

Beiträge zur Kenntniss der Flammenspectra kohlenstoffhaltiger Gase.

Von **Andreas Lielegg**,

Professor an der Landes-Oberrealschule zu St. Pölten.

(Mit 1 Tafel in Farbendruck.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 16. April 1868.)

Schon während meiner Beobachtungen über das Spectrum der Bessemer Flamme ¹⁾ stellte ich mir die Aufgabe zu untersuchen, welche Ähnlichkeit oder Verschiedenheit zwischen diesem Spectrum, welches als das einer Kohlenoxydflamme zu betrachten ist, und den Flammenspectren anderer kohlenstoffhaltiger Gase obwalte; ich verband hie mit auch die Absicht Anhaltspunkte zu gewinnen für die Erledigung der Frage: ob wirklich alle Spectra kohlenstoffhaltiger Gase als Spectra des Kohlenstoffes aufzufassen seien, oder ob jedem solchen Gase ein besonderes Spectrum zukomme.

Zur Erreichung dieses Zieles unternahm ich die Darstellung der Spectra des Leuchtgases, des Elayls und des Cyangases, und gelangte hierdurch, namentlich in Bezug auf die beiden ersteren Gase, zur Kenntniß einiger Details, welche in den über diesen Gegenstand vorliegenden größeren Arbeiten entweder keine Erwähnung fanden, oder doch wenigstens nicht in der Weise beschrieben wurden, als ich sie zu beobachten die Gelegenheit hatte. Indem ich nun diese Details zur Vervollständigung der Kenntnisse über Flammenspectra im Folgenden mittheile, reihe ich auch die Ergebnisse an, welche durch einen Vergleich des Bessemer Spectrums mit anderen Flammenspectren gewonnen werden konnten.

Spectrum des Leuchtgases.

Als Swan ²⁾ seine Untersuchungen über die prismatischen Spectra der Flammen von Kohlenwasserstoffverbindungen, die sich

1) Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften, Band LV., II. Abthl., p. 153 und Band LVI, II. Abthl., p. 24.

2) Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Vol. XXI, Part III, p. 411.

durch eine bei dem damaligen Stande (1855) des Wissens über Spectralbeobachtungen hervorragende Vollständigkeit auszeichnen, veröffentlichte, waren nur die Beobachtungen von Fraunhofer, Brewster und Draper über das Spectrum des Kegels der Löthrohrflamme, so wie die von Fraunhofer, Herschel u. A. über das Spectrum einer Kerzen- oder Ölf Flamme bekannt und die Beobachtungsmittel nicht von jener Vollkommenheit, die sie später in so hohem Grade erreicht haben. — Unter diesen Umständen muß es als eine nicht zu unterschätzende Leistung, welche allen späteren Arbeiten als Ausgangspunkt dienen konnte, angesehen werden, daß Swan, der seine Untersuchungen nicht nur auf Kohlenwasserstoffe beschränkte, sondern auch auf Verbindungen ausdehnte, welche Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthalten, die Flammenspectra dieser Körper mit einer bis auf die letzten Jahre unübertroffenen Genauigkeit untersuchte und beschrieb, und zu den auch heute noch in ihren Grundzügen giltigen Schlußfolgerungen gelangte, daß 1. die Lage der hellen Linien in den Spectren der verschiedenen Kohlenwasserstoffe von dem quantitativen Verhältnisse zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff unabhängig und in allen Fällen dieselbe ist, und 2. daß Verbindungen, welche außer Kohlenstoff und Wasserstoff auch noch Sauerstoff enthalten, Spectra geben, die mit denen der Kohlenwasserstoffe identisch sind.

In den folgenden Jahren wurde dieser Gegenstand wieder in das Bereich der Untersuchung gezogen und namentlich haben Plücker und Hittorf¹⁾, so wie H. C. Dibbits²⁾ ihren Veröffentlichungen vorzügliche Abbildungen beigegeben, von welchen die des zuletzt genannten Forschers an Treue in der Wiedergabe nichts zu wünschen übrig ließen. Aber keiner von den aufgeführten Autoren hat in dem Spectrum des Leuchtgases oder des Elays, erhalten durch Verbrennen mit Sauerstoff, einer Gruppe von fünf rothen Linien erwähnt, welche ich bei meinen oft wiederholten Versuchen stets mit gleicher Deutlichkeit beobachten konnte und die entschieden dem Leuchtgasspectrum angehört.

1) Philosoph. Transactions of the Royal Society of London. Vol. CLV. Part. I, p. 15.

2) De Spectraal-Analyse, Akademische Proefschrift, Rotterdam, E. H. Tassemyer 1863.

Zur Darstellung des Leuchtgasspectrums benützte ich einen Daniell'schen Hahn gewöhnlicher Construction, der im Verhältnisse zu der Weite der Röhren, welche Leuchtgas und Sauerstoff zusammenführen, eine enge Ausströmungsöffnung besaß und regulirte die Quantität der zu mischenden Gase derart, daß ich eine kleine, beinahe kugelförmige und nur in eine ganz kurze Spitze ausgezogene Flamme erhielt, welche eine schwach bläulichweiße Farbe und einen intensiven Lichtglanz besaß. Eine so hergestellte Flamme so nahe als möglich an den Spalt des Apparates gebracht, gab das Spectrum des Leuchtgases mit außerordentlicher Schärfe und Farbenpracht und ließ die Gruppe der fünf rothen Linien mit vorzüglicher Deutlichkeit beobachten.

Die successive Entwicklung des Leuchtgasspectrums, welche sich leicht constatiren läßt, wenn man die Spectra vergleicht, welche durch einen Bunsen'schen Gasbrenner, ferner durch Leuchtgas mit Sauerstoff in geringer Menge und endlich durch Leuchtgas mit Sauerstoff in der zur Verbrennung vollkommen hinreichenden Quantität hervorgebracht werden, führt zu dem schon lange bekannten Schluß, daß die Zunahme der Temperatur der Flamme auf die Gestaltung des Spectrums einen großen Einfluß ausübt, der sich dadurch kund gibt, daß bei fortwährender Steigerung der Sauerstoffzufuhr immer mehr Linien hervortreten und alle an Lichtstärke und Farbenpracht gewinnen, ohne daß einzelne von diesen ein entgegengesetztes Verhalten wahrnehmen ließen. Von der Flamme des Bunsen'schen Gasbrenners angefangen bis zur heißesten, mit Sauerstoff angefachten Gasflamme, kann man eine Reihe von Spectren verfolgen, die keinen wesentlichen Unterschied zeigen, da der verschiedene Grad der Entwicklung derselben eben nicht als ein solcher zu betrachten ist; denn die Linien, welche durch den Bunsen'schen Gasbrenner hervorgebracht werden, behalten ihre Lage unverändert bei und ergänzen sich nur durch andere noch hinzukommende zu Gruppen, so daß man diese successive Completirung des Spectrums bei steigender Temperatur ganz deutlich verfolgen kann.

Es dürfte daher nur dieser durch die Temperatur der Flamme bedingten graduellen Verschiedenheit des Leuchtgasspectrums zugeschrieben sein, daß die vorher erwähnte Gruppe von fünf rothen Linien bisher nicht so beobachtet und beschrieben wurde, als dies

im Folgenden geschehen wird; die Flamme muß eben durch ausreichende Zufuhr von Sauerstoff auf das Maximum ihrer Temperatur und Leuchtkraft gebracht werden; sodann erscheint aber auch diese Gruppe eben so scharf und deutlich und in ihrem allgemeinen Charakter ganz übereinstimmend mit den übrigen im grünen und blauen Theile des Spectrums liegenden, welche schon bei verhältnißmäßig niedrigerer Temperatur sichtbar sind.

Um sowohl bezüglich der Lage als auch der Breite der rothen Linien und ihrer Zwischenräume eine Beziehung zu den anderen Linien dieses Spectrums herzustellen, nahm ich eine Bestimmung ihrer relativen Lage mittelst einer beleuchteten Steinheil'schen Scala vor, welche den Raum zwischen $K\alpha$ und $K\beta$ in 255 gleiche Theile theilt. Die Spaltbreite wurde so gewählt, daß die Breite der Natriumlinie gerade den Zwischenraum zwischen zwei Theilstriichen ausfüllte, welche Breite auch nahezu sämtliche Linien, die Gruppen bilden, besitzen. Der hiezu benützte Apparat ¹⁾, derselbe den ich zu meinen früheren Arbeiten gebrauchte, hat zwei Prismen, die auf das Minimum der Deviation für D eingestellt waren, und ein Fernrohr mit sechsfacher Vergrößerung. Es folgen nun die Ergebnisse der Ableesungen, welchen zur leichteren Orientirung die der Linien des Kaliums, Natriums und Lithiums eingereiht sind.

	304	.	$K\alpha$.	
	285		Äußerstes Roth.	
	278		Li α .	
α	{	260	} Gruppe von fünf rothen Linien.	
		257		
		254		
		252		
		250		
	246		Natriumlinie.	
β	{	233	} Gruppe von fünf gelblichgrünen Linien.	
		230		
		227		
		225		
		222		

¹⁾ Aus der Werkstätte mathem.-physik. Instrumente von Starke & Kammerer am k. k. polytechnischen Institute in Wien.

- γ $\left. \begin{array}{l} 201 \\ 198 \\ 195 \end{array} \right\}$ Gruppe von drei erbsengrünen Linien, welcher sich bei besonderer Lichtstärke der Flamme auch noch eine vierte anreihet.
- δ $\left. \begin{array}{l} 160 \\ 157 \\ 155 \\ 153 \end{array} \right\}$ Gruppe von vier hellblauen Linien.
- $\left. \begin{array}{l} 112 \\ 107 \end{array} \right\}$ Grenzen eines breiten blauen Bandes, welches in der Mitte am hellsten ist, und gegen die Ränder nur allmählig lichtschwächer wird.
- 103 Schmale hellviolette Linie.
- $\left. \begin{array}{l} 101\cdot5 \\ 98 \end{array} \right\}$ Grenzen eines hellen dunkelvioletten Bandes in der Mitte (100) am hellsten.
- 82 Violettes Ende.

Hieraus ergibt sich, daß die Gruppe der fünf rothen Linien zwischen der Lithiumlinie und der Natriumlinie liegt; die drei ersten Linien befinden sich in gleichen Abständen und sind als gleich breit anzusehen, der Abstand der dritten Linie von der vierten und der der vierten Linie von der fünften ist etwas geringer, ebenso ihre Breite, jedoch in wenig auffallender Weise. In Bezug auf Lichtintensität zeigt diese Gruppe dieselben Verhältnisse wie die übrigen; es ist nämlich stets die erste also am wenigsten abgelenkte Linie (260) die hellste, während jede folgende lichtschwächer erscheint und die letzte die geringste Lichtstärke besitzt, diese Abnahme ist jedoch keine so auffällige wie z. B. bei den Linien der Gruppe γ und könnte auch als eine Contrastwirkung angesehen werden.

Die erbsengrüne Linie 201 der Gruppe γ und das letzte violette Band 101·5—98, welche wie bekannt, mit den Fraunhofer'schen Linien *C* und *G* nahezu coincidiren, sind auch zugleich jene Linien, die immer sichtbar sind, wenn man eine Weingeistflamme, oder den untersten nicht leuchtenden blauen Theil einer Kerzenflamme, oder den Lichtkegel der Gasflamme eines Bunsen'schen Brenners als Lichtquelle benützt; bei den beiden letzteren können unter günstigen Umständen gewöhnlich auch noch die zweite Linie 198 der Gruppe γ , die erste Linie 233 der Gruppe β und endlich die ganze Gruppe δ deutlich beobachtet werden, nur sind die einzelnen Linien der

letzteren nicht zu unterscheiden, indem die ganze Gruppe wie ein mattes breites Band sich vom Hintergrunde abhebt.

Endlich ist noch zu bemerken, daß in dem Falle, als die Verbrennung des Leuchtgases mit einer nicht ausreichenden Menge von Sauerstoff geschieht, die Gruppe der fünf rothen Linien auch nicht einmal angedeutet und überhaupt der rothe und gelbe Theil des Spectrums gar nicht sichtbar ist, der entsprechende Raum bleibt bis zur ersten Linie der Gruppe β ganz dunkel.

Spectrum des Elaylgases.

Verbrennt man Elayl mit Sauerstoff auf dieselbe Weise wie es für das Leuchtgas angegeben wurde, so erhält man ein Spectrum, welches mit dem des Leuchtgases vollkommen übereinstimmt und nur in Bezug auf die Entwicklung des ultravioletten Theiles, der von Brücke¹⁾ treffend lavendelgrau genannt wurde, eine ganz eigenthümliche Gestaltung darbietet, indem er von einer großen Anzahl intensiv schwarzer Linien durchzogen ist, die in dem dunkelvioletten Theile fein und enge aneinandergereiht sind, in dem hierauf sich anschließenden lavendelgrauen Theile jedoch zunehmend breiter werden und ebenso auch größere Zwischenräume lassen, bis sie endlich wieder einander näher rückend in einem breiten dunklen Streifen abschließen, welchem noch ein eben so breiter lavendelgrauer folgt, womit der sichtbare Theil des Spectrums endet.

Um die Ausdehnung und Gestaltung dieses Theiles des Spectrums verständlich zu machen, folgen die Ergebnisse der Messung, die sich an die beim Leuchtgasspectrum mitgetheilten unmittelbar anreihen.

- | | | |
|----|---|--|
| 95 | } | Blauvioletter Raum von feinen schwarzen Linien durch- |
| 71 | | |
| 70 | } | Dunkler Raum, bei 61 schwarz. |
| 51 | | |
| 50 | } | Lavendelgrau, von vielen schwarzen Linien durchzogen, die an Breite ebenso wie die Zwischenräume stetig zunehmen und im letzten Drittel dieses Raumes wieder allmählig, aber in geringerem Grade schmaler werden ²⁾ . |
| 7 | | |

¹⁾ Poggendorff's Annalen. Bd. 74, p. 461.

²⁾ Die violette Kaliumlinie $K\beta$ hat die Lage 49.

- 5 Mitte einer breiten schwarzen Linie.
- 2 Mitte eines lavendelgrauen Bandes ¹⁾.
- 1 Ende.

Diese Eigenthümlichkeit des Spectrums, welche dem am meisten abgelenkten Theile einen den übrigen Theilen gerade entgegengesetzten Charakter verleiht, konnte beim Spectrum des Leuchtgases nie deutlich beobachtet werden, wie wohl auch in diesem das Auftreten feiner schwarzer Linien im dunkelvioletten Ende wahrzunehmen ist. Im Übrigen stimmt dieses Spectrum, wie schon angegeben, mit dem des Leuchtgases vollkommen überein; denn das Erscheinen einer vierten Linie in der Gruppe γ , so wie das einer Gruppe von vier lichtschwachen Linien zwischen γ und δ , welchen die Werthe 186, 183, 181 und 170 unserer Scala entsprechen, beeinflußt den ausgesprochenen Typus dieses Spectrums in keiner Weise und findet nur unter für die Beobachtung besonders günstigen Umständen Statt.

Die Übereinstimmung, die sich unzweifelhaft bei dem Vergleiche der Spectra ausdrückt, welche durch eine Weingeistflamme, durch den blauen Theil einer Kerzenflamme, durch Leuchtgas mit Luft oder Sauerstoff und durch Elayl mit Sauerstoff verbrannt erhalten werden können, rechtfertigt wohl den Ausspruch, daß nur die größere oder geringere Menge der lichtgebenden Partikelchen und die höhere oder niedrigere Temperatur die graduelle Verschiedenheit dieser Spectra veranlasse und daß jene von gleicher Qualität sein müssen. Ob die lichtgebenden Partikelchen ausgeschiedener Kohlenstoff in dampfförmigem Zustande sind, wie dies vielfach angenommen wird, und ob die von Attfield ²⁾ zuerst ausgesprochene Ansicht sich bestätigt, daß die Spectra aller Kohlenstoffverbindungen als Spectra des Kohlenstoffes aufzufassen seien, oder ob jedem kohlenstoffhaltigen Gase ein eigenes Spectrum zukommt, — dies sind Fragen, welche in Bezug auf Flammenspectra nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens nicht definitiv entschieden werden können. Wenn man jedoch ausschließlich nur Thatsachen als maßgebend zur Lösung dieser Fragen zuläßt, und erwägt, daß die

¹⁾ Die hellen Linien der am meisten abgelenkten Gruppe des Cyanspectrums, welche ebenfalls eine lavendelgraue Farbe haben, entsprechen ganz dieser Lage.

²⁾ Edinburgh philosoph. Transactions. Vol. XXII, p. 224.

Annahme eines gasförmigen Kohlenstoffes nur eine Hypothese ist und jene Fälle, in welchen dieselbe gerechtfertigt erscheint, wie bei Geißler'schen Röhren, so ganz verschiedene Verhältnisse darbieten, daß ein Rückschluß unstatthaft ist, wenn man ferner die große Verschiedenheit, welche die Spectra des Cyans und des Kohlenoxydes im Vergleiche mit denen des Leuchtgases und anderer verwandter Substanzen zeigen, nicht unberücksichtigt läßt, so kann man der Meinung, daß alle Flammenspectra kohlenstoffhaltiger Verbindungen als Kohlenstoffspectra aufzufassen sind, nicht beipflichten. Überdies erregen auch die interessanten Untersuchungen Frankland's¹⁾, nach welchen die Leuchtkraft einer Flamme von der Dichtigkeit der glühenden Dämpfe abhängt, ebenfalls Bedenken gegen die Annahme dampfförmigen Kohlenstoffes in solchen Flammen, und es erscheint demnach einfacher, das Flammenspectrum der Kohlenwasserstoffe und Oxykohlenwasserstoffe auf die glühenden Dämpfe von Kohlenwasserstoffen zurückzuführen als auf Kohlenstoffdampf.

Weil nun kein universelles Kohlenstoffspectrum existirt und jedem kohlenstoffhaltigen Gase ein eigenes Spectrum zukommt, und weil die quantitativen Verbindungsverhältnisse auf den Charakter der Spectra keinen Einfluß ausüben, so ist es zur Genüge erklärt, warum die Flammen des Spiritus, der Kerze²⁾, des Leuchtgases und des Elays das gleiche Spectrum geben, während bei Cyan und Kohlenoxyd, weil eben qualitativ andere Körper als lichtgebende auftreten, eine wesentliche Verschiedenheit in den Spectren zum Ausdrucke kommt.

Zur Unterstützung dieser Ansicht können auch noch ähnliche Fälle bei Verbindungen angeführt werden, die ebenfalls in ihrer chemischen Zusammensetzung eine qualitative Verschiedenheit zeigen; hieher gehören z. B. die von A. Mitscherlich³⁾ beobachteten und wegen ihrer charakteristischen Unterschiede zu analytischen Zwecken vorgeschlagenen Spectra der Verbindungen des Kupfers mit Chlor, Brom und Jod. Es ist außer Frage, daß diese Spectra nicht dem Kupfer, sondern den genannten Verbindungen angehören, und daß die

1) Polytechnisches Journal, Band 185, p. 279.

2) Der unterste blaue Theil einer Kerzenflamme gibt, wenn man einen kalten Körper hineinhält, einen weißen Beschlag.

3) Fresenius, Zeitschrift für analytische Chemie, Jahrgang 1865, p. 153.

Verschiedenheit, welche sie zeigen, ebenso durch die mit dem Kupfer verbundenen Stoffe bewirkt wird, wie bei Kohlenstoffverbindungen durch Wasserstoff, Sauerstoff oder Stickstoff.

Spectrum des Kohlenoxydes.

Verbrennt man Kohlenoxyd an der Luft oder mit Sauerstoff, so erhält man ein continuirliches Spectrum ohne helle oder dunkle Linien, in welchem vorzugsweise der grüne und blaue Theil gut entwickelt ist. Eine Kohlenoxydflamme jedoch, welche durch Verbrennen von Holzkohlen in einem Gebläse-Ofen hervorgebracht wird, bei der also Kohlenoxyd von ziemlich hoher Temperatur zur Verbrennung gelangt, zeigt in dem continuirlichen Spectrum einige helle Linien; je höher die Temperatur des Kohlenoxydes steigt, desto mehr Linien erscheinen und es ist klar, daß die Bedingungen, unter welchen die Bildung und Verbrennung des Kohlenoxydes während einer Charge beim Bessemern stattfinden, zur Hervorbringung eines ausgebildeten Linienspectrums besonders günstig sind.

Da ich dasselbe in den zu Anfang dieser Zeilen citirten Abhandlungen beschrieben habe, so sollen hier nur jene Bemerkungen ihren Platz finden, welche sich aus dem Vergleiche mit anderen Spectren kohlenstoffhaltiger Gase ergeben; sie lassen sich in folgende Punkte zusammenfaßen:

1. Das Linienspectrum einer Kohlenoxydflamme (Bessemerflamme) erscheint auf einem continuirlichen Spectrum und enthält mehrere Gruppen heller Linien und einige dunkle Absorptionsstreifen, welche vom rothen bis zum violetten Ende unregelmäßig vertheilt sind.
2. Die Liniengruppen coincidiren weder mit denen des Leuchtgases und Elayls, noch mit denen des Cyans.
3. Die empfindlichsten Linien liegen wie im Spectrum des Leuchtgases, im grünen und blauvioletten Theile.
4. Das Zunehmen der Lichtintensität der einzelnen Linien der Gruppen findet, wenn eine solche überhaupt wahrgenommen werden kann, stets nach der gleichen Richtung Statt; diese ist aber der bei allen anderen Spectren kohlenstoffhaltiger Gase beobachteten gerade entgegengesetzt, indem die am meisten abgelenkte Linie jeder Gruppe am hellsten ist und die nächst anliegenden immer lichtschwächer werden.

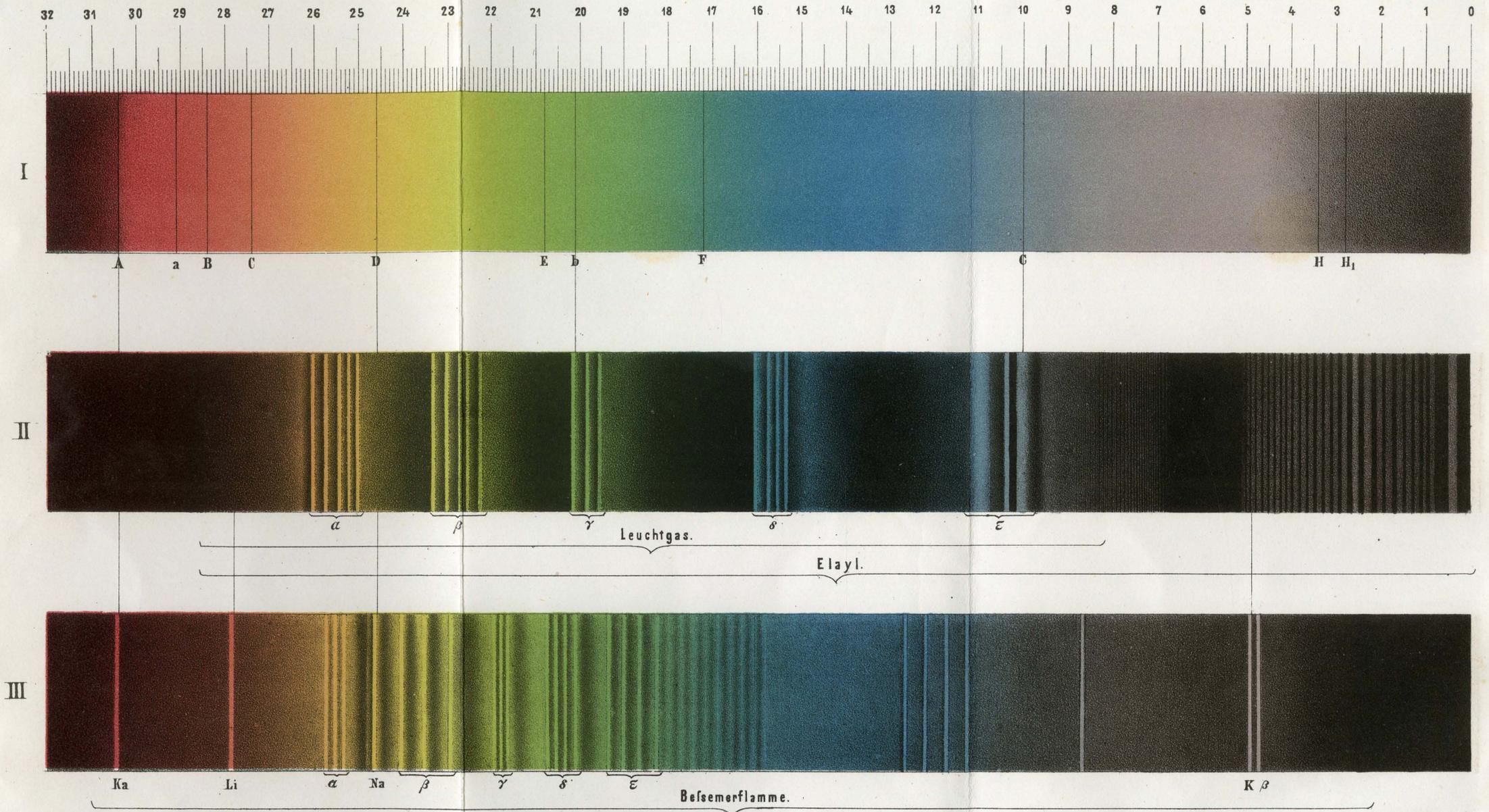
5. Das Spectrum, welches eine mit Kohlenoxyd gefüllte Geißler'sche Röhre zeigt, stimmt mit dem der Kohlenoxydflamme nicht überein, da sowohl Lage als Vertheilung der Bänder und Linien andere sind.

Das Spectrum einer Kohlenoxydflamme besitzt demnach eine solche Gestaltung, daß es entschieden als ein ganz eigenthümliches betrachtet werden muß, nämlich als das des glühenden Kohlenoxydes.

Flammenspectra der Kohlenwasserstoffe, des Cyans und des Kohlenoxydes zeigen nie die Linien des Wasserstoffes, beziehungsweise des Stickstoffes und Sauerstoffes; hieraus kann aber nur gefolgert werden, daß entweder die Linien dieser letztgenannten Gase aus irgend welchem Grunde nicht erscheinen, analog dem Spectrum des Chlorkaliums, in welchem auch nur die Kaliumlinien sichtbar sind, oder daß die Molecule der drei zuerst genannten Gasarten als solche in größter Glühhitze die lichtgebende Materie bilden. Da nun die Spectra unter sich nicht übereinstimmen, so können sie auch nicht auf eine gemeinschaftliche Ursache, nämlich auf den Kohlenstoff allein bezogen werden, und es ergibt sich daraus daher von selbst der Schluß, daß jedem Gase ein eigenthümliches Spectrum entspricht, insoferne demselben eine qualitative Verschiedenheit in Beziehung seiner Zusammensetzung zukommt.

Was endlich den Vergleich der Flammenspectra von Gasen mit den Spectren, welche dieselben im Zustande der größten Verdünnung und durch den inducirten elektrischen Strom leuchtend gemacht anbetrifft, so glaube ich die Meinung nicht unterdrücken zu sollen, daß er eben unzulässig ist; wenn der elektrische Strom im Stande ist, so viele Körper im Zustande ihrer natürlichen Dichte zu zersetzen, um wie viel mehr muß er dies im Stande sein, wenn diese in so außerordentlicher Weise verringert ist; die relativ sehr geringe Masse folgt ganz und gar dem Impuls der Bewegung, welche der elektrische Strom hervorruft, sie wird in rascher Aufeinanderfolge zersetzt und wieder vereinigt werden. Daher zeigen die mit Kohlenwasserstoffen gefüllten Röhren die Linien des Kohlenstoffes und die des Wasserstoffes, die mit Kohlenoxyd oder Kohlensäure gefüllten Röhren die des Kohlenstoffes und Sauerstoffes, sie geben wirklich ein Kohlenstoffspectrum, weil der äußerst geringe Druck und die hohe Temperatur zusammenwirken, den Kohlenstoff in gasförmigem Zustande zu erhalten. Mit Cyan gefüllte Röhren eignen sich zur

Lielegg. Beiträge zur Kenntniss der Flammenspectra kohlenstoffhaltiger Gase.



Beobachtung nicht, weil die Capillarröhren alsbald durch aus-
geschiedenen Kohlenstoff geschwärzt werden, wodurch die Beobachtung
gehindert wird.

Erklärung der Tafel.

- I. Das Sonnenspectrum mit den wichtigsten Fraunhofer'schen Linien.
 - II. Spectrum des Elayls mit Sauerstoff; das mit diesem vollkommen über-
einstimmende Spectrum des Leuchtgases endet bei 82. Coincidirt nahezu
mit der ersten Linie der Gruppe γ , G mit dem dunkelblauen Bande der
Gruppe ϵ .
 - III. Spectrum der Bessemerflamme (Kohlenoxyd), enthält auch die Linien des
Kaliums, Natriums und Lithiums.
-