the spectrum. To my eye it had a somewhat whitish or grayish appearance.

19 Jahre später (1848) ist das Spectrum der Cyanflamme von Draper untersucht und mit folgenden Worten beschrieben¹⁾: »(The spectrum) was crossed throughtout its extent by black lines, separating it into well-marked divisions. I could plainly count four great red rays of definite refrangibility, followed by one orange, one yellow, and seven green; whilst in the more refrangible spaces were two extensive groups of black lines, recalling somewhat from their position, but greatly exceeding in extent, Fraunhofer's Lines marked G and H in the sun rays.« Draper hat noch eine schematische Abbildung dieses Spectrums hinzugefügt, aber diese ist, wie auch die genannte Beschreibung, sehr unvollständig.

In den letzten Jahren ist das Spectrum der Cyanflamme noch von Böttger und von Attfield erwähnt. Böttger²⁾ sagt nur davon: »dasselbe erscheint außerordentlich schön und zwar mit Linien aller Farbenschattirungen.« Attfield³⁾ sagt nur, daß dasselbe aus dem Spectrum des Kohlenstoffs und des Stickstoffs zusammengesetzt ist, giebt aber keine weitere Beschreibung.

Zu unseren Beobachtungen über das Cyanspectrum haben wir das Cyangas verbrannt:

- A. in Sauerstoff,
- B. in Luft,
- C. in Stickstoffoxydulgas.

Das Cyangas wurde entwickelt durch Erhitzung von reinem krystallisirtem Cyanquecksilber, das zerrieben und

1) *Phil. Mag.* (3), T. 32, p. 108.

2) *Erdm. Journ.* Bd. 85, S. 394.

3) *Edinb. Phil. Trans.* 22, p. 222.

immer unmittelbar vor dem Versuche 2 bis 4 Stunden bei 140 bis 160° getrocknet wurde in der gläsernen Retorte selbst, worin es sodann erhitzt wurde. Im Ganzen wurden 300 Grm. Cyanquecksilber gebraucht; bei jedem Versuche gaben 25 Grm. während 50 bis 60 Minuten eine brauchbare Flamme.

Um das Cyangas von Quecksilberdämpfen zu reinigen, wurde es durch zwei U-förmige, mit kleinen Stückchen reines Kupferdrehseil gefüllte Röhren geleitet; die erste dieser Röhren befand sich in einem Glase mit kochendem Wasser, die zweite in einer Kältemischung von schwefelsaurem Natron und Salzsäure. Das Kupfer wurde von Zeit zu Zeit erneuet. Nachdem es über das Kupfer geleitet war, wurde das Cyangas in einem Rohre mit neutralem Chlorcalcium getrocknet und sodann, unmittelbar nach der Entwicklung, verbrennt. Es brannte aus Glas oder aus Messing; es gab dieß keinen anderen Unterschied als daß beim Glase die Natriumlinie immer sehr stark war, während diese beim Brennen aus Messing gänzlich fehlte.

Der Sauerstoff, womit das Cyangas verbrennt wurde, wurde vor dem Versuche entweder aus Braunstein oder aus sehr reinem, dreimal umkrystallisirtem chloresurem Kali entwickelt und in einem gläsernen Gasbehälter über Wasser aufgefangen. Vor der Verbrennung wurde er über Natronkalk, Bimsstein mit Schwefelsäure und Chlorcalcium geführt.

Das Stickstoffoxydulgas wurde ebenso vor dem Versuche aus salpetersaurem Ammoniak entwickelt und in einem gläsernen Gasbehälter über einer concentrirten Kochsalzlösung aufgefangen. Vor der Verbrennung wurde es über Bimsstein mit Schwefelsäure, Natronkalk und Chlorcalcium geführt.

A. Spectrum der Flamme von Cyan in Sauerstoff.

Das Spectrum der Cyanflamme, insbesondere wenn diese in Sauerstoff brennt, ist bei weitem das schönste und prachtvollste aller von uns untersuchten Spectra. Ganz

der Wahrheit gemäß sagt Draper, als er die Cyanflamme mit dem Prisma analysirte¹⁾: »*There was a spectrum so beautiful, that it is impossible to describe it by words or depict it in colours.*« Wir konnten nicht besser thun, als die Lage der verschiedenen hellen und dunkeln Linien genau zu messen. Die Aufgabe dieser Messungen folgt hier unten. Vorher aber einige allgemeine Bemerkungen.

Das Spectrum²⁾ dehnt sich über alle Farben aus; es ist sichtbar von der Fraunhofer'schen Linie *a* bis sehr weit im Violett. Im Roth und Orange findet man eine große Anzahl breiter heller Bänder, meistens nur durch schmale dunkle Zwischenräume von einander getrennt und immer an der weniger brechbaren Seite sanft verfließend, an der mehr brechbaren Seite gewöhnlich scharf begränzt. Nur stellenweise lassen sich in diesen rothen und orangen Bändern noch schwache Linien von einfachem Licht unterscheiden. Im Grün findet man ebenso dergleichen Bänder, welche jedoch bisweilen an der weniger brechbaren Seite scharf begränzt sind und an der mehr brechbaren Seite sanft verfließen; dabei findet man im Grün zwei Gruppen von hellen Linien, eine zwischen den Fraunhofer'schen Linien *D* und *E*, und eine in der Nähe der Fraunhofer'schen Linie *b*. Nach anhaltender Beschauung dieses Theiles des Spectrums kam es uns sehr oft vor, als ob hier noch eine unzählbare Menge äußerst schwacher Linien durchschienen, die wir aber nicht mit Gewißheit wahrnehmen konnten. Im Folgenden haben wir nur das sicher Beobachtete angegeben.

Der blaue und violette Theil des Spectrums besteht hauptsächlich aus vier prachtvollen Gruppen von hellen Linien, deren wir 21 zählen konnten, und aus einem Paar schwache Bänder, worin noch einige sehr schwache helle Linien. Die zwei ersten dieser prachtvollen Liniengruppen finden sich zwischen *F* und *G*, die dritte zwischen *G* und *H*.

1) *Phil. Mag.* (3) 32, p. 108.

2) Eine Abbildung dieses Spectrums findet man in meiner Inaugural-Dissertation: *De Spectraul-Analyse etc.* 8°. Rotterdam 1863.

Merkwürdig aber ist die Lage der vierten Liniengruppe, denn diese findet sich sehr weit jenseits *H*, ungefähr an der Stelle der Linie *L* von Stokes. Diese Liniengruppe, worin wir Linien unterscheiden konnten, ist im Spectrum der Cyanflamme sichtbar, wenn sie in Sauerstoff, in Luft und wenn sie in Stickoxydulgas brennt. Diese Flamme sendet also Strahlen von so kurzer Wellenlänge in viel größerer Intensität aus, als sie sich im Sonnenlichte, wie es zu uns gelangt, vorfinden. Wie oben erwähnt hat die grofse Brechbarkeit dieses Theils des Spectrums auch schon die Aufmerksamkeit von Talbot erregt.

Wir lassen jetzt die Aufgabe unserer Messungen folgen. Jede Zahl ist das Mittel von fünf Ablesungen. Zur Unterscheidung haben wir die vornehmsten Bänder mit den Ziffern 1, 2, etc., die einzelnen Linien oder Liniengruppen mit den Buchstaben α , β etc. bezeichnet.

Spectrum der Cyanflamme in Sauerstoff.

$$\text{Na}_{\alpha} = 50,0.$$

- | | | | | |
|----|-----------------|---|-----------------|--------------------------------------------------|
| 1) | 26 | — | $27\frac{1}{2}$ | Schwaches rothes Band. |
| | $27\frac{1}{2}$ | — | $28\frac{1}{2}$ | Dunkel. |
| 2) | $28\frac{1}{2}$ | — | 29,8 | Roths Band, rechts stärker ¹⁾ . |
| | 29,8 | — | 33 | Sehr schwaches Licht, allmählich stärker. |
| 3) | 33 | — | 34 | Etwas stärkeres rothes Licht. |
| | 34 | — | $34\frac{1}{2}$ | Dunkel. |
| 4) | $34\frac{1}{2}$ | — | 37,0 | Helles Band, links sehr schwach, rechts stärker. |
| | 37,0 | — | $37\frac{1}{2}$ | Dunkel. |
| 5) | $37\frac{1}{2}$ | — | 39,9 | Helles Band, links sehr schwach, rechts stärker. |
| | 39,9 | — | $40\frac{1}{2}$ | Dunkel. |
| 6) | $40\frac{1}{2}$ | — | 42,9 | Helles Band, links sehr schwach, rechts stärker. |
| | 42,8 | — | $43\frac{1}{4}$ | Dunkel. |

1) *Rechts* bezeichnet hier und weiter: an der *mehr* brechbaren Seite des Spectrums; *links* bezeichnet: an der *weniger* brechbaren Seite.

- 7) $43\frac{1}{4} - 47$ Schwaches helles Band, rechts etwas stärker.
- $\alpha)$ 43,9. Sehr schwacher heller Streifen.
 $47 - 47\frac{1}{2}$ Dunkel.
- 8) $47\frac{1}{2} - 50,0$ Schwaches helles Band, links sehr schwach, rechts stärker.
 $50,0 - 50\frac{1}{2}$ Dunkel.
- 9) $50\frac{1}{2} - 53,7$ Schwaches helles Band, links schwach, rechts stärker.
- $\beta)$ $\left\{ \begin{matrix} 53,3 \\ 53,7 \end{matrix} \right\}$ Sehr schwache helle Streifen.
 $53,7 - 54\frac{1}{4}$ Dunkel.
 $54\frac{1}{4} - 56,8$ Schwaches, gleichmäßiges Licht.
- $\gamma)$ $\left\{ \begin{matrix} 56,8 \\ 58,3 \\ 59,6 \\ 60,8 \\ 61,8 \end{matrix} \right\}$ Gruppe von fünf grünen Streifen, von denen der erste sehr hell, die beiden folgenden schwächer, und die beiden letzten sehr schwach sind. Der Hintergrund ist schwach beleuchtet, nur links vom Streifen 58,3 findet sich ein schmaler vollkommen *dunkler* Streifen.
 $61,8 - 65$ Schwaches, sanft verfließendes Licht.
 $65 - 66\frac{1}{2}$ Dunkel.
- 10) $66\frac{1}{2} - 70$ Schwaches, gleichmäßiges Licht.
 $70 - 72,6$ Sehr schwaches, gleichmäßiges Licht.
- $\delta)$ $\left\{ \begin{matrix} 72,6 \\ 74,1 \\ 75,4 \end{matrix} \right\}$ Gruppe von drei grünen Streifen, von denen der erste sehr hell, der letztere sehr schwach ist, auf erleuchtetem Hintergrunde.
 $75,4 - 89$ Schwaches sehr sanft verfließendes Licht.
 $89 - 92,2$ Dunkel.
- $\epsilon)$ $\left\{ \begin{matrix} 92,2 \\ 93,6 \\ 94,7 \\ 95,7 \end{matrix} \right\}$ Gruppe von vier blauen Streifen von ungefähr gleicher Intensität auf dunklem Hintergrunde.
 $95,7 - 98$ Schwaches sanft verfließendes Licht.
 $98 - 99,9$ Dunkel.

- ζ) $\left\{ \begin{array}{l} 99,9 \\ 101,4 \\ 102,9 \\ 104,3 \\ 105,3 \\ 106,1 \\ 106,6 \end{array} \right\}$ Gruppe von sieben blauen Streifen von ungefähr gleicher Intensität (nur der erste ist etwas heller), auf dunklem Hintergrunde.
 106,6 — 112 Schwaches, sanft verfließendes Licht.
 112 — 114 Dunkel.
 η) $\left\{ \begin{array}{l} 114? \\ 115,0 \\ 115,4 \end{array} \right\}$ Gruppe von zwei oder drei schwachen blauen Streifen auf schwach erleuchtetem Hintergrunde; rechts von 115,4 noch schwaches Licht.
 118 — 119 Dunkel.
 11) 119 — 121 Schwaches helles Band.
 121 — 127,0 Beinahe dunkel.
 θ) $\left\{ \begin{array}{l} 127,0 \\ 128,7 \\ 130,1 \\ 131,3 \\ 132,1 \\ 132,5 \end{array} \right\}$ Gruppe von sechs violetten Streifen, von denen der erste der hellste ist, die folgenden allmählich weniger hell. Der Unterschied in Helligkeit ist jedoch nicht groß. Hintergrund beinahe dunkel.
 132,5 — 140 Schwaches, sanft verfließendes Licht.
 140 — 160 Dunkel.
 i) $\left\{ \begin{array}{l} 160,0 \\ 161,6 \\ 163 \\ 164\frac{1}{4} \end{array} \right\}$ Gruppe von vier violetten Streifen, allmählich an Intensität abnehmend; der erste ziemlich hell, der letzte sehr schwach. Hintergrund beinahe dunkel.
 164 $\frac{1}{4}$ — 170 Sehr schwaches, sehr sanft verfließendes Licht.

Bemerkungen. An den Stellen, welche wir als *dunkel* bezeichnet haben, konnten wir kein Licht mehr wahrnehmen; ob hier aber absolute Finsternis stattfindet, lassen wir unentschieden. Insbesondere lassen wir dies bei dem als *dunkel* bezeichneten Hintergrunde der Liniengruppen ε , ζ , θ und i ; vielleicht *schien* er nur dunkel durch den Contrast

mit der grossen Lichtintensität der Mehrzahl dieser Linien. Einmal sahen wir, bei Anwendung von Sauerstoff aus Braunstein, noch zwei sehr schwache Streifen in der Nähe von α , auf 43,2 und 45,7; später konnten wir sie nicht wiederfinden. — Auch den Streifen auf 114 sahen wir nur einmal; er war äusserst schwach. — Umsonst versuchten wir die relative Helligkeit der verschiedenen Theile des Spectrum zu bestimmen; die grosse Verschiedenheit in Farbe macht dies unmöglich. Von den rothen Bändern ist 5) der hellste; dann folgen 4) und 6). Durch sehr grosse Helligkeit unterscheiden sich der erste Streifen von γ) und der erste von δ). Die Liniengruppen ϵ , ζ und θ haben alle eine grosse Lichtintensität und sind darin nur wenig von einander unterschieden. Viel schwächer ist die letzte Gruppe i .

B. Flamme von Cyan in Luft.

Das Spectrum der in Luft brennenden Cyanflamme hat im Allgemeinen grosse Aehnlichkeit mit dem vorigen; nur in einigen wichtigen Punkten unterscheidet es sich von diesem. Erstens ist die Leuchtkraft der Flamme in Luft viel kleiner, und dies ist Ursache, dass im Spectrum an vielen Stellen, wo bei der Flamme in Sauerstoff sich noch schwaches Licht wahrnehmen lässt, dies bei der Flamme in Luft nicht mehr der Fall ist. Die Bänder 1 bis 9 finden wir im Spectrum letztgenannter Flamme unverändert wieder; nur scheinen sie an der linken (weniger brechbaren) Seite wo das Licht sanft verfließt, in Folge der kleineren Lichtintensität etwas schmaler, und dadurch die dunklen Zwischenräume etwas breiter. Der schwache Streifen α) ist noch sichtbar; das Streifenpaar β) lässt sich nicht mehr in zwei Streifen auflösen, sondern zeigt sich wie eine breitere Linie. Etwas grösser ist der Unterschied zwischen den beiden Spectren im übrigen Theile. Statt der Liniengruppe γ) mit dem vorhergehenden schwachen Lichte, sieht man nur (von 55 bis 57 $\frac{1}{4}$) ein helles Band, das links sanft verfließt und rechts, bei 57, sehr hell ist; es ist dies die

Stelle des ersten Streifens von γ . Dann folgt ein schmaler dunkler Zwischenraum (die dunkle Linie in γ , siehe oben), und dann abermals ein helles Band von ziemlich gleichmäßigem Lichte ($58\frac{1}{2}$ bis $61\frac{1}{2}$, übereinstimmend mit dem Reste von γ); helle Linien lassen sich aber darin nicht unterscheiden. Band 10 ist unverändert. Die Liniengruppe δ zeigt sich als ein helles Band, dessen Intensität links sehr groß, rechts sehr klein ist.

Dann folgt ein schwach erleuchteter Hintergrund von 76 bis 100 und, was sehr merkwürdig ist, *die Liniengruppe δ ist ganz verschwunden*. Es ist dies ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Spectren, worauf wir sogleich zurückkommen. Das Uebrige des Spectrums gleicht ganz dem vorigen; allein es sind von ζ nur 6, von θ nur 5 Linien sichtbar, und die Gruppe η ist zu einem schwachen Bande zusammengefloßen.

Die Angabe unserer Messungen beim Spectrum der Cyanflamme in Luft übergehen wir hier; man findet sie in meiner Inaugural-Dissertation, S. 117.

Fassen wir das Gesagte noch einmal zusammen, so beschränkt sich der Unterschied zwischen den beiden Spectren (Flamme in Sauerstoff und Flamme in Luft) auf die folgenden drei Punkte. 1) Die Lichtintensität ist im Spectrum der Flamme in Luft kleiner, und dadurch zeigen sich die dunklen Zwischenräume meistens etwas breiter. 2) Im Spectrum der Flamme in Sauerstoff treten hier und da sehr helle Streifen von einfachem Lichte auf (γ , δ) welche bei der Flamme in Luft nicht sichtbar sind. 3) Im Spectrum der Flamme in Sauerstoff tritt eine Gruppe von vier sehr hellen Linien auf (ϵ), von denen man bei der Flamme in Luft gar nichts bemerkt.

Es ist leicht einzusehen, daß die Temperatur der Flamme in Sauerstoff viel höher seyn muß, als die der Flamme in Luft. Demnach läßt sich der dritte der genannten Punkte auch also ausdrücken: *Bei einer höheren Temperatur sieht man im Spectrum der Cyanflamme vier helle Linien, die bei einer niedrigeren Temperatur ganz unsichtbar sind; oder*

mit anderen Worten: Wenn die Cyanflamme eine sehr hohe Temperatur besitzt, theilt sie den umringenden Aether Schwingungen mit, welche sie bei einer niedrigeren Temperatur nicht aussendet.

Um sich von dieser merkwürdigen Thatsache zu überzeugen, hat man nur, wenn die Cyanflamme in Sauerstoff brennt, den Hahn des Sauerstoff-Gasometers einen Augenblick zu schliessen, und die vier Linien ϵ sind sogleich verschwunden. Oeffnet man den Hahn wieder, so zeigen sich auch wieder die vier hellen Linien.

C. Flamme von Cyan in Stickstoffoxydulgas.

Das Spectrum der Flamme von Cyan in Stickstoffoxydulgas steht in jeder Hinsicht in der Mitte zwischen den beiden vorhergehenden Spectren, in Bezug 1) auf die Lichtintensität, und 2) auf das Auftreten heller Linien. Deshalb nur wenige Worte über die Punkte von Uebereinkunft und Unterschied.

Aus der Grösse der Lichtintensität folgt, dass die Breite der an der einen Seite sanft verfließenden Bänder im Roth Orange und Gelb auch in der Mitte steht zwischen der in den beiden vorigen Spectren. Von den Linien waren sichtbar: α , β (zusammengeflossen), die vier ersten Linien von γ , die zwei ersten von δ , ζ , θ und i . An der Stelle von ϵ (92 bis $96\frac{1}{4}$), der Liniengruppe, welche sichtbar ist bei der Verbrennung in Sauerstoff und unsichtbar bei der Verbrennung in Luft; zeigte sich ein schwaches helles Band, dessen Intensität aber nicht groß genug war, um den Spalt so eng machen zu können, dass er sich in abgesonderten Streifen auflöste.

Die Temperatur der Cyanflamme in NO liegt zwischen der in O und der in Luft. In Verein mit dem früher Gesagten können wir hieraus, in Bezug auf das Auftreten der schon mehrmals erwähnten Liniengruppe ϵ , ableiten: Die Gasflamme sendet bei einer sehr hohen Temperatur gewisse Aether-Schwingungen aus, welche im Spectrum vier

blaue Linien darstellen; erniedrigt sich die Temperatur ein wenig, so vermindert sich die Intensität dieser Schwingungen sehr stark, und sie verschwinden ganz, wenn die Temperatur bis zu einem gewissen Punkte abgenommen hat.

Es mag hier noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß bei der Verbrennung von Cyan in NO keine neuen Linien im Spectrum auftreten. Früher haben wir gesehen, daß dies auch bei den Flammen von Wasserstoff und von Kohlenoxyd in NO der Fall ist. Die Wasserstoffflamme, welche, wenn sie in Luft oder in Sauerstoff brennt, fast gar kein Spectrum giebt, giebt aber beim Brennen in NO, wie früher erwähnt, ein schwaches continuirliches Spectrum vom Roth bis zum Violett. Dieses Spectrum ist also die Folge von der Anwesenheit des Stickstoffoxydulgases oder eines seiner Zerlegungsproducte. Es ist nun wahrscheinlich, daß dasselbe Spectrum sich auch im Spectrum der Cyanflamme in NO befindet, daß also letzteres zusammengesetzt ist aus dem Spectrum der in freiem Sauerstoff brennenden Cyanflamme, plus dem continuirlichen Spectrum des NO, wie wir es hier nur der Kürze wegen nennen wollen. Dies ist aber im Vergleich zu jenem so schwach, daß es gar nicht wahrnehmbar ist. Demnach scheint der Hintergrund im Spectrum der Cyanflamme in NO immer noch dunkel.

In Bezug auf das Cyanspectrum hat schon Attfield ¹⁾ bemerkt, daß darin auch die nämlichen Linien vorkommen, welche Swan ²⁾ zuerst im Spectrum aller Kohlenwasserstoffe aufgefunden und beschrieben hat. Bei gleichzeitiger Darstellung dieses Swan'schen Spectrums war es uns nun sehr leicht zu zeigen:

Gruppe β der C'H'-Flamme von Swan
 = unserer Gruppe γ der Cyanflamme,
 Gruppe γ der C'H'-Flamme von Swan
 = unserer Gruppe δ der Cyanflamme,

1) *Edinb. Phil. Trans.* T. 22, p. 222.

2) *Edinb. Phil. Trans.* T. 21, p. 411. — *Pogg. Ann.* Bd 100, S. 306.

Gruppe δ der C'H'-Flamme von Swan

= unserer Gruppe ε der Cyanflamme,

Band ε der C'H'-Flamme von Swan

= unserer Gruppe η der Cyanflamme,

Band ζ der C'H'-Flamme von Swan

= unserem Bande 11 der Cyanflamme.

Ein Paar Bemerkungen über die Cyanflamme wollen wir hier noch hinzufügen, obgleich sie sich nicht gerade auf das Spectrum beziehen.

Die Cyanflamme unterscheidet sich von den Flammen der meisten anderen Gase durch ihre große, dem bloßen Auge schon sichtbare Zusammengesetztheit. Eine genaue Aufzählung ihrer verschiedenen Theile haben wir nirgendwo gefunden. Es ist leicht bei der in Luft brennenden Flamme die folgenden Theile zu unterscheiden.

1. Einen inneren dunkeln Kegel.

2. Eine stark leuchtende Umhüllung von *purpurrother* Farbe; die äußere Hälfte dieser Umhüllung ist etwas weniger leuchtend als die innere Hälfte. Der Gipfel dieses Theiles der Flamme (wir setzen voraus, daß diese vertical nach oben gerichtet sey) ist nicht scharf, sondern sehr sanft abgerundet.

3. Dann folgt eine sehr schmale *dunkle* Umhüllung vom vorbergehenden und vom folgenden Theile scharf getrennt.

4. Eine *hellblaue* Umhüllung, sehr breit, schwach leuchtend, welche allmählich übergeht in

5. Eine *gelblichgrüne* sehr breite Umhüllung, welche insbesondere am Gipfel der Flamme sehr ausgedehnt ist.

Die Leuchtkraft dieser letzten Umhüllung ist sehr gering; in einem dunkeln Zimmer ist sie viel weiter sichtbar als in einem erleuchteten. Sie erinnert an die grüne Umhüllung, welche die Flammen von H und CO bekommen, wenn man sie in Stickstoffoxydulgas brennen läßt.

In Bezug auf die Weite der Ausströmungsöffnung zeigt das Cyangas dieselbe Eigenthümlichkeit wie das Kohlenoxydgas, obgleich in geringerem Grade. Die Cyanflamme

nämlich erlöscht sogleich, wenn das Gas mit einer nicht einmal sehr grossen Geschwindigkeit aus einer engen Oeffnung ausströmt. Will man daher eine Cyanflamme erhalten, so darf die Ausströmungsöffnung nicht zu eng seyn.

Schliesslich bemerken wir noch, dass die in Luft brennende Cyanflamme in einer schwefelsauren Chininlösung eine sehr starke Fluorescenz hervorruft. Bei keiner andern Flamme haben wir diese Eigenschaft in so hohem Maasse beobachtet. Stärker noch ist die Fluorescenz bei der Cyanflamme in Stickstoffoxydulgas, und am aller stärksten bei der Flamme in Sauerstoff, welche sie ausserordentlich schön hervorruft.

Spectrum der Flamme von Ammoniak.

Um das Ammoniakgas, das, wie bekannt, für sich in der Luft nicht brennbar ist, brennen zu lassen, haben wir uns fünf verschiedener Methoden bedient:

- A. NH_3 am Saume der Bunsen'schen Gasflamme in Luft.
- B. NH_3 mit H gemengt, in Luft.
- C. NH_3 mit H gemengt, in Sauerstoff.
- D. NH_3 mit H gemengt, in Stickstoffoxydulgas.
- E. NH_3 in Sauerstoff.

Die Mengung mit Wasserstoff geschah in einer zur Hälfte mit Ammoniaklösung gefüllten Woulff'schen Flasche mit drei Tubuli; diese Tubuli sind alle mit durchbohrten Korken verschlossen; durch den ersten wird das Ammoniakgas zugeführt, durch den zweiten der Wasserstoff, indem durch den dritten das Gemenge beider entweicht. Auf diese Weise stellt die Woulff'sche Flasche zugleich einen Regulator dar für die relativen Quantitäten beider Gase welche zusammen verbrennt werden ¹⁾).

1) Die einfachste Weise eine Ammoniakflamme zu erhalten ist wohl die, dass man den Wasserstoff nur durch eine Flasche mit Ammoniakflüssigkeit führt, und sodann entzündet. Die Ammoniakflüssigkeit braucht nicht einmal concentrirt zu seyn. Beim Verbrennen des Ammoniaks mit Wasserstoff erhält man eine grosse Flamme, welche aus einem inneren gelben Kegel und einer schwach leuchtenden Umhüllung besteht;

Das Ammoniakgas wurde zu diesen Versuchen immer unmittelbar vor der Verbrennung entwickelt aus Chlorammonium und Kalk; es wurde durch Baumwolle filtrirt, dann in die Woulff'sche Flasche, worin die Mengung mit Wasserstoff stattfand, geleitet, über gebrannten Kalk getrocknet und sodann nochmals durch Baumwolle filtrirt.

Der Wasserstoff wurde ebenso bereitete und gereinigt wie oben beim Spectrum der Wasserstoffflamme angegeben ist.

Der Sauerstoff war aus Braunstein entwickelt und in einem Gasbehälter aufgefangen; vor der Verbrennung wurde er durch eine Flasche mit concentrirter Schwefelsäure, über Natronkalk und über Chlorcalcium geleitet.

Das Stickstoffoxydulgas wurde bereitete und gereinigt wie beim Spectrum der Wasserstoffflamme gesagt ist.

Zum Verbrennen des Ammoniakgases oder des Gemenges von NH_3 mit H in Sauerstoff und Stickstoffoxydulgas wurde das Knallgasrohr mit weiten Ausströmungsöffnungen (siehe oben bei der Wasserstoffflamme) angewandt. Es ist zu bemerken, dass die Flamme von Ammoniakgas allein mit Sauerstoff sogleich erlöscht, wenn die Ausströmungsöffnungen zu eng sind; sind sie weiter, so brennt die Flamme ganz ruhig fort, wenn die Menge des zugeführten Sauerstoffs groß genug und nicht zu groß ist.

Das Spectrum der Ammoniakflamme ist etwas verschieden nach der Weise der Verbrennung. Erstens findet man einen Unterschied in der Ausdehnung des Spectrums. Bei *A.* erstreckte es sich auf unserer Scale von 35 bis ungefähr 90; bei *B.* ebenso weit. Bei *C.* und *D.* erstreckte es sich von 30 bis 120; bei *E.* von 28 bis 130. Zweitens findet man einen großen Unterschied in der Lichtintensität, welche bei

es ist als sähe man das Ammoniakgas von innen, den Wasserstoff von außen brennen. Die Umhüllung ist *schwach* leuchtend bei Anwendung eines reinen metallenen Brenners; brennt das Gas hingegen aus einer gläsernen Röhre, so färbt sich die Umhüllung gelb, aber es ist dies das orangefarbige Gelb des Natriums, das ganz verschieden ist vom hellen Gelb des inneren Kegels.

A. und *B.* die kleinste, bei *E.* bei weitem die größte ist. Aber dieser Unterschied in Lichtintensität ist für die verschiedenen Farben sehr ungleich, wie das Folgende zeigen wird. Das Roth ist bei *A.* und *B.* nur *wenig* schwächer, bei *E.* nur *wenig* stärker als bei *C.* und *D.*; seine Gränze (die Gränze des Spectrums) ist auch nur *wenig* verschieden (28 bis 35). Die hellen und dunklen Linien, welche im Roth, Orange und Gelb vorkommen, sind bei *A.* und *B.* ebenso deutlich sichtbar wie bei *C.* und *D.*, bei *E.* nur *wenig* deutlicher. Im Grün und Blau hingegen ist der Unterschied groß. Bei *A.* und *B.* ist das Grün und Blau so schwach, daß sich darin (jenseits 72) keine Linien mehr mit Sicherheit unterscheiden lassen; das Blau zeigt sich nur bei großer Spaltbreite, das Spectrum endet bei 90, so daß das Violett ganz fehlt. Bei *C.* und *D.* sind das Grün und Blau *viel* stärker; Linien und Bänder sind noch deutlich sichtbar bis 82; von da bis zum Ende des Spectrums (120) ist nur schwaches Licht. Endlich bei *E.* sind das Grün und Blau sehr hell und zeigen einen wunderbaren Reichthum an hellen und dunklen Linien, wie wir unten sehen werden; auch das Violett, obgleich schwach, ist deutlich sichtbar, wie schon gesagt bis 130.

Wenn wir also von *A.* bis *E.* aufsteigen, so finden wir daß die Intensität des Rothes nur *wenig* zunimmt, die des Oranges und Gelbes ebenso nur *wenig*, das Grün und Blau werden aber sehr viel heller, und das Violett, welches bei *A.* ganz fehlt, ist bei *E.* sehr deutlich sichtbar. Nun ist aber die Temperatur der Flamme bei *C.* und *D.* höher als bei *A.* und *B.*; woraus folgt, daß beim Erhöhen der Temperatur alle von der Ammoniakflamme ausgesandten Farben an Intensität zunehmen, aber die brechbareren viel mehr als die weniger brechbaren. Bei *E.* hingegen ist die Temperatur der Flamme niedriger als bei *C.* und dennoch giebt *E.* die größte Lichtintensität. Auf folgende Weise erklärt sich dies. Brennender Wasserstoff sendet fast gar kein Licht aus, wohl aber brennendes Ammoniak; bei *C.* verbrennt ein Gemenge beider bei einer höheren, bei *E.*

nur das letzte Gas bei einer niedrigeren Temperatur; bei *E.* befinden sich also, bei gleich großer Flamme, mehr Ammoniaktheile, d. h. mehr leuchtende Theile: die Intensität des Lichtes wird dadurch vergrößert, und dieser Gewinn bei *E.* ist größer als der Verlust an Lichtintensität in Folge der niedrigeren Temperatur.

Gehen wir jetzt zu der Beschreibung des Spectrums über ¹⁾. Wie schon gesagt ist bei *E.*, d. h. beim Brennen des Ammoniakgases in Sauerstoff, die Lichtintensität der Flamme am größten, und das Spectrum sehr ausgebreitet. Diese große Intensität des Lichtes ist Ursache, daß man das Spectrum noch sehr deutlich wahrnehmen kann, wenn die Spaltbreite des Instrumentes zu einem Minimum gebracht ist; es giebt zwar wohl einige schwache helle Linien, welche dann in Folge ihrer geringen Leuchtkraft verschwinden, aber dennoch bemerkt man dann in verschiedenen Theilen des Spectrums eine unzählbare Menge heller Linien, die durch dunkle von einander getrennt sind, indem diese bei größerer Spaltbreite zu breiten hellen Bändern zusammenfließen. Es ist insbesondere im Roth, Orange, Gelb und Grün, daß man derartige Bänder antrifft, welche sich bei sehr geringer Spaltbreite zu einer sehr großen Anzahl heller Linien auflösen. Die Anzahl dieser Linien ist so groß, daß es uns mit unserm Instrumente unmöglich war sie zu zählen. Diese sehr dicht nebeneinander stehenden Linien, welche bei größerer Spaltbreite sich wie Bänder zeigen, geben diesen, bei geringerer Spaltbreite ein *geripptes* oder *gestreiftes* Ansehen; es ist als ob man eine Navicula durch ein Mikroskop sähe, das nur eben hinreichte die sich darauf befindlichen Linien sichtbar zu machen, aber sie nicht deutlich genug zeigte, um sie zählen oder etwas mehr von ihrer Beschaffenheit sehen zu können. Ein kräftigeres Instrument als das unsere würde hier wahrscheinlich noch viel Merkwürdiges zu Tage bringen. In der weiterhin folgenden Angabe unserer Messungen haben

1) Eine Abbildung des Spectrums der Ammoniakflamme findet man in meiner Inaugural-Dissertation (1863).

wir dieses Ansehen mit den Worten *gestreiftes Ansehen* angedeutet.

Bei den beiden erstgenannten Verbrennungsweisen (A. und B.) ist die Lichtintensität der Flamme nicht groß genug um den Spalt sehr eng machen zu können; denn das Licht wird dann so schwach, daß nur die hellsten Theile des Spectrums sichtbar bleiben, der größere Theil aber verschwindet. Das nicht oder nur sehr undeutliche Auftreten des gestreiften Ansehens bei A. und B. ist zweifelsohne nur die Folge der geringeren Lichtintensität; denn könnte man diese vergrößern, so würden sich ohne Zweifel auch diese Anhäufungen von hellen Linien als solche zeigen.

Bei C. und D., die nahezu ein gleich helles Spectrum geben, hält die Lichtintensität der Flamme die Mitte zwischen der bei B. und bei E. Einige gelbe und grüne Bänder zeigen das *gestreifte Ansehen*, aber nicht so deutlich wie bei E.

Wir lassen jetzt die Angabe unserer Messungen hier folgen, der Kürze wegen nur für die Verbrennungsweisen E. und B. Das Spectrum von A. gleicht vollkommen dem von B.; die Spectra von C. und D. halten die Mitte zwischen denen von B. und E. Wie beim Spectrum der Cyanflamme haben wir auch hier die vornehmsten hellen Bänder mit den Ziffern 1, 2 etc., die vornehmsten hellen Streifen oder Streifengruppen mit den Buchstaben α , β etc. angedeutet. Die Zahlen sind alle das Mittel mehrerer Ablesungen.

E. Spectrum der Ammoniakflamme in Sauerstoff.

$$\text{Na}\alpha = 50,0.$$

28

Anfang des rothen Lichtes.

1) 28 — $34\frac{1}{2}$

Schwaches Licht.

α $\left\{ \begin{array}{l} 34\frac{1}{2} \\ 36 \end{array} \right\}$

Schwache helle Streifen, beide von einem dunklen Streifen gefolgt.

2) $36\frac{1}{2}$ — 40,0

Gleichmäßiges Licht, mit gestreiftem Ansehen.

- β) 40,0 — 41,0 Helles Band, bei *sehr* engem Spalte sich in zwei Streifen auflösend, auf 40,0 und $40\frac{1}{2}$.
- 41,0 — 45,9 Sehr schwach erleuchteter Hintergrund, mit:
- γ) $\left\{ \begin{array}{l} 42,1 \\ 43,0 \\ 44,5 \end{array} \right\}$ Drei hellen Streifen, von denen der erste sehr schwach, der dritte etwas heller, der mittlere der hellste ist.
- δ) 45,9 — 46,9 Helles Band, bei *sehr* engem Spalte sich in drei Streifen auflösend, deren erster (auf 45,9) sehr hell ist.
- 46,9 — 47,7 Dunkles Band.
- ϵ) $\left\{ \begin{array}{l} 47,7 \\ 48,0 \end{array} \right\}$ Zwei sehr schwache helle Streifen, der erste etwas heller.
- 3) 48,0 — 54,9 Gleichmäßiges Licht mit sehr stark gestreiftem Ansehen, worin deutlich zu unterscheiden:
- ζ) $\left\{ \begin{array}{l} 52,2 \\ 53,6 \end{array} \right\}$ Zwei schwache helle Streifen.
- η) 54,9 Heller Streifen, der hellste des ganzen Spectrums.
- 55,0 — 55,5 Dunkler, scharf begränzter Streifen.
- 4) 55,5 — 59,2 Gleichmäßiges Licht, mit sehr stark gestreiftem Ansehen. Helle Linie auf 56.
- 59,2 — 59,9 Dunkles, scharf begränzttes Band.
- 5) 59,9 — 63,9 Gleichmäßiges Licht, mit stark gestreiftem Ansehen.
- 63,9 — 64,6 Dunkles, scharf begränzttes Band.
- 6) 64,6 — $68\frac{1}{2}$ Allmählich abnehmendes Licht, mit gestreiftem Ansehen, worin deutlich zu unterscheiden:
- θ) $\left\{ \begin{array}{l} 64,6 \\ 66,4 \end{array} \right\}$ Zwei sehr schwache helle Streifen.
- i) $68\frac{3}{4}$ — $69\frac{3}{4}$ Helles Band, worin sich bei sehr engem Spalte auf 69 und $69\frac{1}{2}$ zwei helle Streifen zeigen.

	$69\frac{3}{4}$ — $70\frac{1}{2}$	Dunkles Band, rechts ') nicht scharf begränzt.
7)	$70\frac{1}{2}$ — $72,8$	Gleichmäßiges Licht, rechts etwas stärker, mit undeutlich gestreiftem Ansehen.
	$72,8$ — $74,0$	Dunkles Band.
α)	$74,0$	Heller Streifen, von schwachem Lichte gefolgt bis $75,1$.
	$75,1$ — $76,1$	Dunkles, sehr scharf begränztes Band.
λ)	$76,1$	Heller Streifen, von abnehmendem Lichte gefolgt bis 79 .
	79 — $79\frac{1}{2}$	Dunkles Band, nicht scharf begränzt.
8)	$79\frac{1}{2}$ — 83	Schwaches Licht.
	83	Dunkler Streifen undeutlich.
	83 — 90	Schwaches, allnählich abnehmendes Licht.
μ)	90	Heller Streifen.
	90 — 130	Sehr schwaches, allnählich abnehmendes Licht, mit schwer zu unterscheidenden dunklen Bändern auf 101 , 107 und 112 .
	130 ungefähr.	Ende des Spectrums.

B. Spectrum der Flamme von Ammoniak, mit Wasserstoff gemengt, in Luft.

$$\text{Na}_\alpha = 50,0.$$

	34	Anfang des rothen Lichts.
α)	$\left. \begin{array}{l} 34 \\ 34 \end{array} \right\} - 40$	Schwaches rothes Licht, links sehr sanft verfließend; ungefähr in der Mitte ein undeutliches dunkles Band.
2)		
β)	40 — $41,0$	Helles Band, rechts etwas stärker.
	$41,0$ — $46,0$	Sehr schwach erleuchteter Hintergrund mit:

1) *Rechts* bezeichnet hier wie früher: an der brechbaren Seite des Spectrums.

$\gamma)$	$\left\{ \begin{array}{l} 42 \\ 43,2 \\ 44,8 \end{array} \right\}$	Drei hellen Streifen, von denen der erste sehr schwach, der dritte etwas heller, der mittlere der hellste ist.
$\delta)$	46,0 — 47,1	Helles Band.
	47,1 — 50,1	Dunkler Hintergrund.
3)	50,0 — 55,0	Sehr schwaches Licht.
$\eta)$	55,0	Heller Streifen, der hellste des ganzen Spectrums, unmittelbar von einem dunklen Streifen gefolgt.
4)	$55\frac{1}{2}$ — $59\frac{1}{4}$	Schwaches, gleichmäßiges Licht.
	$59\frac{1}{4}$ — 60	Dunkles Band.
5)	60 — 64	Schwaches, gleichmäßiges Licht.
	64 — $64\frac{3}{4}$	Dunkles Band.
$\theta)$	64,8	Schwacher heller Streifen.
6)	65 — $68\frac{1}{4}$	Gleichmäßiges Licht, mit gestreiftem Ansehen.
	$68\frac{1}{4}$ — 69	Sehr schwaches Licht.
$\epsilon)$	69 — 70	Helles Band.
	70 — $71\frac{1}{2}$	Dunkles Band, rechts nicht scharf begrenzt.
	$71\frac{1}{2}$ — 79	Schwaches Licht mit äußerst schwer sichtbaren hellen und dunklen Linien.
	79 — 80	Dunkles Band.
8)	80 — 82	Schwaches helles Band, rechts sanft verfließend.
	82 — 90	Sehr sanft verfließendes Licht.
	90 ungefähr.	Ende des Spectrums.

Die Ziffern 1, 2 etc. und die griechischen Buchstaben zeigen in dieser letzteren Angabe dieselben Bänder und Linien an, wie in der ersteren Angabe (E). Bisweilen findet sich ein Unterschied von 0,1 oder 0,2 Scalentheilen; es sind dies indeß nur Beobachtungsfehler.

Wenn wir jetzt einen Rückblick werfen auf die beiden letzt behandelten Spectra, das der Cyanflamme und das der Ammoniakflamme, so fällt der große Unterschied zwischen beiden sogleich ins Auge. — Beide Flammen sind die von stickstoffhaltigen Gasen, und bei beiden entweicht der Stickstoff im freien Zustande. Wenn dieser stark erhitze Stickstoff ein Theil des Lichtes der Flamme aussendete, so wäre einige Uebereinkunft in beiden Spectren wohl zu erwarten. Diefs ist auch der Fall z. B.:

Band δ der NH^3 -Flamme fällt zum Theil zusammen mit Band 7 der C^2N -Flamme.

Der zweite Streifen von ζ der NH^3 -Flamme fällt zusammen mit dem zweiten Streifen von β der C^2N -Flamme.

Im Allgemeinen aber ist die Uebereinkunft sehr gering, und die meisten hellen Theile des einen Spectrums fallen mit dunklen oder nur sehr schwach erleuchteten Theilen des anderen zusammen; an der Stelle z. B. des außerordentlich hellen Streifens η der Ammoniakflamme findet man im Spectrum der Cyanflamme nur äußerst schwaches Licht. Die beiden Spectra sind also im Allgemeinen ganz verschieden.

Wir bemerken hier noch, daß die Ammoniakflamme ein ganz anderes Spectrum giebt als die Flamme von Wasserstoff in Luft. In beiden findet man dieselben Elemente: N, H und O. Daraus folgt, daß das von einer Flamme ausgesandte Licht nicht nur von den anwesenden Elementen abhängt, sondern auch von den Verbindungen, worin diese Elemente sich befinden.

Auf keine Weise konnten wir bei der Ammoniakflamme in schwefelsaurer Chininlösung Fluorescenz wahrnehmen.

Spectrum der Flamme von Nitrobenzin.

Im Vorhergehenden haben wir die Spectra zweier stickstoffhaltiger Gase (C^2N und NH^3) studirt, und zwar Gase, worin der Stickstoff auf sehr verschiedene Weise vorkommt. Als dritte Art von Stickstoff-Verbindungen wendeten wir

uns zu den Nitro-Verbindungen; von diesen haben wir nur das Spectrum der Flamme von Nitrobenzin untersucht, und zwar ohne merkwürdige Resultate.

Wenn man flüssiges Nitrobenzin ($C^{12}H^5NO^3$) in einem Platintiegel entzündet, brennt es mit leuchtender stark rußsender Flamme. Das Spectrum dieser Flamme ist ganz continuirlich wie das Spectrum jeder Flamme, worin sich feste Kohlenstoff-Theilchen in starker Glühhitze befinden. Beim Einblasen von Sauerstoff in die Flamme blieb diese immer leuchtend, und sogar war sie stärker leuchtend als ohne Sauerstoff; im Spectrum änderte sich nichts wesentlich.

Sodann wurde Wasserstoff durch eine Flasche mit Nitrobenzin geführt und entzündet; das Spectrum war nur das der Wasserstofflamme. Als aber die Flasche mit Nitrobenzin bis 100° C. erwärmt wurde, traten im Spectrum die Swan'schen Kohlenwasserstofflinien auf. Von anderen Linien war nichts zu sehen.

Es folgt daraus daß bei dieser Flamme der Stickstoff, welcher hier ohne Zweifel im freien Zustande abgeschieden wird, gar kein Licht aussendet.

Spectrum der Flamme von Schwefel.

Schwefel brennt, wie bekannt, mit einer blauen Flamme, deren Lichtintensität sehr gering ist.

Das Spectrum dieser Flamme ist ganz continuirlich. Auf unserer Scale erstreckte es sich von 35 bis ungefähr 140, also vom Roth bis zum Violett; Linien waren darin, außer der schwachen Natriumlinie, nicht zu sehen, auch nicht bei sehr geringer Spaltbreite. Die relative Intensität der verschiedenen Farben ist aber eine ganz andere als im Spectrum glühender fester Körper; denn das Roth, Orange und Gelb sind im Spectrum der Schwefelflamme sehr schwach, das Grün und Blau hingegen sehr stark; das Violett ist schwach.

Die Schwefelflamme erregt in einer schwefelsauren Chinin-Lösung starke Fluorescenz.

Der Schwefel wurde auf einer porcellanen Unterlage verbrannt, nachdem er mit einem glühenden Platindraht entzündet war.

Spectrum der Flamme von Schwefelwasserstoff.

Der Schwefelwasserstoff wurde zu den folgenden Versuchen unmittelbar vor der Verbrennung entwickelt aus Schwefeleisen und verdünnter Schwefelsäure; er wurde durch Wasser gewaschen und sodann über Chlorcalcium getrocknet. Er wurde verbrannt:

- A. in Luft,
- B. in Sauerstoff,
- C. in Stickstoffoxydulgas.

A. Flamme von Schwefelwasserstoff in Luft.

Der Schwefelwasserstoff ist ein Gas, das sich sehr leicht entzünden läßt; es brennt beim Ausströmen, sowohl aus einer engen als aus einer weiten Röhre.

Wenn das Gas in der Luft brennt, so hat die Flamme eine blaß blaue Farbe. Die Flamme besteht aus einem innern nicht scharf begränzten dunkeln Kegel; dann folgt der eigentlich leuchtende Theil der Flamme, welcher blaues Licht aussendet, und endlich noch mit einer schmalen, sehr wenig leuchtenden, von aussen scharf begränzten Hülle umgeben ist, welche an der Basis eine violette, oben eine ins Roth fallende violette Farbe hat.

Die Flamme erregt in einer schwefelsauren Chinin Lösung deutliche, obwohl schwache Fluorescenz.

Das Spectrum ist ganz continuirlich; es erstreckt sich von 40 bis 130 ungefähr. Von hellen oder dunkeln Linien war nichts zu bemerken. Es umfaßt also alle Farben, vom Roth bis zum Anfang des Violett; alle sind jedoch schwach, insbesondere das Roth, Orange, Gelb und Violett; das Grün und das Blaugrün haben relativ die größte Helligkeit. Die Basis, die Mitte und der obere Theil der Flamme geben alle dasselbe Spectrum; nur hat die Mitte eine größere Lichtintensität.

Der Unterschied zwischen diesem continuirlichen Spectrum und dem continuirlichen Spectrum des glühenden festen Körpers geben, ward sehr deutlich als wir einen Platindraht im heißesten Theile der Flamme zum Glühen brachten. Das Spectrum des Platindrahtes erstreckte sich vom Roth bis zum Blau, das Violett fehlte; darin hatte das Grün ungefähr dieselbe Intensität wie das Grün im Spectrum der Flamme selbst; das Roth, Orange und Gelb waren im Spectrum des Platins sehr viel stärker, das Blau aber viel schwächer als im Spectrum der Flamme. Noch deutlicher ist dieser Unterschied im folgenden Spectrum (Flamme von HS in Sauerstoff) sichtbar.

Merkwürdig ist bei dieser Flamme, daß weder beim Brennen aus Glas noch aus Messing im Spectrum die Natriumlinie sichtbar ist; sie fehlte immer vollkommen. Es deutet dies auf eine niedrige Temperatur im untern Theile der Flamme.

B. Flamme von Schwefelwasserstoff in Sauerstoff.

Wenn man Sauerstoff in eine in Luft brennende Schwefelwasserstoffflamme einführt, wird die Farbe der Flamme hellblau und ihre Lichtintensität wird sehr vergrößert. Die Flamme selbst wird viel kleiner; sie besteht aber noch aus denselben drei Theilen, welche wir bei der Flamme in Luft unterschieden haben.

Die Schwefelwasserstoffflamme in Sauerstoff erregt in einer schwefelsauren Chininlösung sehr starke Fluorescenz.

Das Spectrum ist ganz continuirlich. Es erstreckt sich von 35 bis 145, also an den beiden Seiten etwas weiter als das der Flamme in Luft. Das Roth, Orange und Gelb sind schwach, das Grün ist etwas stärker, das Blau und Violett sind sehr hell.

Der zu diesen Versuchen nöthige Sauerstoff war bereitet, gereinigt und getrocknet wie bei der Wasserstoffflamme (siehe oben).

C. Flamme von Schwefelwasserstoff in Stickstoffoxydulgas.

Führt man mittelst der Knallgasröhre Stickstoffoxydulgas in eine Schwefelwasserstoffflamme, so kann man immer noch die drei obengenannten Theile in ihr unterscheiden, aber dabei hat sie jetzt eine neue, gelblichgrüne Umhüllung, wodurch sie sehr vergrößert wird.

Diese Flamme erregt in einer schwefelsauren Chininlösung eine viel stärkere Fluorescenz als die Flamme in Luft, weniger stark aber als die Flamme in Sauerstoff.

Das Stickstoffoxydulgas wurde bereitet und gereinigt wie früher angegeben ist.

Wird eine Schwefelwasserstoffflamme in eine mit NO gefüllte Flasche eingetaucht, so treten dieselben Erscheinungen ein, welche oben bei der Flamme von H in NO erwähnt sind; die grüne Umhüllung ist dann besonders groß und die Lichtintensität hat sich im ersten Momente sehr vermehrt. Das Spectrum war dasselbe wie beim Brennen aus der Knallgasröhre. Es tritt indessen beim Brennen in der Flasche noch eine merkwürdige Erscheinung ein. Vom Anfang der Verbrennung an entsteht nämlich in der Flasche ein dicker weißer Nebel, der bald die ganze Flasche ausfüllt. Gießt man nach dem Erlöschen der Flamme ein wenig Wasser in die Flasche und schüttelt um, so erhält man eine sehr stark sauer reagirende Flüssigkeit, welche mit Chlorbaryum ein sehr reichliches, in Salzsäure unlösliches Präcipitat giebt, also Schwefelsäure enthält. Ammoniak konnten wir dabei nicht auffinden.

Das Auftreten von Schwefelsäure deutet hier auf das Entstehen von NO^2 ; wir bemerken, daß die Gase hier nicht getrocknet waren und ein wenig Luft durch den geöffneten Hals der Flasche eindringen konnte. Die Quantität der entstandenen Schwefelsäure war immer so groß, daß nach dem Ende der Verbrennung der Inhalt der Flaschen niemals den Geruch nach SO^2 , wohl aber nach NO^3 oder NO^4 besaß; bei einer Flasche von 2 Liter Inhalt, wurden *einige Gramme* schwefelsauren Baryt erhalten. Wir erinnern hier, daß nach unseren Versuchen (siehe oben)

auch beim Brennen von Wasserstoff in NO , NO^2 in kleiner Menge entsteht.

Spectrum der Flamme von Schwefelkohlenstoff

Der Schwefelkohlenstoff (CS^2) wurde verbrennt:

- A. in Luft, ohne und mit Wasserstoff,
- B. dampfförmig mit Wasserstoff gemengt, in Sauerstoff,
- C. dampfförmig mit Wasserstoff gemengt, in Stickstoffoxydulgas,
- D. in Stickstoffoxydgas.

A. Flamme von Schwefelkohlenstoff in Luft.

Schwefelkohlenstoff-Dampf, mit Luft gemengt, ist einer der leicht entzündlichsten gasförmigen Körper. Gießt man ein wenig Schwefelkohlenstoff in eine offene Schale, so reicht es hin, einen nicht einmal roth glühenden Platindraht in einiger Entfernung darüber zu halten, um erst den Dampf und dadurch auch den flüssigen Schwefelkohlenstoff zu entzünden. Wenn man einen Platindraht zum Glühen bringt und ihn sodann bis weit unter der in einem dunkeln Zimmer noch sichtbaren Glühhitze abkühlen läßt, so ist seine Temperatur (wenn die Abkühlung nicht zu weit fortgeschritten ist) noch hinreichend hoch um den Schwefelkohlenstoff zu entzünden. Da nun nach Draper ¹⁾ die Temperatur, wobei alle feste Körper zu glühen anfangen, bei 525°C . liegt, so folgt hieraus daß die Entzündungstemperatur des Schwefelkohlenstoffs weiter unter 525°C . liegt. Frankland ²⁾ hat neuerlich für diese Temperatur 149°C . gefunden.

Auf die besagte Weise wurde nun der Schwefelkohlenstoff in einer Platinschale entzündet. Er brennt mit einer großen hellblauen Flamme, welche in einer schwefelsauren Chininlösung starke Fluorescenz hervorruft. Das Spectrum dieser Flamme ist ganz continuirlich; es erstreckte sich auf unserer Scale von 33 bis 135, also vom Roth bis

1) *Phil. Mag.* (3) T. 30, p. 345.

2) *Ann. d. Chem. und Pharm.* Bd. 124, S. 101.

zum Anfang des Violettes. Das Roth, Orange, Gelb und das Violett sind sehr schwach, insbesondere das Gelb; das Grün und das Blau sind sehr hell. Die Natriumlinie war sehr schwach sichtbar; andere Linien gab es nicht. Dieses Spectrum stimmt zum Theil mit dem der Schwefelflamme in Luft, zum Theil mit dem der Kohlenoxydflamme überein, aber es unterscheidet sich in jeder Hinsicht vom Spectrum der Kohlenwasserstoff-Verbindungen.

Das Spectrum des mit Schwefelkohlenstoffdampf gesättigten Wasserstoffs ist dasselbe wie das soeben beschriebene; nur ist das Violett etwas heller und es ist weiter sichtbar.

B. Flamme von Schwefelkohlenstoffdampf mit Wasserstoff gemengt, in Sauerstoff.

Wasserstoff, mit Dampf von Schwefelkohlenstoff gesättigt, wurde im Knullgasrohr mit Sauerstoff verbrennt. Der Sauerstoff war bereitet wie bei der Wasserstoffflamme.

Das Spectrum dieser Flamme in Sauerstoff ist wieder ganz continuirlich. Das Roth, Orange und Gelb sind sehr schwach, das Grün, Blau und Violett sehr hell. Von hellen oder dunklen Linien war nichts zu sehen.

Die Fluorescenz von schwefelsaurem Chinin ist bei der Flamme in Sauerstoff viel stärker, als bei der Flamme in Luft.

C. Flamme von Schwefelkohlenstoffdampf, mit Wasserstoff gemengt, in Stickstoffoxydulgas.

Das Spectrum dieser Flamme stimmt in jeder Hinsicht mit dem überein, das man erhält, wenn man Schwefelkohlenstoffdampf, mit Wasserstoff gemengt, in Luft brennen lässt.

Die Fluorescenz von schwefelsaurem Chinin steht in der Mitte zwischen der bei der Flamme in Luft (A.) und der Flamme in Sauerstoff (B.).

D. Flamme von Schwefelkohlenstoff in Stickstoffoxydgas.

Diese Verbrennung geschah auf zweierlei Weise: Erstens wurde Stickstoffoxydgas, das aus verdünnter Salpetersäure und Kupfer entwickelt und durch Wasser gewaschen war, durch eine Flasche mit Schwefelkohlenstoff geführt, und das in die Luft ausströmende Gemenge von CS^2 -Dampf und NO^2 entzündet. Die Flamme ist merkwürdig durch ihre gelblichgrüne Umhüllung, gerade wie wenn CS^2 in Stickstoffoxydulgas brennt. Zweitens wurde Schwefelkohlenstoff in einer Platinschale entzündet und durch die brennende Flüssigkeit ein starker Strom von Stickstoffoxydgas geführt.

In beiden Fällen war das Spectrum ganz dasselbe wie das unter C. erwähnte; die Fluorescenz von schwefelsaurem Chinin war stark, jedoch schwächer als bei der Flamme von CS^2 in Sauerstoff.

Fassen wir das von der Schwefelkohlenstoffflamme Gesagte noch einmal zusammen, so haben wir das Folgende. Schwefelkohlenstoff giebt, er möge in Luft, in O, in NO oder in NO^2 brennen, immer nahezu dasselbe Spectrum, ein Spectrum, das sich sehr dem der Schwefelflamme und dem der Kohlenoxydflamme nähert, von dem der Kohlenwasserstoffverbindungen aber ganz verschieden ist; indem es keine einzige helle Linie enthält. Merkwürdig ist die starke Fluorescenz, welche die CS^2 -Flamme in schwefelsaurem Chinin erregt.

Dieser letztere Punkt war schon früher bekannt. Von Babo ¹⁾ bediente sich dieser Flamme schon im Jahre 1855 zur Photographie. Abweichend aber von unsern Beobachtungen ist das, von von Babo und J. Müller über das Spectrum der in NO^2 brennenden Schwefelkohlenstoffflamme Gesagte. Sie beschreiben das Spectrum dieser Flamme mit folgenden Worten ²⁾: »Es zeigte sich ein vollkommenes Spectrum, bei welchem aber, wie wohl zu erwarten

1) Pogg. Ann. Bd. 97, S. 499.

2) Pogg. Ann. Bd. 97, S. 509.

stand, das violette Ende ungewöhnlich intensiv erschien. Schwarze Streifen fehlten, dagegen zeigten sich drei helle Linien, nämlich zwei im *Gelb* und eine im *Grün*. Am hellsten war die eine Linie im Gelb, nach ihr die im Grün, während die zweite Linie im Gelb ziemlich schwach war.“

Von Babo und Müller sahen also Linien, wo wir keine beobachten konnten. Die Weise, worauf sie den Schwefelkohlenstoff in NO^2 verbrannten, war gerade dieselbe wie unsere erste Methode (NO^2 durch CS^2 geführt) aber sie bedienten sich eines *gläsernen*, wir eines platinen Brenners. Ihre eine Linie im Gelb war also ohne Zweifel die Natriumlinie. Der Ursprung der beiden anderen Linien läßt sich schwer angeben; sie führten das Gas noch durch ein Rohr mit kaustischem Kalk, wodurch vielleicht feste Körperchen in die Flamme eingeführt wurden, welche diese beiden Linien verursachten. Der relative Ort in Bezug auf die Fraunhofer'schen Linien wird aber nicht angegeben.

Spectrum der Flamme von Schwefelammon.

Zur Darstellung einer Schwefelammonflamme unternahmen wir die folgenden Versuche.

Eine wässrige Lösung von kaustischem Ammoniak wurde ganz mit Schwefelwasserstoff gesättigt, wodurch eine Lösung von NH^+S , HS erhalten wurde. Durch diese Flüssigkeit wurde gleich nach ihrer Bereitung, ein Strom Wasserstoff geführt, und dieser entzündet. Die dadurch erhaltene Flamme war vollkommen der Schwefelwasserstoffflamme gleich; man konnte in ihr die drei, bei letzterer Flamme erwähnten Theile unterscheiden; das Spectrum war ganz dasselbe, und auch die Fluorescenz der schwefelsauren Chininlösung war ziemlich stark.

Daraus folgt, daß unter den gegebenen Umständen aus der Lösung von NH^+S , HS hauptsächlich HS entweicht.

Zur NH^+S , HS -Lösung wurde jetzt ein *wenig* Ammoniak hinzugefügt, Flamme und Spectrum zeigten keine Veränderung.

Bei Hinzufügung von mehr Ammoniak änderte sich das Aeußere der Flamme und das Spectrum ganz, und die Chinin-Lösung fluorescirte nicht mehr. Die Flamme war nicht mehr blau, sondern sie hatte einen gelben Kern, mit einer wenig leuchtenden Hülle umgeben, gerade wie wenn man Wasserstoff mit Ammoniakgas gemengt, verbrennt (siehe oben). Das Spectrum war auch das der Ammoniakflamme.

Im ersten Falle (Lösung von NH^4S , HS) hat man also nur das Spectrum der HS-Flamme, im zweiten Falle (Lösung von NH^4S mit überschüssigem NH^3) hat man nur das Spectrum der NH^3 -Flamme. Und doch verdampft im ersten Falle wohl nicht allein HS, und im zweiten nicht allein NH^3 , wie sich durch chemische Reagentien auch leicht nachweisen läßt. Es folgt hieraus, daß kleine Beimischungen zu einem Gase sich nicht immer im Spectrum der Flamme wahrnehmen lassen.

Spectra der Flammen von Wasserstoff, gemengt

- A. mit Salzsäure;
- B. mit Kohlensäure;
- C. mit schwefliger Säure.

Zu einem später ¹⁾ mitzutheilendem Zwecke wurden Gemenge von H mit HCl, von H mit CO^2 und von H mit SO^2 in Luft und in Sauerstoff verbrennt. Der Wasserstoff wurde entwickelt und gereinigt, wie bei der Wasserstoffflamme gesagt. Das Salzsäuregas wurde entwickelt durch Erwärmen von Chlornatrium mit concentrirter Schwefelsäure; die Kohlensäure wurde erhalten durch Einwirkung von Salzsäure auf weissen Marmor und zur Reinigung von mitgeführtem Salzsäuregas über kleine Stückchen doppeltkohlensauren Natrons geführt; das schwefligsaure Gas wurde aus concentrirter Schwefelsäure und Kupfer entwickelt. Die Mengung der beiden Gase geschah in einer dreifach tubulirten Woulff'schen Flasche, wie schon früher die Mengung von H mit NH^3 .

1) Siehe weiterhin, Allgemeine Bemerkungen.

A. Flamme von Wasserstoff mit Salzsäuregas gemengt.

Die Woulff'sche Flasche wurde zur Hälfte mit starker Salzsäure gefüllt. Das entweichende Gemenge von H und HCl wurde über Chlorcalcium getrocknet und dann entzündet; es brannte aus Glas oder aus Messing.

Beim Brennen in der Luft ist die Flamme von gelbgrünlicher Farbe, sehr verlängert, viel größer als die Flamme von H ohne beigemengtes HCl. Das Spectrum ist schwach, besteht aber aus allen Farben, von denen das Grün die hellste ist; es ist ganz continuirlich, ohne Linien, mit Ausnahme der Natriumlinie, welche jedoch, selbst beim Brennen aus Glas, sehr schwach ist.

Führt man mittelst des messingenen Knallgasrohrs Sauerstoff in die Flamme, so wird diese verkleinert, und die Intensität des Lichtes etwas vergrößert. Die Farbe der Flamme ändert sich aber nicht, und ebenso wenig das Spectrum, das nur im Ganzen etwas heller wird. Fluorescenz in schwefelsaurem Chinin war gar nicht zu bemerken.

Bei diesen Versuchen wurde die Zufuhr von H und HCl dermaßen regulirt, daß abwechselnd viel und wenig HCl zugeführt wurde, was nach der Geschwindigkeit, mit der die Gasblasen in der Flüssigkeit aufstiegen, einigermaßen beurtheilt werden konnte. Bei sehr geringer Quantität HCl ist die gelblichgrüne Farbe sehr schwach; bei zu viel HCl verliert das Gemenge seine Brennbarkeit.

Das Resultat dieser Versuche ist also, daß ein Gemenge von H und HCl, in Luft oder in Sauerstoff brennend, dieselbe Flamme und dasselbe Spectrum giebt, wie H in Cl brennend.

B. Flamme von Wasserstoff mit Kohlensäure gemengt.

Die Woulff'sche Flasche wurde zu diesem Versuche mit ein wenig Wasser gefüllt. Das entweichende Gemenge von H und CO² wurde über Chlorcalcium getrocknet und brannte aus Glas, Eisen oder Messing. Die drei Brenner gaben alle dieselbe Flamme und dasselbe Spectrum.

Beim Brennen in der Luft hat die Flamme eine blaue

Farbe, wie die der Kohlenoxydflamme, nur etwas schwächer als diese; es ist als wäre es eine mit Wasserdampf verdünnte Kohlenoxydflamme. Das Spectrum ist gerade das von dieser Flamme oben beschriebene.

Wenn man Sauerstoff in die Flamme einführt, wird diese viel verkleinert, aber stärker leuchtend; die Farbe bleibt blau; das Spectrum ist dasselbe wie das der Flamme in Luft. Die Natriumlinie fehlt ganz. Fluorescenz in schwefelsaurem Chinin war nicht zu bemerken.

Zwischen gewissen Gränzen machte es im Spectrum keinen Unterschied, ob viel oder wenig CO^2 zugeführt wurde; zu viel CO^2 aber machte das Gasgemenge unbrennbar.

Früher haben wir gesehen, daß H mit einer fast unsichtbaren, CO mit einer blauen Flamme brennt. Der letztere Versuch lehrt uns, daß ein Gemenge von H und CO^2 wie CO brennt, und auch dasselbe Spectrum giebt. Daraus folgt also, daß, wenn ein Gas oder ein Gasgemenge mit blauer Flamme brennbar ist und die Verbrennungsproducte von kaustischem Kali unter Bildung von kohlen-saurem Kali ganz absorbirt werden, man kein Recht hat daraus auf Kohlenoxyd zu schließen, denn es kann auch ein Gemenge seyn von Wasserstoff und Kohlensäure.

C. Flamme von Wasserstoff mit schwefligsaurem Gase gemengt.

Die Woulff'sche Flasche wurde wieder zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Das entweichende Gemenge von H und SO^2 wurde über Chlorcalcium getrocknet und brannte aus Glas oder Messing; es gab diels gar keinen Unterschied im Spectrum.

Die Flamme in Luft und die Flamme in Sauerstoff sind beide von sehr schön blauer Farbe, wie die Flamme von Schwefelwasserstoff; bei der Flamme in Sauerstoff ist die Intensität des Lichtes größer als bei der Flamme in Luft. In beiden Fällen ist das Spectrum ganz continuirlich, auch bei sehr geringer Spaltbreite; selbst beim Brennen aus Glas fehlte die Natriumlinie ganz. Das Spectrum war dasselbe

wie das des brennenden Schwefels oder brennenden Schwefelwasserstoffs.

Zu bemerken ist noch, daß diese Flamme von H mit SO^2 gemengt, in einer Lösung von schwefelsaurem Chinin beim Brennen in Luft *starke*, beim Brennen in Sauerstoff *sehr starke* Fluorescenz erregt. Wir erinnern hier, daß wir dasselbe bei den Flammen des Schwefels und aller untersuchten Schwefelverbindungen (HS , CS^2 , NH^4S) beobachtet haben.

Allgemeine Bemerkungen.

I. *Spectra zusammengesetzter Gase.* — Es ist jetzt eine erwiesene Thatsache, daß nicht nur Elemente, sondern auch chemische Verbindungen (wenigstens die erster Ordnung) im gasförmigen Zustande ihr eigenes Spectrum geben. Diefes Gesetz wurde zuerst von Plücker ¹⁾ ausgesprochen, als er im elektrischen Spectrum von PhCl^3 helle Linien beobachtete, welche weder dem Ph, noch dem Cl angehörten. A. Mitscherlich ²⁾ lieferte auf ganz anderm Wege neue und schöne Beweise für diesen Satz, als er zeigte, daß die Haloïd-Verbindungen einiger Metalle andere Spectra geben, als die Metalle selbst. Auch die Untersuchungen von Morren ³⁾, von Gladstone ⁴⁾ und von Diakon ⁵⁾ bestätigen das genannte Gesetz.

Auch unsere Versuche liefern dafür einige Beweise. Wir haben oben gesehen, daß die Flamme von H in O ein continuirliches Spectrum giebt *ohne* Linien; nur wenn H dabei in Uebermaafs zugegen ist und kein O findet, um sich damit zu verbinden, sieht man im Spectrum, wie Plücker ⁶⁾ gezeigt hat, die Linien des Wasserstoffs; in keinem dieser

1) Pogg. Ann. Bd. 107, S. 641.

2) Erdm. Journ. Bd. 86, S. 13. — Pogg. Ann. Bd. 116, S. 499. —

Eine neue und ausführliche Arbeit über diesen Gegenstand hat A. Mitscherlich neuerlich geliefert in Pogg. Ann. Bd. 121, S. 459.

3) Compt. rend. T. 55, p. 51. — Erdm. Journ. Bd. 87, S. 49.

4) Phil. Mag. (4) T. 24, p. 417. — Chem. News. T. 7, p. 67.

5) Compt. rend. T. 56, p. 654.

6) Pogg. Ann. Bd. 116, S. 48.

Fälle sieht man die Linien von O. Es ist hier keine andere Erklärung möglich, als die Annahme, daß das stark erhitzte HO, welches sich in der Flamme befindet, ein anderes Spectrum giebt als H und O jedes für sich.

Auch in der Flamme von H in Cl (siehe oben) sieht man nichts, weder von den H-, noch von den Cl-Linien, woraus folgt, daß HCl andere Lichtschwingungen aussendet als H und Cl.

In den Spectren der Flammen von S, von HS, von CS² beobachteten wir keine der Linien welche Seguin¹⁾ zuerst im Spectrum des Schwefeldampfs wahrnahm. Die Ursache ist, daß in den genannten Flammen kein stark erhitzter Schwefeldampf, sondern andere Verbindungen vorkommen.

Im Allgemeinen hat man im Spectrum einer Flamme worin H oder S brennt, niemals die Linien dieser Elemente selbst zu erwarten, weil sie sich gewöhnlich sehr schnell, wahrscheinlich schon bei einer relativ niedrigen Temperatur mit O verbinden und dann kein freier H oder kein freier S mehr in der Flamme besteht²⁾.

II. *Ursachen des Lichtes der Flammen.* — Wenn zwei Gase sich in der Form einer Flamme chemisch mit einander verbinden, findet Lichtentwicklung statt. Es sind nun verschiedene Ursachen denkbar, wodurch dieses Licht entsteht. Fangen wir an mit einem Beispiele.

Die Flamme von H in Cl sendet, wie wir oben gesehen, ein grünes Licht aus, welches ein continuirliches Spec-

1) *Compt. rend. T. 53 p. 1272. — Phil. Mag. (4) T. 23 p. 416.*

2) Auch die älteren Versuche von Miller (*Phil. Mag. (3) T. 27, p. 81 — Pogg Ann. Bd. 69, S. 404*) über die Absorption des Lichtes in zusammengesetzten Gasen liefern Beweise für den obengenannten Satz. Nach dem Gesetze von Kirchhoff nämlich absorbiert ein Gas dieselben Lichtstrahlen, welche es, wenn es selbstleuchtend wird, aussendet; demnach kann man auch durch Absorption das Spectrum eines Gases kennen lernen. Nun giebt nach Miller NO⁴ andere Absorptionslinien als N und O, HI andere als H und I, ClO³ andere als Cl und O, etc. Deshalb, wenn man das Gesetz von Kirchhoff als bewiesen annimmt, sind die Versuche von Miller eine Bestätigung des besprochenen Gesetzes, daß nicht Elemente, sondern auch chemische Verbindungen ihr eigenes Spectrum haben.

trum ohne Linien giebt. Dieses Licht kann ausgesandt werden: a) durch den stark erhitzten Wasserstoff; b) durch das stark erhitzte Chlor; c) durch die stark erhitzte Salzsäure; d) durch einen stark erhitzten Körper, der nur vorübergehend, als Zwischenproduct, in der Flamme besteht; oder e) das Licht kann die unmittelbare Folge der chemischen Wirkung seyn. Betrachten wir kürzlich jeden dieser fünf Fälle, die einzigen, welche man sich hier denken kann.

a) Ist nicht der Fall, denn stark erhitzter Wasserstoff giebt nach Plücker ein aus drei hellen Linien bestehendes Spectrum; b) ist eben so wenig der Fall, da stark erhitztes Chlor nach Plücker auch ein Spectrum giebt mit charakteristischen hellen Linien; d) ist schon für sich sehr unwahrscheinlich: denn die einfachste Weise, in der H und Cl sich mit einander verbinden können, ist in gleichen Volumen, d. h. zu HCl , und es ist also nicht wahrscheinlich, daß als Uebergangsform eine zusammengesetztere Verbindung von H und Cl in der Flamme bestehen würde. Es bleiben also noch c) und e) übrig. Um wo möglich zwischen diesen beiden Fällen zu entscheiden, nahmen wir den früher mitgetheilten Versuch. Er war folgender:

Es wurde verbrennt ein Gemenge von H und HCl in Luft und in Sauerstoff, oder mit andern Worten: HCl wurde in eine Flamme von H in Sauerstoff geleitet. Wenn c) richtig wäre, müßte man hier dasselbe Licht sehen wie bei der Verbrennung von H in Cl: man hat HCl , das nur stark erhitzt wird. Wenn hingegen e) richtig wäre, müßte man nichts anderes sehen als das Licht, welches der Flamme von H und O zugehört: H und Cl sind schon verbunden, und diese chemische Wirkung kann also hier kein Licht mehr erzeugen.

Und was lehrte nun der Versuch? — Das Erste: wir sahen dasselbe Licht und dasselbe Spectrum wie bei der Verbrennung von H in Cl.

Hierdurch ist also bewiesen, daß, wenigstens bei die-

ser Flamme, das Licht *nicht* die unmittelbare Folge der chemischen Wirkung ist, sondern die Folge des stark erhitzten Verbrennungsproducts.

Zu gleichem Zwecke wie der eben erwähnte Versuch wurden auch die Verbrennungen von H mit CO^2 und von H mit SO^2 angestellt.

Bei der Verbrennung des Gemenges von H und CO^2 wurde eine blaue Flamme erhalten, welche ein continuirliches Spectrum gab, das weder das von H, noch das von C, noch das von O, noch das von HO war. Hier sind noch zwei Fälle möglich: 1) H und CO^2 setzen sich erst um zu HO und CO; CO verbindet sich jetzt mit dem von außen hinzugekommenen Sauerstoff, und *durch diese chemische Wirkung entsteht das blaue Licht*; oder 2) H verbindet sich mit dem von außen zugekommenen Sauerstoff sogleich zu HO, und das anwesende CO^2 wird in dieser Flamme erhitzt, *so dass es selbstleuchtend wird und das blaue Licht aussendet*.

Welcher Fall hier der wahre sey, können unsere Versuche nicht entscheiden. Nach Analogie aber mit dem vorigen Versuche (Flamme von H und HCl) können wir schliessen, dass auch hier das stark erhitzte Verbrennungsproduct (CO^2) die Ursache des Lichtes ist, und *nicht* die chemische Wirkung.

Ganz damit in Uebereinstimmung ist auch der Versuch, wo H mit SO^2 gemengt verbrennt wurde. Der Versuch entscheidet nichts: aber er lässt sich sehr leicht erklären, wenn man annimmt, dass *kein* Licht entsteht als unmittelbare Folge der chemischen Wirkung, dass aber alles beobachtete Licht die Folge ist der stark erhitzten Verbrennungsproducte, in diesem Falle also hauptsächlich des stark erhitzten SO^2 -gases.

Nach dieser Hypothese giebt also stark erhitztes SO^2 ein Spectrum, wie es oben bei der Schwefelflamme beschrieben ist; in den Flammen von S und von HS hat man stark erhitztes SO^2 und sie geben denn auch dasselbe Spectrum. In der Flamme von CS^2 hat man stark erhitzte

SO^2 nebst stark erhitztem CO^2 , und im Spectrum sieht man das Licht beider. In der Flamme von CO ist es also nur die stark erhitzte CO^2 , die die Ursache ist des blauen Lichtes der Flamme; und in der Flamme von H mit Sauerstoff ist es das stark erhitzte HO , welches das schwache dieser Flamme eigenthümliche Licht aussendet.

Flammen von Kohlenwasserstoff-Verbindungen sind immer mit einer sehr schwach leuchtenden Umbüllung umgeben; diese Umbüllung besteht zum größten Theil aus Kohlensäure und Wasserdampf. Es sind also die glühende Kohlensäure und der glühende Wasserdampf, welche dieses Licht aussenden.

Die sogenannte *nicht-leuchtende* Bunsen'sche Gasflamme ist nicht *nicht-leuchtend*; der obere und äußere Theil ist zwar *schwach* leuchtend, jedoch sehr deutlich mit blauer Farbe. Es ist wieder dasselbe Licht, das stark erhitzte CO^2 und stark erhitztes HO geben.

Nehmen wir also an, daß das Licht der Flammen nur die Folge ist der stark erhitzten Verbrennungsproducte, so folgt daraus noch: *Gase, wenn sie bis zum Selbstleuchten erhitzt sind, können auch continuirliche Spectra geben.* Wir kennen also wenigstens vier Gase, bei welchen dieß der Fall ist, nämlich HO , HCl , CO^2 und SO^2 ; ihre Spectra sind im Vorigen beschrieben.

III. *Kohlenstoff.* — In Bezug auf das Spectrum des Kohlenstoffs haben wir noch zu bemerken, daß dieses Spectrum nur da auftritt, wo *freie* Kohlenstoffmolecüle in der Flamme vorkommen. Es ist dieß der Fall bei allen Flammen von Kohlenwasserstoff-Verbindungen, und so auch bei der Flamme des Cyans (siehe die Beschreibung oben), nicht aber bei der Flamme des Kohlenoxyds und des Schwefelkohlenstoffs. Im Spectrum der Kohlenoxydflamme wäre dieß auch nicht zu erwarten, da hier bei der Verbrennung sogleich Kohlensäure entsteht, welche nach dem Vorhergehenden ein anderes Spectrum giebt als der Kohlenstoff; *freier* Kohlenstoff kann in dieser Flamme nicht vorkommen. Bei der Schwefelkohlenstoffflamme lehrt uns das Spectrum,

dafs auch hier keine freie Kohlenstoffmolecüle vorkommen; die Zerlegung des Schwefelkohlenstoffs in der Flamme mufs also auf ganz andere Weise vor sich gehen, als die Zerlegung der Kohlenwasserstoff-Verbindungen, bei welchen letzteren, wie das Spectrum uns lehrt, freie Kohlenstoffmolecüle vorkommen. Auf folgende Weise könnte man sich eine Vorstellung machen von der Verbrennung von CS^2 : erst werden die beiden Aequivalente S durch 2O substituiert, so dafs CO^2 entsteht, und erst nachher verbrennt der freigemachte S. Das Spectrum des freien Schwefels braucht man ja nicht zu sehen; denn man sieht es auch nicht mehr bei der Flamme von S, noch bei der von HS.

IV. *Stickstoff.* — In Bezug auf den Stickstoff haben wir oben schon bemerkt (am Ende der Beschreibung des Ammoniakspectrums), dafs zwischen den Spectren der Ammoniak- und der Cyanflamme, zweier Flammen stickstoffhaltiger Gase, fast gar keine Uebereinkunft besteht. Vielleicht ist dies die Folge davon, dafs in keiner dieser Flammen der Stickstoff leuchtet; vielleicht weil der Stickstoff sich in beiden in einem verschiedenen Zustande befindet.

Aufser im Cyan und im Ammoniak haben wir bei den oben beschriebenen Flammen den Stickstoff noch in drei anderen Zuständen vor uns gehabt, nämlich in Stickstoffoxydulgas, in Stickstoffoxydgas und in Luft. Beim Brennen eines Gases in der Luft befindet sich immer stark erbitzter Stickstoff in der Flamme; nie aber sieht man dabei, wenigstens bei den von uns untersuchten Flammen, das Stickstoffspectrum, welches, in einer Geißler'schen Röhre dargestellt, von Plücker ¹⁾ so genau beschrieben ist. Wahrscheinlich ist bei den Flammen in der Luft die Temperatur nicht hoch genug um den Stickstoff leuchtend zu machen.

Anders verhält es sich bei den Verbrennungen in Stickstoffoxydulgas. Farblose Flammen, wie die von H, erhalten dadurch eine gelbgrünliche Farbe, andere bekommen dadurch eine neue gelbgrünliche Umbüllung (CO , NH^3 , HS etc.),

1) Pogg. Ann. Bd. 107, S. 519.

deren Spectrum dasselbe ist wie das der Flamme von H in NO; dieses Spectrum ist continuirlich, es erstreckt sich vom Roth bis zum Blau, das Grün ist darin von allen Farben die hellste. Woher dieses gelbgrünliche Licht kommt, läßt sich nicht mit Gewißheit entscheiden; dafs es von NO sey, ist nicht wahrscheinlich, da dieses sehr leicht zerlegt wird und man außerdem das Licht nur im äufseren Theile der Flamme beobachtet, wo also nur Verbrennungsproducte zu erwarten sind. Wenn man erwägt, dafs dasselbe gelbgrünliche Licht auch die äufsere Umhüllung der in Luft oder O brennenden Cyanflamme (siehe die Beschreibung oben) ausmacht, so wird es sehr wahrscheinlich, dafs es dem Stickstoff zugehöre. Es ist aber merkwürdig, dafs der Stickstoff hier ein ganz anderes Licht aussendet, als in der Ammoniakflamme oder in einer mit Stickstoff gefüllten Geißler'schen Röhre.

Im Stickstoffoxydgas haben wir nur zwei Körper verbrennt, H und CS_2 ; wie wir oben gesehen haben, ist das dabei ausgesandte Licht vollkommen gleich bei der Verbrennung in Stickstoffoxydulgas. Es ist dies eine neue Bestätigung, dafs das gelbgrünliche Licht vom Stickstoff herstamme.

V. *Fluorescenz*. — Das Resultat unserer Versuche über Fluorescenz können wir in folgenden Punkten zusammenfassen.

1. Eine Auflösung von schwefelsaurem Chinin fluorescirt beim Lichte der Flammen von:

Kohlenoxydgas,

Cyan,

Schwefel und allen Schwefelverbindungen.

2. Die Chininlösung fluorescirt *nicht* beim Lichte der Flammen von:

Wasserstoff,

Kohlenwasserstoff,

Ammoniak.

3. Wo keine Fluorescenz stattfindet bei der Flamme in Luft oder in Sauerstoff, besteht sie auch nie bei der Flamme in Stickstoffoxydulgas.

4. Wo Fluorescenz stattfindet ist sie immer stärker bei der Flamme in Sauerstoff als bei der in Luft; bei der Flamme in Stickstoffoxydulgas hält sie gewöhnlich das Mittel zwischen diesen. Es hängt dies ohne Zweifel zusammen mit dem Unterschiede in der Temperatur: in den meisten Fällen ist die Flamme in Sauerstoff die heisseste, die in Luft die am wenigsten heisse.

*II. Ueber den Einfluss der atomistischen Zusammensetzung C, H und O-haltiger flüssiger Verbindungen auf die Fortpflanzung des Lichtes;
von H. Landolt in Bonn.*

In einer früheren Arbeit über die Brechungsexponenten flüssiger homologer Verbindungen (Pogg. Ann. Bd. 117, S. 353) hatte ich eine Anzahl Glieder der Säurereihe $C_nH_{2n}O_2$, und zwar von der Ameisensäure bis zur Oenanthylsäure in Bezug auf ihre Brechungsverhältnisse sowie auf ihre Dichte untersucht. Ich habe diese Beobachtungen im Folgenden weiter auf eine große Zahl ebenfalls aus C, H und O bestehender flüssiger Substanzen ausgedehnt, und zwar zu dem Zwecke, den Einfluss zu ermitteln, welche die atomistische Zusammensetzung dieser Körper auf die Fortpflanzung des Lichtes in denselben ausübt.

Die Bestimmungen der Brechungsindices wurden ganz in derselben Weise, wie ich in der angeführten Abhandlung näher mittheilte, vorgenommen. Es diente bei denselben ein vortreffliches Meyerstein'sches Spectrometer und als Lichtquelle eine Wasserstoffgas enthaltende Geissler'sche Röhre. Die Indices (μ_α , μ_β , μ_γ) beziehen sich somit wie früher auf die drei Hauptstreifen des Wasser-