der bei weiterer Entfernung des Auges vom Glase sich etwas bestimmter zusammenzieht; auch erscheint dann die Färbung etwas gelblicher, als die der fern gesehenen Flamme. Entfernt man das matte Glas etwa 1 Meter von der Flamme, so sieht ein hinter demselben, am besten in einem Abstände von 100 bis 200^{mm} befindliches Auge ein ziemlich scharf begränztes Bild der Flamme, das aber jetzt entschieden roth gefärbt ist. Die Glasmasse selbst war, wie ich bemerken will, absichtlich etwas grünlich genommen, um das Resultat um so entschiedener hervortreten zu lassen. Wird das Glas noch weiter von der Flamme entfernt, so erscheint die Flamme dunkler und tiefer roth gefärbt; dabei bildet sich, namentlich wenn das Auge dicht hinter das Glas gestellt ist, ein Lichtkegel von unzähligen durch Interferenz farbig erscheinende Strahlen um die Flamme.

Die rothe Färbung, welche Sonne und Mond annehmen, wenn ihre Strahlen durch eine dunstige Luftschicht dringen, wird sicherlich durch einen ähnlichen Vorgang erzeugt, indem die in der Atmosphäre schwebenden Theilchen die Stelle der Unregelmäßigkeiten an der Oberfläche des mattgeschliffenen Glases vertreten.

Jedenfalls sind auch bei der Reflexion der strahlenden Wärme von mattgeschliffenen Flächen ähnliche Phänomene zu erwarten und ich werde nicht versäumen, dieselben im nächsten Sommer am Sonnenlichte zu untersuchen.

*XI. Ueber die prismatischen Spectra der Flammen
von Kohlenwasserstoffverbindungen;
von William Swan.*

(Transact. of the R. Soc. of Edinb. Vol. XXI, Pt. III, p. 411.)

Die Erscheinungen bei den prismatischen Spectren der Flammen haben die Aufmerksamkeit vieler und vortreff-

licher Forscher beschäftigt. In den meisten Fällen jedoch sind von der Lage der hellen Linien, welche manche dieser Spectra zeigen, keine genaue Messungen gemacht und daher bleibt auf diesem Beobachtungsfelde noch Vieles zu thun übrig. Ich beabsichtige, von Zeit zu Zeit, sowie es meine Muße erlaubt, die Lage der hellen Linien in den Flammenspectren durch Beobachtungen numerisch zu bestimmen, und ich habe die Reihe begonnen mit einer Untersuchung der Spectren der Flammen von Kohlenwasserstoffverbindungen. Bei einer Untersuchung der Erscheinungen an Flammen nehmen die Kohlenwasserstoffverbindungen unsere Aufmerksamkeit zuerst in Anspruch, da sie die wichtigsten der künstlichen Beleuchtungsmittel darstellen; denn es braucht wohl kaum bemerkt zu werden, daß, mit Ausnahme des Sonnenlichts, die Verbrennung dieser Substanzen die Quelle fast allen Lichts und aller Wärme ist, welche wir zu industriellem und häuslichem Zwecke benutzen. Ueberdies wird man sehen, daß die Spectra der Kohlenwasserstoff-Flammen gewöhnlich merkwürdige Eigenthümlichkeiten zeigen, welche bis jetzt noch wenig Beachtung gefunden zu haben scheinen, welche aber zur Erklärung der allgemeinen Erscheinungen bei künstlichem Licht nützlich zu seyn versprechen.

Untersucht man das Spectrum des hellsten Theils der Flamme einer Oellampe oder Talgkerze, so findet man, daß es keine dunklen Intervalle zeigt, seine Farbe und Helligkeit allmählich von Punkt zu Punkt mit fast ununterbrochener Stetigkeit variirt. Untersucht man jedoch nur das Licht von dem blauen Theil der Flamme, welcher den oberen Theil des Dochtes umgiebt, so ist das Resultat ein ganz anderes. Die äußersten rothen und violetten Strahlen werden fast oder ganz unsichtbar und der intermediäre Theil des Spectrums zeigt eine Reihe von hellen Linien, die durch dunkle Zwischenräume getrennt sind ¹⁾. Aehnliche Linien

1) Vvas die Beschreibung der Linien im Spectrum einer Oelflamme betrifft, sehe man Fraunhofer (Astron. Abhandlungen 1823, S. 16), Herschel (*Edinb. Transact. Vol. IX, p. 455*) und *Art. Light in d. Encycl.*

finden sich in den Flammen von Alkohol, Aether und Holzgeist. In der Flamme des unreinen Holzgeistes sieht man sie jedoch sehr schwierig, und kaum oder gar nicht sichtbar sind sie in den leuchtenderen Flammen des Terpentinöls und der Steinkohlennaphtha. Bevor ich eine Erklärung dieser Verschiedenheiten gebe, wird es nöthig einige Besonderheiten der Flammennatur voranzuschicken.

Ueber die Natur der Flamme.

Wahrscheinlich verdanken wir Hooke die erste sorgfältige Untersuchung über die Beschaffenheit der Flamme; später wurde sie von Humphry Davy und Prof. Draper studirt¹⁾.

Die Flamme des Steinkohlengases oder einer Talgkerze besteht, wie bekannt, aus mehreren mit dem Auge leicht unterscheidbaren Theilen, in welcher die die Flamme ausmachende Substanz sich in sehr verschiedenen Zuständen befindet; man sieht nämlich, 1) einen innern nicht leuchtenden Theil, bestehend aus noch nicht glühenden Gasen, 2) eine blaue konoidische Hülle nahe am Docht oder Brenner, deren Farbe nach oben allmählich in ein glänzendes Gelbweiss übergeht, und 3) einen äusseren Mantel von schwach leuchtender Substanz. Bei sorgfältiger Untersuchung findet man, dafs der blaue Kegel den weissen enthüllt, dafs der blaue allmählich nach oben, und der weisse nach unten dünner wird.

Man hat vorausgesetzt, in dem blauen Theil der Flamme sey der Zutritt des Sauerstoffs hinreichend, um eine vollständige Verbrennung der Gase zu bewirken, so dafs hier in der Kohlenwasserstoff-Flamme eine unmittelbare Erzeugung von Wasser und Kohlensäure stattfinde²⁾. Das helle

Metrop. art. 522). Das Spectrum des Löthrohrkegels ist beschrieben von Fraunhofer (*Brewster Journ. of Science Vol. VII, p. 7*) und von Draper (*Phil. Mag. Vol. XXXII, p. 111*).

1) *Works of Sir Davy, Vol. VI, Lond. 1840.* Draper, über die Erzeugung des Lichts durch chemische Action, *Lond. Phil. Mag.* 1848 *Vol. XXXII, p. 100.*

2) *Kane's Chemistry p. 289.*

weißes Licht der oberen Flammentheile entspringt, wie Humphry Davy gezeigt, aus der Abscheidung starrer Kohle, welche in der hohen Temperatur, der sie ausgesetzt ist, hell glühend wird, und, wenn sie nicht in Kohlensäure verwandelt wird, in Form von Rauch entweicht.

Der äußere Mantel der Flamme entlehnt sein Licht, nach Prof. Draper, hauptsächlich von glühender Kohlensäure und glühendem Wasserdampf.

Während bei den gewöhnlichen Flammen von Steinkohlengas und Oel sich feste Kohle abscheidet, kann man bekanntlich durch Verbrennung einer Mischung von Steinkohlengas und Luft die Abscheidung der Kohle fast ganz verküten, und eine rauchlose Flamme erhalten. Meine Aufmerksamkeit wurde zuerst auf den Gegenstand dieses Aufsatzes zufällig gelenkt, als ich eine Gaslampe gebrauchte, wo dieses Ziel auf eine sehr einfache Weise erreicht wird. Da diese Lampe — die Erfindung des Professors Bunsen in Heidelberg — erst neulich in Schottland eingeführt worden ist¹⁾ und ich von ihr einen ausgedehnten Gebrauch zu meinen Versuchen gemacht habe, so wird es zweckmäßig seyn, ihre Construction zu beschreiben.

Sie besteht aus einem gewöhnlichen Fledermaus-Gasbrenner („*union*“ or „*bat-wing*“ *gas burner*), welcher, wie insgemein gebraucht, eine flache fächerförmige Flamme liefern würde. Der Brenner ist umgeben von einer 0,4 Zoll im Durchmesser haltenden und etwa 3 Zoll hohen Messingröhre, die dicht unter dem Brenner Löcher hat, welche geöffnet und geschlossen werden können, um so einen regelmäßigen Zufluß von Luft zu gestatten. Das fächerförmig aus dem Brenner strömende Gas stößt schief auf die Wände der Röhre, und wird, von diesen zurückgeworfen, wirksam mit der am Boden eintretenden Luft gemischt; und wenn man das Gemisch von Gas und Luft entzündet, brennt es oben aus der Röhre mit einer voluminösen

1) Durch Dr. Robert Ferguson, dessen interessanter Aufsatz über diese Lampe nächstens in den *Transactions of the Royal Scottish Society of Arts* erscheinen wird.

Flamme ohne Rauch. Eine vollständige Vermischung des Gases mit der Luft ist wesentlich für den Erfolg der Vorkehrung, welche versagt, wenn ein flacher Brenner statt des »*union jet*« angewandt wird.

Die Flamme der Bunsen'schen Lampe besteht wenigstens aus zwei verschiedenen Portionen, aus einem etwa zwei Zoll hohen leuchtenden Hohlkegel von starker grünblauer Farbe, und einem etwa sechs Zoll hohen, sehr diffusen äusseren Mantel, der nach Innen röthlich ist und nach Aussen eine blasse Lavendelfarbe besitzt. Auch in dieser Flamme, wie in der gewöhnlichen des Steinkohlengases, allein in viel größerem Verhältniß, findet ein beständiges Funkeln von gelben Flitterchen statt, herrührend, wie es scheint, von fremder Substanz, die theils in dem Gase, theils und wahrscheinlich noch reichlicher in der in die Röhre eintretenden und sich vor der Verbrennung mit dem Gase vermischenden Luft mechanisch herumschwimmt. Diese Substanz wird beständig durch die Wände der Flamme geschleudert und daselbst auf einen Augenblick glühend¹⁾.

Das Licht der äusseren Flammenhüllen entsteht, glaube ich, hauptsächlich von kleinen starren Körpertheilchen, die theils aus der Substanz, theils und öfters, wie bei der Bunsen'schen Lampe, aus der in die Flamme eintretenden Luft herkommen. Die äussere Hülle der Flamme der Bunsen'schen Lampe besitzt so wenig eigne Helligkeit, daß ihre Farbe durch die zufällige Gegenwart fremder Substanzen sehr leicht abgeändert wird. Da die Natronsalze bekanntlich in merkwürdiger Fülle homogenes gelbes Licht erzeugen, so machte ich den folgenden Versuch, um zu ermit-

1) Ist die Luft aus irgend einer Ursache *staubig*, so wird dieses Funkeln sehr stark. Wird z. B. der Fußboden gefegt oder in geringer Entfernung von der Lampe ein Stück Holzkohle mit einem Messer gekratzt, so werden kleine Theilchen durch den Luftstrom in die Röhre geführt und es entsteht ein übermäßiges Funkeln, welches ein sehr schönes Schauspiel darbietet und zugleich die Ansicht bestätigt, daß das gewöhnliche Funkeln hauptsächlich von durch die Luft herbeigeführten Staubtheilchen veranlaßt wird.

teln, eine wie kleine Menge von Materie auf diese Weise nachgewiesen werden könne.

Ein Zehntelgran Kochsalz, sorgfältig gewogen auf einer Waage, die noch 0,01 Gran angab, wurde in 5000 Gran destillirten Wassers gelöst. Zwei vollkommen ähnliche Streifen Platinfolie wurden durch die Bunsen'sche Lampe sorgfältig so lange geglüht bis sie fast aufhörten die Flamme gelb zu färben; denn eine gänzliche Abwesenheit von gelbem Lichte zu erhalten, ist anscheinend unmöglich. Einer der Streifen wurde in die Salzlösung getaucht, der andere in destillirtes Wasser. Die Menge der an dem Streifen haftenden Salzlösung war beträchtlich weniger als $\frac{1}{20}$ Gran. Nachdem beide Streifen bis zur Verdampfung des Wassers über der Lampe gehalten worden, wurden sie gleichzeitig von entgegengesetzten Seiten her in die Flamme gesteckt. Der in der Salzlösung gewesene Streif theilte beständig einem bedeutenden Theil der Flamme eine helle gelbe Farbe mit, leicht unterscheidbar von der, welcher der in reines Wasser getauchte Streif veranlafste. Es ist demnach erwiesen, dafs eine Chlornatrium-Portion, die weniger als ein Milliontel-Gran wiegt, noch fähig ist, die Flamme hellgelb zu färben; und da die Aequivalente von Natrium und Chlor sich wie 23 zu 35,5 verhalten, so folgt, dafs eine Natrium-Menge von nicht mehr als $\frac{1}{230000}$ Troy-Gran sich in der Flamme noch bemerklich macht. Wenn es möglich wäre, eine Flamme frei vom gelben Lichte zu erhalten, aufser dem, welches das Natron im obigen Versuche verursacht, so ist klar, dafs eine noch viel kleinere Menge Natrium die Farbe der Flamme sichtbar verändern würde. Es ergibt sich daraus, dafs es vieler Vorsicht bedarf, wenn man die Erscheinungen beim Spectrum einer Flamme auf die chemische Constitution des verbrennenden Körpers beziehen will. Denn die hellste Linie im Spectrum einer Kerzenflamme — die gelbe Linie R von Fraunhofer ¹⁾ — kann mit grossem Glanz hervorgebracht werden, wenn man

1) Schumacher's Astronom. Abhandlungen 1823, S. 18.

eine äußerst kleine Menge Salz in eine Flamme bringt, in deren Spectrum diese Linie schwach ist oder gänzlich fehlt. Es fragt sich dann, ob diese Linie in der Kerzenflamme herrühre von der Verbrennung des Kohlen- und Wasserstoffs, aus welchen der Talg hauptsächlich besteht, oder ob sie aus der kleinen Spur von Chlornatrium entspringe, welche in den meisten thierischen Substanzen enthalten ist. In der That, betrachten wir die fast universelle Verbreitung der Natriumsalze und die merkwürdige Energie derselben zur Hervorbringung eines gelben Lichts, so scheint es sehr wahrscheinlich, daß die gelbe Linie *R*, welche in dem Spectrum fast aller Flammen erscheint, jedesmal von der Anwesenheit kleiner Natrium-Mengen herrührt.

Die Ansicht, daß ein großer Theil des Lichts der Flammenhüllen von der zufälligen Gegenwart kleiner Spuren fremder Materie herrühre, kann möglicherweise zur Erklärung gewisser anomalen Farben-Verschiedenheiten dienen, welche man in den Hüllen von Flammen aus der Verbrennung derselben Elemente beobachtet. So enthalten Talg, Steinkohlengas, wasserfreier Alkohol und schwacher Weingeist alle dieselben verbrennlichen Substanzen, Kohle und Wasserstoff, und doch ist die Hülle einer Kerzenflamme hellgelb, die einer Steinkohlengasflamme purpurn, und die von starkem Alkohol und schwachem Weingeist sind sehr bedeutend in Helligkeit verschieden.

Es ist auch wichtig zu bemerken, daß, während die Helligkeit, die man der äußeren Hülle einer Flamme durch Substanzen wie Natron- oder Kupfersalze mittheilen kann, so groß werden kann, daß sie den inneren Flammenkegel verdeckt oder ihn in einigen Fällen ganz unsichtbar macht, ich dennoch beobachtet habe, daß das Licht des blauen Theils der Flamme oder des inneren Kegels an Farbe und Intensität durchaus unverändert bleibt. Der Beweis von dieser sonderbaren Eigenschaft der Flamme wird weiterhin (S. 320) gegeben werden.

Prismatische Zerlegung der Flamme.

Indem ich mir einstweilen eine vollständigere Beschreibung des angewandten Apparates vorbehalte, will ich vorausschicken, was ich rücksichtlich der Spectra der Flammen zu sagen habe, dafs der beobachtete Gegenstand ein schmaler beleuchteter Schlitz war und beobachtet wurde durch ein Glasprima, das vor einem Fernrohr stand, welches auf den Schlitz eingestellt war.

Es ist bereits angegeben worden, das gewisse Kohlenwasserstoffflammen Spectra liefern, die helle Linien getrennt durch dunkle Räume zeigen. In keinem Spectrum sind diese Linien leichter zu beobachten als in dem der Bunsen'schen Gaslampe. Um die Erscheinungen der zu verschiedenen Theilen der Flamme gehörigen Spectren zu unterscheiden, ist es hinreichend, die Flamme hinter einen schmalen Schlitz zu stellen, welcher nicht über 0,2 Zoll hoch ist und durch welchen das Licht zu dem Prisma geht¹⁾. Hebt man die Flamme allmählich hinter dem Schlitz, so wird man zuerst dasjenige Spectrum sehen, welches ausschliesslich von der über den innern Kegel hinausragenden Flammenhülle entspringt. Das Spectrum ist leidlich hell, dehnt sich ohne die mindeste Unterbrechung von der Fraunhofer'schen Linie *C* bis nahe zu der Linie *H* aus, und zeigt durchaus keine helle Linie, aufser der gelben *R*. Diese Linie ist jedoch auferordentlich flatternd, so dafs sie oft vollständig verschwindet; sie scheint gänzlich herzurühren von den gelben Funkeln, welches in der äufsern Hülle überwiegt. Hebt man die Flamme höher, so dafs man den Gipfel des grünen Kegels zur Ansicht bringt, so kommen vier andere helle Linien zum Vorschein; und wenn man fortfährt die Flamme zu heben, um Licht von immer niedrigeren Theilen zu erhalten, so werden die hellen Linien immer schärfer begränzt, weil die Zwischenräume immer dunkler werden; auch werden einige schwächere Linien sichtbar. Wenn

1) Auch kann man Prof. Draper's sinnreiche Methode des Beobachtens der Flamme durch einen *horizontalen* Schlitz anwenden; siehe *Phil. Mag. Vol. XXXII, p. 106.*

endlich nur Licht von den untersten Theilen der Flamme, wo die äußere Hülle fast ganz verschwindet, durch den Schlitz geht, so werden die hellen Linien so scharf, daß man im Stande ist, ihre Orte fast mit derselben Genauigkeit messend zu bestimmen, welche sich bei Messung der dunklen Linien des Sonnenspectrums erreichen läßt.

Aus der Leichtigkeit, mit welcher sich die Linien des Kohlenwasserstoff-Spectrums erhalten lassen, schloß ich, daß sie für optische Untersuchungen von Nutzen seyn möchten; und bald fand ich auch im Verfolge meiner Versuche, daß sie große Dienste leisten. Ich war daher begierig auszumitteln, ob sie wirklich der Gasflamme angehören oder aus der zufälligen Anwesenheit fremder Substanzen entspringen; da es ja bekannt ist, daß einige Metalle wie Kupfer, bei ihrer Gegenwart in einer Flamme, helle Linien in deren Spectrum hervorbringen. Zu dem Ende verbrannte ich ein Gemisch von Steinkohlengas und Luft successive aus einer eisernen Röhre, einer Glasröhre, einer aus Platinfolie gebildeten Röhre und der messingenen Röhre der Bunsen'schen Lampe; allein immer blieben die Linien unverändert an Zahl und Lage, zum Beweise daß sie gänzlich von der Verbrennung des Gases herkommen und nicht von einer fremden, durch die Lampe herbeigeführten, Substanz.

Ueber die scheinbare Verschiedenartigkeit der Spectra der Kohlenwasserstoff-Verbindungen.

Nachdem wir so die allgemeinen Erscheinungen der Spectra der Kohlenwasserstoffflammen studirt haben, von denen einige continuirliche Spectra, andere unterbrochene zeigen, können wir die Frage vornehmen: Woraus entspringen diese Unterschiede?

Schon Draper hat gefunden, daß ein glühender starrer Körper zwischen Gränzen, die mit der Temperatur variiren, Licht von jeder Brechbarkeit aussendet. Wenn z. B. Kohle in Sauerstoff verbrennt, oder ein Platinstreif durch einen elektrischen Strom bis zur Temperatur 2130° F. er-

hitzt wird, so entsteht ein vollkommen continuirliches Spectrum ohne helle Striche oder dunkle Räume, das sich wenigstens von der Linie *B* bis zur Linie *H* des Sonnenspectrum erstreckt¹⁾. Hierdurch vermögen wir zu erklären, weshalb wir in dem Spectrum des blauen Theils der Flamme helle Linien und dunkle Räume sehen, welche in dem Spectrum des hellen inneren Kegels ganz unsichtbar sind. Denn das Licht des inneren Kegels entspringt aus in der Flamme abgesetzter, glühender starrer Kohle, welche, wie wir eben gesehen, ein helles continuirliches Spectrum erzeugen muß. Das Licht dieses Spectrums überstrahlt das verhältnißmäßig schwache der hellen Linien des blauen Theils der Flamme und füllt die dunklen Räume zwischen denselben aus. Ferner sind Linien im Spectrum des blauen Theils der Weingeist- oder der Kerzenflamme leicht zu sehen, während sie in der Flamme des Terpenthinöls oder der Steinkohlennaphtha fehlen, denn die letzteren Körper enthalten so viel Kohle, daß dieselbe sich fast schon am Boden der Flamme abzusetzen anfängt. Der blaue Kegel ist dadurch auf einen äußerst schmalen Ring reducirt, und wie klein auch die Oeffnung sey, durch welche das Licht auf das Prisma übergeht, so ist es doch practisch unmöglich, das Spectrum des blauen Lichts getrennt von dem der glühenden Kohle zu erhalten.

Auf ähnliche Weise können wir erklären, warum im Spectrum des Alkohols Linien sichtbar sind, die in dem eines schwachen Weingeistes oder dem des unreinen Holzgeistes nicht gesehen werden. Die äußere Hülle, wie der innere helle Kegel empfängt das meiste Licht von glühender starrer Substanz und so entsteht ein continuirliches Spectrum, wie bei der Bunsen'schen Lampe gezeigt ward. Nun ist bei der Flamme des schwachen Weingeistes oder des Holzgeistes die äußere Hülle sehr voluminöse und voll entwickelt, woraus am Boden der Flamme eine ungewöhnliche Dicke entspringt. Das Licht von der darin enthaltenen glühenden Substanz hat daher, genau wie das des

1) *Phil. Mag. Vol. XXX, p. 349.*

inneren hellen Kegels, die Wirkung, daß es die hellen Linien des Spectrums unsichtbar macht.

Ueber die Methode, die Spectra der Kohlenwasserstoff-Flammen zu beobachten.

Da die aus dem Licht von glühender Substanz entspringenden continuirlichen Spectra kein unterscheidendes Merkmal darbieten, so folgt, daß man zur Auffindung charakteristischer Erscheinungen für die chemische Constitution der verbrennenden Körper denjenigen Theil der Flamme untersuchen muß, in welchem irgend solide Molecüle, welche abgelagert wurden, sich noch nicht zu Massen versammelt haben können. Dieser Zustand findet sich in dem blauen Theil der Kohlenwasserstoff-Flammen, wo hinreichend Luft zufließt, um die Gase vollständig zu verzehren. Bei Flammen, wie die von Terpenthinöl, $C_{10}H_8$, worin viel Kohle ist, wird es nöthig, die Kohle durch einen künstlichen Zufluß von Luft zu verbrennen. Um dies zu erreichen, die Kohle, ohne intermediäre Abscheidung in starrer Form, in Kohlensäure zu verwandeln, ersann ich zwei Methoden. Die eine bestand darin, die Dämpfe der zu untersuchenden Substanzen in der Bunsen'schen Lampe zu verbrennen; allein diese verwarf ich als unbequem und vielleicht in einigen Fällen selbst gefährlich, da, wäre es nöthig geworden, sehr flüchtige Flüssigkeiten in verschlossenen Gefäßen zu siedern, Explosionen zu fürchten gewesen wären. Die andere bestand einfach darin, mittelst eines feststehenden Löthrohrs einen Luftstrom durch die Flamme zu leiten. Durch dieses letztere Mittel gelang es mir, die Abscheidung starrer Kohle so vollständig zu verhüten, daß ich bei jeder bisher untersuchten Kohlenwasserstoff-Verbindung Spectra mit hellen Linien und dunklen Räumen erhielt.

Vergleichung der Spectra von Flammen verschiedener kohlenwasserstoffhaltiger Substanzen.

Die von mir untersuchten Kohlenwasserstoff-Verbindungen, welche in der folgenden Tafel aufgezählt sind,

können in zwei Klassen getheilt werden; die eine besteht aus Substanzen, die nur Kohle und Wasserstoff enthalten und C_xH_y zur allgemeinen Formel haben; die andere aus Substanzen, enthaltend Kohle, Wasserstoff und Sauerstoff, entsprechend der Formel $C_xH_yO_z$.

C_xH_y

Leichter Kohlenwasserstoff	C_2H_2
Oelbildendes Gas	C_2H_4
Paraffin	$C_{20}H_{40}$
Terpenthinöl	$C_{10}H_8$

$C_xH_yO_z$

Methylalkohol	$C_2H_4O_2$
Alkohol	$C_4H_8O_2$
Aether	C_4H_8O
Methyläther	C_2H_6O
Glycerin	$C_6H_{12}O_6$
Wallrath	$C_{64}H_{66}O_4$
Kampher	$C_{10}H_{16}O$
Wachs	
Talg	} von unbestimmter Zusammensetzung.
Steinkohlengas	
Steinkohlen-Naphtha	

Der leichte Kohlenwasserstoff war dargestellt durch Erhitzung von essigsaurem Natron mit Kalihydrat und Aetzkalk, und der Methyläther aus Holzgeist und Schwefelsäure. Die Gase wurden gewöhnlich aus einem Platinbrenner verbrannt, unmittelbar nachdem sie durch ein mit Aetzkalk-Stückchen gefülltes Rohr gegangen waren. Das Glycerin, eine schwer zu verbrennende Substanz, wurde in einer Platin kapsel erhitzt. Paraffin, Kampher und Wallrath, welche farblos, krystallinisch und anscheinend rein waren, wurden ähulichermaasssen behandelt, um den S. 314 angeführten Schluß zu verstärken, daß die in den Spectren beobachteten Linien sämmtlich von der Verbrennung von Kohlenwasserstoff-Verbindungen herkommen und nicht

von der Gegenwart fremder Substanzen. Alkohol, Aether und andere Flüssigkeiten wurden aus kleinen Glasflaschen verbraunt und eine Glasröhre mit einem Baumwollen-Docht diente als Brenner.

Das Spectrum der Bunsen'schen Lampe nahm ich als normales und verglich damit das Spectrum jeder der übrigen Flammen, indem ich sie gleichzeitig beobachtete und das Licht beider Flammen durch einen und denselben schmalen Schlitz gehen liefs.

Das Resultat dieser Vergleichung war: dafs in allen den Spectren, erzeugt durch Substanzen von der Form C_2H_2 oder der Form C_2H_2O , die hellen Linien identisch sind. In einigen Fällen zwar sind gewisse sehr schwache Linien, die im Spectrum der Bunsen'schen Lampe vorkommen, nicht sichtbar. Die Helligkeit der Linien variirt mit dem Verhältnifs der Kohle zum Wasserstoff in der verbrennenden Substanz und ist am grössten, wo die meiste Kohle vorhanden ist. In den Spectren des leichten Kohlenwasserstoffs, des Holzgeistes und des Glycerins, — Substanzen, welche verhältnifsmäfsig wenig Kohle enthalten, — sind gewisse der schwächeren Linien des Bunsen'schen Spectrums nicht sichtbar; allein alle, die gesehen werden, sind identisch mit den Linien der Steinkohlengas-Flamme. Ich zweifle nicht, dafs die schwächeren Linien wirklich vorhanden waren, und sie nur wegen ihrer schwachen Helligkeit unsichtbar blieben; diefs wird noch wahrscheinlicher durch die Thatsache, dafs in jedem Spectrum die Anzahl der sichtbaren Linien mit der Helligkeit des Lichtes variirt. So verschwinden im Sonnenspectrum oder in dem der Bunsen'schen Lampe die schwächeren Linien, wenn die Intensität des Lichtes vermindert wird.

Die absolute Identität, welche diesemnach zwischen den Spectren unähnlicher Kohlenwasserstoff-Verbindungen existirt, ist eine nicht wenig merkwürdige; denn sie beweist 1) dafs die Lage der Linien im Spectrum nicht variirt mit dem Verhältnifs von Kohle und Wasserstoff in dem verbrennenden Körper, wie hervorgeht, wenn man die Spectra

des Lichts vom leichten Kohlenwasserstoffgas CH_4 , ölbildendem Gase C_2H_2 und Terpenthinöl C_{10}H_8 vergleicht; 2) daß die Gegenwart des Sauerstoffs den Charakter der Spectren nicht ändert, da Aether, $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ und Holzgeist, $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ Spectra geben, die identisch sind mit denen von Paraffin $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$ und Terpenthinöl C_{10}H_8 .

In gewissen Fällen wenigstens afficirt die Beimengung anderer Substanzen zu den Kohlenwasserstoffverbindungen die Linien des Spectrums nicht. So habe ich gefunden, daß ein Gemisch von Alkohol und Chloroform mit einer Flamme brennt, die eine sehr leuchtende grüne Hülle hat, — ein charakteristisches Kennzeichen der Anwesenheit des Chlors, — und in deren Spectrum sind keine Linien sichtbar. Facht man indeß die Flamme mit dem Löthrohr an, so nimmt das Licht der Hülle ab, und die gewöhnlichen Linien des Kohlenwasserstoff-Spectrums werden sichtbar.

Vergleich des Kohlenwasserstoffspectrum mit dem Sonnenspectrum.

Nachdem ich ermittelt, daß wahrscheinlich alle Substanzen von der Form C_xH_y und $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ beim Verbrennen absolut identische Spectra erzeugen, war ich begierig, ihre Spectra zu vergleichen mit dem der Sonne.

Zu dem Ende versuchte ich zuvörderst das Spectrum der Sonne und das der Bunsen'schen Lampe gleichzeitig zu beobachten, allein die verhältnißmäßige Schwäche des letztern machte diese Vergleichungsart außerordentlich schwierig. Ich beschloß daher die Ablenkungs-Minima der hauptsächlichen Linien beider Spectra getrennt zu messen; die Zwischenräume der benachbarten kleineren Linien des Sonnenspectrums wurden mittelst eines Mikrometers bestimmt.

Die angewandten Instrumente waren ein Theodolit von Adie und ein sehr schönes Flintglas-Prisma von Secretan in Paris, welches Flächen von vier Quadratzoll Größe darbietet und die feinsten Linien der Fraunhofer'schen Abbildung des Sonnenspectrums mit großer Deutlichkeit

zeigt. Den Gebrauch dieser Instrumente verdanke ich Hrn. John Adie und dem Prof. Forbes.

Nachdem das Prisma in die Stellung der Minimum-Ablenkung gebracht worden, wurden die weiterhin angegebenen Brechungs-Indices berechnet nach der Formel:

$$\mu = \frac{\sin \frac{1}{2}(J+A)}{\sin \frac{1}{2}J}$$

wo J der Winkel des Prismas und A die Ablenkung des durchgehenden Lichts.

Ich habe die fünf hellsten Linien des Kohlenwasserstoff-Spectrums durch die Buchstaben $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \zeta$ bezeichnet, und die schwächeren Linien in ihrer Begleitung durch $\beta_1, \beta_2, \gamma_1$ u. s. w. In den Tafeln bezeichnen $A_\alpha, A_\gamma, \mu_\alpha, \mu_\gamma$, u. s. w. respective die Minimum-Ablenkung der Strahlen und den Brechungsindex der Linien A und γ des Sonnen- und des Flammenspectrums.

Eine vergleichende Skizze der Spectra der Sonnenlichts und der Kohlenwasserstoffflammen ist in Fig. 6 Taf. I gegeben, wo a die gelbe Doppellinie von Fraunhofer ist. Ich habe es für zweckmässig erachtet, diese Linie anzugeben, da sie im gewöhnlichen künstlichen Licht fast immer sichtbar ist, obgleich sie, aus schon angeführten Gründen, wie ich glaube, in den Spectren der Kohlenwasserstoff-Verbindungen nicht vorkommt. Dieser Schluss wird bestätigt durch die S. 312 angeführten merkwürdigen Erscheinungen, dass die Natriumsalze der äusseren Hülle der Bunsen'schen Flamme ein so glänzendes gelbes Licht vertheilen, dass dadurch das verhältnissmässig schwache blaue Licht des inneren Kegels verdeckt und fast ganz unsichtbar gemacht wird; während doch das Licht dieses Theils der Flamme ganz unverändert bleibt. Diese merkwürdige Eigenschaft der Flamme lässt sich leicht erweisen, wenn man einen Platinstreif, mit etwas Salz darauf, in die Flamme bringt, während man das Spectrum durch ein Fernrohr beobachtet. So wie das Salz die Flamme erreicht, kommt die Linie R oder a , welche zuvor ausserordentlich schwach oder gar nicht sichtbar war, mit grossem Glanz zum Vor-

schein, während die Linien β , γ , δ und ζ ganz unverändert bleiben in Lage, Farbe und Intensität.

Während die Linie a in ihrer Helligkeit äußerst veränderlich ist, sind andererseits die Linien β , γ , ρ und ζ vollkommen constant, und da sie in den Kohlenwasserstoff-Spectren niemals fehlen, so hat man allen Grund zu glauben, daß sie wirklich charakteristisch sind für den verbrennenden Körper. Jenseits a , an der weniger brechbaren Seite, ist eine schwache Spur von rothem Lichte, welche, da sie, wenn das Licht von dem untersten Punkt der Flamme der Bunsen'schen Lampe kommt, so schwach wird, daß sie fast verschwindet, wahrscheinlich von der äußeren Flamme und nicht von dem inneren Kegel her stammt. Die Linie a ist getrennt von β durch einen äußerst dunklen, fast lichtlosen Raum. Die Linie β ist von schwach gelbgrüner Farbe, aber wohlbegränzt, und begleitet von vier fast aequidistanten Linien β_1 , β_2 etc., welche mit zunehmendem Abstand von β an Helligkeit abnehmen. Nach einem andern sehr dunklen Intervall, folgt die ungemein schöne Linie γ , welche außerordentlich glänzend ist und eine so durchaus bestimmte Brechbarkeit besitzt, daß sie, wie a , ein vollkommen scharfes Bild von dem das Licht durchlassenden Schlitz giebt. Sie hat eine schwache blau- oder theegrüne Farbe und wird begleitet von einer schwächeren Linie γ_1 . Die nächste Linie δ ist der wenigst gebrochene Rand eines breiten Lichtbandes, welches vier feine Linien enthält. Diese Gruppe, welche eine blasse Aschfarbe besitzt, ist getrennt von γ und ζ durch dunkle Intervalle. Die Linie ζ gehört zu einem glänzenden, aber nicht wohl begränzten, schön purpurfarbenen Bande, welches von einer schwächeren Linie ε begleitet wird.

Ich habe die Minimum-Ablenkungen der Linien a , β , γ , δ und ζ , und auch die der Hauptlinien des Sonnenspectrums vollständig beobachtet und in der Reihe I, Taf. II u. III, S. 333 und 334 angegeben. Aus einer Untersuchung dieser Tafeln ergibt sich, daß während mehrer Linien des Kohlenwasserstoff-Spectrums in ihrer Lage fast coincidiren

mit merkwürdigen Linien des Sonnenspectrums, doch in keinem Fall, die Linie *a* ausgenommen, eine genaue Coincidenz stattfindet. Die Beobachtungen scheinen daher eher zu beweisen, daß die *hellen* Linien des Kohlenwasserstoff-Spectrums zusammenfallen nicht mit den *dunklen Linien*, sondern mit den *hellen Räumen* des Sonnenspectrums.

Nachschrift, hinzugefügt seit der Lesung des Aufsatzes.

Aus der wohlbekannten, von Fraunhofer entdeckten Coincidenz der Linie *R* im Lampenspectrum mit *D* im Sonnenspectrum, vereint mit ähnlichen, seitdem beobachteten Erscheinungen, könnte als allgemeines Gesetz der Flammenspectra geschlossen werden, daß ihre hellen Linien immer zusammenfallen mit dunklen des Sonnenspectrums.

Das Resultat der bevorstehenden Untersuchung ist offenbar einem solchen Schlusse ungünstig. Beim Veröffentlichen von Beobachtungen, die einen Gegenstand von so vielem Interesse und solcher Wichtigkeit betreffen, war ich bemüht, wo möglich keinen Zweifel an der Richtigkeit derselben zu hinterlassen. Seit der Lesung jenes Aufsatzes habe ich eine ausgedehntere Reihe von Versuchen angestellt und dabei die Lage aller hellen Linien, die ich im Kohlenwasserstoff-Spectrum entdecken konnte, mit mehr oder weniger Genauigkeit bestimmt. Es schien mir wünschenswerth, diese Versuche, nebst einem Abriss der Beobachtungsmethode, dem vorstehenden Aufsatz anzuhängen.

Beobachtungsmethode.

Der zum Messen der Ablenkung der gebrochenen Strahlen benutzte Theodolit *A* (Fig. 7 Taf. I) hat einen Limbus von 7,5 Zoll Durchmesser, mit zwei 10" ablesenden Nonien und einem Fernrohr *B* von 1,6 Zoll Apertur und einem Paralleldraht-Mikrometer. Die Platte, welche das Prisma *P* trug, war, um dessen Seiten senkrecht gegen den getheilten Kreis zu stellen, mit Schrauben versehen und über dem Mittelpunkt des Theodolits angebracht, und, um eine Pa-

rallelaxe zu vermeiden, wählte ich als zu beobachtenden Gegenstand einen äußerst schmalen Schlitz, der im Brennpunkt des Objectivs eines 30zölligen Fernrohrs *CL*, das somit als Collimator diente ¹⁾, befindlich war. Das Fernrohr ruhte in *Y*'s auf einem soliden gußeisernen Stativ, welches auch den Theodoliten trug, so daß der Collimator eine sehr unveränderliche Lage gegen den Theodoliten bewahrte, wenn auch der Fußboden des Beobachtungszimmers sich verzog. Der Nullpunkt des Kreises erwies sich ungemein constant. Vor der Collimatorlinse wurde ein Diaphragma mit einem verticalen Schlitz aufgestellt, so daß die Apertur in der Refractionsebene auf 0,4 Zoll begrenzt war und somit nur ein fast centrales Strahlenbündel auf das Prisma fallen konnte. Jeder Fehler, welcher entweder aus einer unvollkommenen Einstellung des Collimators auf den Brennpunkt oder aus einem mangelhaften Aplanatismus seiner Linse entstehen mochte, war hierdurch möglichst verhütet.

Während das Prisma stets auf die Lage der Minimum-Ablenkung eingestellt war, wurden die Ablenkungen der Strahlen erst rechts, dann links beobachtet, so daß der Unterschied der Ablesungen der Nonien in den beiden Lagen des Prismas das Doppelte der Minimum-Ablenkung der gebrochenen Strahlen angab.

Der Winkel des Prismas wurde ermittelt, indem man es erst mit seiner Kante gegen das Objectiv des Fernrohrs stellte, wie Fig. 8 Taf. I zeigt, wo *ABC* das Prisma und *T* das Fernrohr ist. Die das Prisma tragende Platte war fest mit dem Fernrohr verbunden, so daß, wenn letzteres bewegt wurde, ersteres sich mitbewegte, und, wenn es ungestört blieb, die Neigung seiner Flächen *AB* und *AC* gegen die Collimationslinie des Fernrohrs auch ungeändert blieb. Dann wurde das Fernrohr gewendet bis das Bild des beleuchteten Collimator-Schlitzes, gesehen durch Reflexion successiv in den beiden Flächen des Prismas, zur Coinci-

1) Ich habe diese Beobachtungsweise beschrieben in meinem Aufsatz über die ordentliche Brechung des Kalkspaths, *Edinb. Transact. Vol. XVI.*

denz mit den Fäden des Fernrohrs gebracht war; bei jeder Coincidenz wurden die Nonien abgelassen. Der Unterschied der Ablesungen gab den doppelten Winkel des Prismas. Denn, wenn DGJ und FHK die Bahn der reflectirten Strahlen vorstellen, müssen, da das Fernrohr auf den Brennpunkt eingestellt worden, GJ und HK parallel seyn. Da nun DE und EF während der Beobachtung successive in einer und derselben Richtung, nämlich in der der parallel zum Collimator ausfahrenden Strahlen, liegen, so folgt, daß das Fernrohr um den Winkel DEF gedreht worden seyn muß. Der Unterschied der Ablesungen ist folglich DEF oder zwei Mal BAC .

Um die Einstellung des Collimators auf den Brennpunkt zu prüfen, habe ich zwei Beobachtungsreihen über den Winkel des Prismas angestellt, die in Taf. I angegeben sind. Die Reihe I ist mittelst des Collimators ausgeführt, die Reihe II mittelst eines bestimmten Punkts am Thurm der 2240 Fufs entfernten St. Stephanskirche, wobei die Parallaxe, herrührend von einem Unterschiede in der Richtung der auf die beiden Flächen des Prismas fallenden Strahlen, keinen über 4" gehenden Fehler in dem gemessenen Winkel verursachen konnte.

Diese Resultate zeigen durch ihre volle Uebereinstimmung, daß jeglicher Mangel an Parallelismus bei den zum Collimator ausfahrenden Strahlen, der aus einer unvollkommenen Einstellung auf den Brennpunkt entsprungen wäre, nicht merklich auf die Beobachtungen der absoluten Ablenkung der gebrochenen Strahlen hatte einwirken können. Ich muß auch bemerken, daß da der Apparat, während der Beobachtung des Kohlenwasserstoff- und des Sonnenspectrums, ungeändert blieb, ein Mangel an Parallelismus bei den auf das Prisma einfallenden Strahlen, er mochte zufällig aus unvollkommener Einstellung des Collimators oder nothwendig aus unvermeidlichem Mangel an vollkommenem Achromatismus seiner Linse entspringen (denn jede dieser Ursachen könnte die scheinbare Richtung des beobachteten Gegenstandes abändern, wenn der auf das Prisma fallende

Strahlenbündel nicht genau central wäre) die bei beiden Spectren beobachteten Ablenkungen gleichmäfsig afficirt haben würde. Die Genauigkeit der Beobachtungen, als blofse Vergleiche der relativen Lagen der Linien beider Spectra in der Brechbarkeitsscale, würde demnach ganz ungefährdet bleiben.

Ich habe jedoch durch wirkliche Versuche ermittelt, dafs die Beobachtungen der *absoluten* Ablenkung nicht merklich durch einen Mangel an Achromatismus der Linse des Collimators haben afficirt werden können. Nachdem ich die Fäden des Fernrohrs genau mit dem Bilde des Collimatorschlitzes in Coincidenz gebracht hatte, beleuchtete ich den Schlitz abwechselnd mit den äufsersten rothen und den äufsersten violetten Strahlen des durch ein Flintglas-Prisma gebildeten Sonnenspectrums. Ich fand, dafs das Bild des Schlitzes seine scheinbare Lage dadurch nicht im Mindesten wahrnehmbar veränderte, so dafs, während die Beleuchtung vom Roth zum Violetten überging, die Fäden fortdauernd den Schlitz mit vollkommener Genauigkeit halbirten.

Da das Spectrum der Bunsen'schen Lampe so schwach ist, dafs die Fäden des Fernrohrs auf allen Linien, ausser den hellsten, unsichtbar sind, so war es nöthig sie zu beleuchten; allein bald fand ich, dafs Beobachtungen mit einem beleuchteten Felde, wegen der geringen Helligkeit des Spectrums, beinahe unausführbar sind, und daher war ich genöthigt mit beleuchteten Fäden auf einem dunklen Felde zu beobachten. Die Vorrichtung zur Beleuchtung der Fäden, welche ich ersann, ist so einfach und erwies sich so erfolgreich, dafs ich wage sie zu beschreiben, in der Hoffnung, sie werde auch bei ähnlichen Untersuchungen nützlich befunden werden. In die Seite der Röhre, in welcher sich das Ocularstück verschiebt, an einem Punkt zwischen der Feld-Linse (*field lens*) des Ocularstücks und den Fäden *m*, wurde ein Loch *a* eingebohrt (siehe Fig. 9 Taf. I) und darauf eine Lampe *L*, versehen mit einer Sammel-Linse *c* und einem konischen Rohr mit kleiner Oeffnung *e*, durch welche allein Licht hindurch gelassen wurde,

mit dem Fernrohr verknüpft, so daß das aus dem konischen Rohr tretende und in das Loch des Ocular-Rohrs eindringende Licht rr die Axe des Fernrohrs unter einem Winkel von etwa 70° schneiden und die Fäden w auf der dem Auge zugewandten Seite beleuchten mußte, während der Rest des Feldes vollkommen dunkel blieb. Durch geringe Verschiebung der Lampe konnte die Beleuchtung der Fäden bis zur äußersten Feinheit ajustirt und der Helligkeit der zu untersuchenden Portion des Spectrums angepaßt werden.

Ungeachtet die Beleuchtung der Fäden aufs sorgfältigste ajustirt wurde, fand ich doch die Beobachtung der schwächeren Linien des Kohlenwasserstoff-Spectrums äußerst schwierig. Die Helligkeit der Linien im Spectrum der Bunsen'schen Lampe, wird indess beträchtlich verstärkt, wenn man die Flamme mittelst des Löthrohrs anfacht; ich fand es nützlich drei Flammen (*jets*) hintereinander anzuwenden, so daß das vereinte Licht von drei Löthrohr-Kegeln auf das Prisma fiel. Dieser Apparat, welcher zum Nachweise der schwächeren Linien des Kohlenwasserstoff-Spectrums nützlich ist, läßt sich leicht construiren, wenn man aus einer etwa 0,2 Zoll weiten Glasröhre drei Löthrohr-Spitzen bildet, diese neben einander in einem durchbohrten Kork steckt und den Kork wiederum in ein kurzes Stück einer weiteren Röhre, deren anderes Ende verschlossen ist durch einen zweiten Kork, verbunden mit einem biegsamen Rohr, welches den Luftstrom eines feststehenden Löthrohrs (*table blowpipe*) herbeiführt.

Durch gleichzeitige Beobachtungen habe ich auch das Spectrum der durch einen Sauerstoffstrom angefachten Bunsen'schen Lampenflamme verglichen mit dem, welches durch das dreifache Luft-Löthrohr erhalten wird. Die Linien waren in beiden Spectren fast gleich hell, und weder in Anzahl, noch in Lage verschieden.

Zu den Beobachtungen der Reihe I, Taf. II und III gebrauchte ich ein Ocularstück, das 11 Mal vergrößerte; später vertauschte ich es gegen eins von 21maliger Vergröße-

ferungskraft und mit diesem wurde die Reihe II angestellt.

Vergleichung des Kohlenwasserstoffs- und des Sonnenspectrums.

Da die zweite Beobachtungsreihe mit einer stärkeren Vergrößerungskraft und, in mancher Beziehung, unter günstigeren Umständen als die erste angestellt wurde, so muß sie als die zuverlässigere betrachtet werden. Indefs stimmen die Resultate beider so gut überein, daß jede weitere Genauigkeit, die etwa erlangt worden wäre, wenn man die wahrscheinlichen Fehler beider Reihen und das wahrscheinlichste Resultat ihrer Combination ermittelt hätte, schwerlich die Mühe der nöthigen Rechnung belohnt haben würde. Ich habe es daher für hinreichend erachtet, allen Beobachtungen ein gleiches Gewicht zu geben und aus der Gesamtheit derselben das arithmetische Mittel zu ziehen. Da die mittleren Resultate beider Reihen und die Anzahl der Beobachtungen in jeder für sich in den Tafeln angegeben sind, so ist der Leser im Stande, sich über die wahrscheinliche Genauigkeit der aus der Combination beider Reihen hervorgehenden End-Bestimmungen ein Urtheil zu bilden. Fig. 6 Taf. I ist eine graphische Construction der Beobachtungen in den Tabellen II und III; die Linien wurden vom Kupferstecher gezogen durch Punkte, die ich nach dem Maafsstabe von einem Zoll auf 2200" auf der Platte angedeutet hatte. Ich habe ermittelt, daß die Fehler in der Lage dieser Linien nur in einem Fall 0,01 Zoll (entsprechend 22") und im Allgemeinen viel weniger betragen ¹⁾; so daß die Spectra in der Figur mit leidlicher Treue wiedergegeben sind.

Außer den Beobachtungen des Kohlenwasserstoffs- und des Sonnenspectrums in Tabelle II, wo die Ablenkung jeder Linie beider Spectra für sich durch den Theodolit oder das Mikrometer bestimmt wurde, habe ich auch gleich-

1) Natürlich gilt das nur von dem Original, das übrigens in Fig. 6 Taf. I sorgfältig copirt worden ist, nur etwas weniger breit. (P.)

zeitige Beobachtungen über die Spectra des Sonnenlichts und des ölbildenden Gases angestellt. Das Gas wurde durch Erhitzung von Alkohol und Schwefelsäure dargestellt und durch Waschflaschen, die Aetzkali und Schwefelsäure enthielten, zu einem Gasbehälter geleitet, aus welchem es durch ein mit Aetzkalkstückchen gefülltes Rohr zu einer Platinspitze ging, an welcher es verbrannt wurde.

Die Linien im Spectrum des ölbildenden Gases sind sehr deutlich, und ohne Hülfe des Löthrohrs gut sichtbar; allein wie die Linien der übrigen Kohlenwasserstoff-Spectra sind sie nicht hell genug, um bei Projection auf das Sonnenspectrum gesehen zu werden, sobald man letzteres nicht so geschwächt hat, daß seine Linien verschwinden. Es gelang jedoch die Spectra gleichzeitig zu beobachten, als ich Sonnenlicht, welches auf die eine Hälfte eines schmalen Schlitzes fiel, auffing und den ganzen Schlitz mit der Flamme des ölbildenden Gases beleuchtete. Das Gasspectrum erschien dann dicht über dem der Sonne und die *helleren* Linien in ihm waren gut sichtbar, besonders wenn die Flamme durch das Löthrohr angefacht wurde. Die in Tabelle V gegebenen Intervalle der Linien des Gasspectrums und der nächsten Linien des Sonnenspectrums wurden mit dem Mikrometer gemessen bei einer Vergrößerung von 21; die Beobachtungen der helleren Linien β , γ und δ stimmen mit denen der Tabelle III wohl überein.

Die Linie α war im Spectrum des ölbildenden Gases selten sichtbar; sie erschien nur momentan, was die schon geäußerte Meinung bestätigt, daß sie nicht eigentlich den Kohlenwasserstoff-Spectris angehört. Zu den für diese Meinung schon angeführten Gründen, will ich hier noch hinzufügen, daß ich sie in den Flammen des Kohlenoxyds und des leichten Kohlenwasserstoffs beständig nicht vorfand ¹⁾. Die stete Unsichtbarkeit einer so glänzenden Linie

1) Ich habe gefunden, daß die erhitzte Luftsäule, welche von der Flamme einer Weingeistlampe mit gesalzenem Dochte aufsteigt, die äußere Hülle der Flamme der Bunsen'schen Lampe am kräftigsten gelb färbt. Diese Wirkung ist anscheinend beschränkt auf den äußeren oder oxydiren-

des Spectrums, verbunden mit ihrem fast instantanen Erscheinen bei langen Zwischenzeiten — denn sie erschien manchmal auf einen Augenblick — bewies zur Genüge, daß sie nur von fremder, zufällig in die Flamme gerathener Substanz herstammte.

Aus einer Untersuchung entweder der Tabelle IV oder der Figur 6 Taf. I geht hervor, daß gewisse Linien im Kohlenwasserstoff-Spectrum beinahe dieselbe Stelle in der Brechbarkeitsscale einnehmen wie die dunklen Linien im Sonnenspectrum. Es sind die Linien α , γ , δ_3 und ζ , welche mehr oder weniger genau mit den Linien D , b_2 , F_1 und G zusammenfallen. Die erste dieser Coïncidenzen ist längst bekannt, schon von Fraunhofer entdeckt ¹⁾; und ähnliche merkwürdige Relationen giebt es, wie seitdem Sir David Brewster entdeckte ²⁾, zwischen gewissen Linien des durch »flammenden Salpeter« hervorgebrachten Spectrums und den entsprechenden Linien des Sonnenspectrums.

Aus diesen sonderbaren, in so vielen verschiedenen Fällen vorkommenden Coïncidenzen, könnte man die Folgerung ziehen, daß *alle* hellen Linien der Flammenspectra zusammenfallen mit dunklen Linien des Sonnenspectrums: und die außerordentliche Nähe der Linien γ und b_2 , δ_3 und F , ζ und G (siehe Tabelle IV) könnte auf den ersten Blick einen solchen Schlufs zu bestätigen scheinen. Denn man könnte sagen, daß so nahe Uebereinstimmungen in den beobachteten Ablenkungen auf eine absolute Identität hindeuteten, da die kleinen Unterschiede bloßen Beobach-

Theil der Flamme, wo kein Ueberschuß von Wasserstoff ist, um das Chlornatrium zu zersetzen. Der Versuch ist interessant, da er zu beweisen scheint, daß das gelbe Licht durch ein bloßes Glühen, ohne wirkliche Verbrennung von Natrium, hervorgebracht werden kann.

1) Schuhmacher's Astronomische Abhandlungen 1823, S. 29. Siehe auch Brewster's *Edinb. Journal of Science*, Vol. VIII, p. 7. — Neuerlich hat Hr. Foucault diese Resultate bestätigt durch die gelbe Doppellinie, die im Spectrum des Volta'schen Bogens zwischen Holzkohlen-Elektroden sichtbar ist. Siehe auch De la Rive's *Traité de l'électr.* T. II. p. 322.

2) *Report of British Association*, 1842, p. 15.

tungsfehlern zugeschrieben werden könnten. Man wird indess sehen, daß die beobachteten Ablenkungen der Linien b_2 und γ um nicht weniger als $40''$ verschieden sind, was ganz jenseits der Summe der wahrscheinlichen Fehlergrößen bei der Beobachtung dieser Linien liegt, da ich dieselbe nur zu etwa $5''$ gefunden habe, die Coincidenz derselben beweist sich hiernach als sehr unwahrscheinlich.

Allein jeder übrigbleibende Zweifel hieran wird vollständig entfernt durch die in Tabelle V gegebenen gleichzeitigen Beobachtungen der Spectra des Sonnenlichts und des ölbildenden Gases, wo die mikrometrische Messung des Zwischenraums der Linien b und γ nur $11''$ abweicht von der durch die Theodolit-Beobachtungen erhaltenen. In der That wurde, bei gleichzeitiger Anschauung der Spectra, *gesehen*, daß die helle Linie γ zusammenfiel, nicht mit der dunklen Linie b_2 , sondern mit dem hellen Raum unmittelbar dahinter. Schliessen wir die Linie a aus, welche ich, aus schon hinreichend angegebenen Gründen, als nicht zum Kohlenwasserstoff-Spectrum gehörig betrachte, so findet sich keine der übrigen zwölf Linien, die ich in diesem Spectrum beobachtet habe, nahe bei einer deutlichen dunklen Linie des Sonnenspectrums, mit Ausnahme der Linien γ , δ_3 und ζ , welche nahe an b_2 , F_1 und G fallen. Von diesen nun, wie außer Zweifel gesetzt wurde, coincidirt γ nicht mit b_2 , sondern mit einem hellen Raum in deren Nähe; und aus den gleichzeitigen Beobachtungen der Spectra des Sonnenlichts und des ölbildenden Gases, so wie aus den Resultaten der Theodolit-Beobachtungen, glaube ich, daß auch die übrigen *hellen* Linien des Kohlenwasserstoff-Spectrums coincidiren nicht mit *dunklen Linien*, sondern mit *hellen Räumen* des Sonnenspectrums.

Zufolge der oben genannten Thatsache, daß die Linien des Kohlenwasserstoff-Spectrums Orte einnehmen, wo im Sonnenspectrum keine deutlichen dunklen Linien vorkommen, scheint ein directer Vergleich der Spectra durch gleichzeitiges Beobachten fast unmöglich zu seyn; denn sollen die schwächeren Linien des Kohlenwasserstoff-Spectrums sicht-

bar werden, muß man das Sonnenspectrum so schwächen, daß die feineren Linien desselben verschwinden. Andererseits würde, wenn man einen vollständigen Vergleich der beiden Spectra durch wirkliche Messung mit dem Theodolit unternehmen wollte, die Bestimmung der feinsten Linien des Sonnenspectrums eine furchtbare Arbeit darbieten. Denn erwägt man, daß Fraunhofer auf seiner Zeichnung des Sonnenspectrums 350 Linien angegeben hat, während Sir David Brewster mittelst sehr vortrefflicher optischer Hilfsmittel beobachtet hat, daß das Sonnenspectrum »getheilt ist in mehr als 2000 sichtbare und leicht erkennbare Portionen, die durch mehr oder weniger markirte Linien von einander getrennt sind«¹⁾, so folgt, wenn wir 5° für die Winkel-Dispersion der äußersten Strahlen des Spectrums annehmen, daß der Zwischenraum zwischen den von ihm beobachteten Linien durchschnittlich nur 9" beträgt. Es würden daher äußerst feine Theodolit-Messungen erforderlich seyn, um zu entscheiden, ob irgend eine helle Linie des Flammenspectrums zusammenfalle oder nicht mit einer oder der andern von den zahllosen feinen Linien des Sonnenspectrums; und selbst wo eine Coïncidenz ermittelt wäre, könnte sie leicht einem Zufall zuzuschreiben seyn, gerade wie ein Doppelstern bloß optisch doppelt seyn könnte und es nicht nothwendig physisch zu seyn brauchte.

In Fällen jedoch, wo eine merkwürdige analoge Configuration zweier Liniengruppen, neben einer genauen Coïncidenz, vorhanden ist, wie zwischen den Doppellinien *a* und *D*; und noch specieller, wo wir das auffallende Phänomen der optischen Superposition von Spectral-Linien wirklich sehen, da wird der Eindruck eines physischen Connexes zwischen zwei Gruppen unwiderstehlich.

Die Coïncidenz von γ , der glänzendsten Linie des Kohlenwasserstoff-Spectrums, mit dem hellen Raum dicht hinter b_2 — der stärkst gebrochenen Linie einer Gruppe, welche, mögen wir die sonderbare Configuration oder die Stärke der sie zusammensetzenden Linien betrachten, viel-

1) *Edinb. Transact. Vol. XII, p. 528.*

leicht die merkwürdigste des Sonnenspectrums ist, — ist eine Erscheinung, welche Beachtung verdient, da auch sie wahrscheinlich auf irgend eine physische Relation hindeutet.

Zum Schlufs will ich bemerken, dafs das Kohlenwasserstoff-Spectrum wegen der Leichtigkeit, mit der man es mittelst der Bunsen'schen Lampe erhält, und wegen des bestimmten und leicht identificirbaren Charakters seiner Linien, durch diese Linien nützlich seyn kann bei optischen Untersuchungen, wo, aus irgend einer Ursache, kein Sonnenlicht angewandt werden kann. Aus Tabelle IV wird man nämlich ersehen, dafs, für die meisten practischen Zwecke, die Linien α , γ , δ_3 und ζ als identisch betrachtet werden können mit D , b_2 , F_1 und G des Sonnenspectrums; ein Fehler im Brechungsindex berechnet in dieser Annahme afficirt nur die vierte oder fünfte Decimalstelle.

Tabelle I. Beobachtungen des Winkels am Prisma.

Reihe I.		Reihe II.		Gesamtzahl der Beobachtungen.	Mittel aus allen Beobachtungen.
Anzahl der Beobachtungen.	Mittel aus d. Beobachtungen.	Anzahl der Beobachtungen.	Mittel aus d. Beobachtungen.		
5	60° 0' 15"	3	60° 0' 18"	8	60° 0' 16"

Tabelle II. Beobachtungen des Sonnenspectrums.

Linien des Spectrums.	Reihe I.		Reihe II.		Unterschied der Mittel I und II.	Minimum - Ablenkung.	
	Anzahl der Beobach- tungen.	Mittel I.	Anzahl der Beobach- tungen.	Mittel II.		Gesamtzahl der Beob- achtungen.	Mittel aller Beobachtungen.
<i>A</i>	3	47° 20' 27"	3	47° 20' 21"	0' 6"	6	47° 20' 24"
<i>α</i>	2	47 29 54	4	47 30 2	0 8	6	47 29 59
<i>B</i>	2	47 39 52	3	47 39 51	0 1	5	47 39 51
<i>C</i>	2	47 50 22	3	47 50 10	0 12	5	47 50 12
<i>C</i> *)			1	48 0 50		1	48 0 50
<i>D</i>	2	48 18 15	4	48 18 12	0 3	6	48 18 13
<i>E</i>	2	48 55 24	4	48 55 26	0 2	6	48 55 25
<i>b</i> **)	4	49 1 45	5	49 1 44	0 1	9	49 1 45
<i>b</i> ₁	2	49 2 37	1	49 2 35	0 2	3	49 2 36
<i>b</i> ₂	2	49 2 55	3	49 2 56	0 1	5	49 2 55
<i>F</i>	2	49 29 9	3	49 29 19	0 10	5	49 29 15
<i>F</i> *)			4	49 49 2		4	49 49 2
<i>G</i>	2	50 35 2	3	50 35 5	0 3	5	50 35 4
<i>H</i>	1	51 34 50	6	51 34 43	0 7	7	51 34 44

Reihe I.

Mitteltemperatur des Prisma
der Luft

Reihe II.

64° 2 F.
62,5

29° 98.

Mittl. Barometerstand

30° 21

*) Mit *C*₁ und *F*₁ sind hier sehr starke Linien bezeichnet, die dicht bei den Fraunhofer'schen Linien *C* und *F* liegen.
 **) Fraunhofer bezeichnet mit *b* die beiden stärkt gebrochenen Linien einer merkwürdigen Gruppe, die in seiner Abbildung des Sonnenspectrums durch drei starke Linien dargestellt ist. Ich habe diese Linien nach Ordnung ihrer Brechbarkeit mit *b*₁, *b*₂ und *b*₃ bezeichnet. — Am 20. Mai etwa 7^h 10' Abends, als die Sonne schon niedrig am Horizont stand, aber frei von Wolken, sah ich, bei 21 maliger Vergrößerungskraft, die Linie *b*₃ sehr fein, aber deutlich doppelt, so daß also die Gruppe aus vier Linien besteht.

Tabelle III. Beobachtungen des Kohlenwasserstoff-Spectrums.

Linien des Spectrums.	Reihe I.		Reihe II.		Unterschied der Mittel I und II.	Minimum - Ablenkung.	
	Anzahl der Beobach- tungen.	Mittel I.	Anzahl der Beobach- tungen.	Mittel II.		Gesamtzahl der Beob- achtungen.	Mittel aller Beobachtungen.
α	5	48° 18' 14"	2	48° 18' 13"	0' 1"	7	48° 18' 14"
β	3	48 32 9	6	48 32 7	0 2	9	48 32 7
β_1			9	48 35 12		9	48 35 12
β_2			9	48 37 50		9	48 37 50
β_3			9	48 40 10		9	48 40 10
γ	9	49 3 35	4	49 3 31	0 4	13	49 3 34
γ_1			9	49 6 23			
δ	2	49 41 58	6	49 41 58	0 0	8	49 41 58
δ_1			9	49 44 48		9	49 44 8
δ_2			9	49 46 37		9	49 46 37
δ_3			9	49 48 41		9	49 48 41
ϵ			4	50 27 54		4	50 27 54
ζ	3	50 35 37	6	50 35 28	0 9	9	50 35 33

Reihe I.

62° 6 F.

60,4

29°,56.

Reihe II.

63° F.

30°,02

Mitteltemperatur des Prisma

" der Luft

Mittl. Barometerstand

Tabelle IV. Vergleich beisammenliegender Linien im Sonnen- und Kohlenwasserstoffspectrum.

Sonnen spectrum.		Kohlenwasserstoffspectrum.								
Ablenkung A .	Brechungs- index μ .	Ablenkung A .	Brechungs- index. μ .							
D	$48^{\circ} 18' 17''$	α	1,621079	$48^{\circ} 18' 14''$	1,621083	$A_{\alpha} - A_D$	$0'$	$1''$	$\mu_{\alpha} - \mu$	0,000004
b_{α}	$49^{\circ} 2' 55''$	γ	1,628659	$49^{\circ} 3' 34''$	1,628769	$A_{\gamma} - A_{b_2}$	0	39	$\mu_{\gamma} - \mu_{b_2}$	0,000110
F_1	$49^{\circ} 49' 2''$	δ_3	1,636407	$49^{\circ} 48' 41''$	1,636349	$A_{F_1} - A_{\delta_3}$	0	21	$\mu_{F_1} - \mu_{\delta_3}$	0,000058
G	$50^{\circ} 35' 4''$	ζ	1,644068	$50^{\circ} 35' 28''$	1,644147	$A_{\zeta} - A_G$	0	24	$\mu_{\zeta} - \mu_G$	0,000079

Tabelle V. Beobachtungen am Spectrum des ölbildenden Gases.

Minimum-Ablenkung von Linien des Sonnenspectrums aus Tabelle II.		Zwischenräume von Linien im Sonnen- und Gas- spectrum, gemessen mit dem Mikrometer.		Minimum-Ablen- kungen.		
		Zahl der Beob- achtungen.				
A_D	48° 18' 13"	$A_{\beta} - A_D$	4	14' 10"	A_{β}	48° 32' 23"
		$A_{\beta_1} - A_D$	4	17 10	A_{β_1}	48 35 23
		$A_{\beta_2} - A_D$	3	19 58	A_{β_2}	48 38 24
		$A_{\beta_3} - A_D$	3	22 37	A_{β_3}	48 40 50
		$A_{\gamma} - A_{\delta}$	3	1 38	A_{γ}	49 3 23
A_{δ}	49 1 45	$A_{\gamma_1} - A_{\delta}$	3	4 33	A_{γ_1}	49 6 18
		$A_{\delta} - A_r$	3	12 44	A_{δ}	49 41 59
A_r	49 29 15	$A_{\delta_3} - A_r$	1	20 29	A_{δ_3}	49 49 41