

Spectroskopische Untersuchungen.

Von Dr. G. L. Ciamician.

I. Abhandlung.

(Mit 5 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 1. Juli 1880.)

Vor ungefähr anderthalb Jahren hatte ich die Ehre, der hohen Akademie eine kleine Note ¹ zu überreichen, in welcher ich auf Grundlage des Studiums von Verbindungsspectren die Möglichkeit in Aussicht stellte, aus den Beziehungen, welche zwischen den Spectren verwandter Elemente bestehen, Schlüsse über die Natur der chemischen Urstoffe ziehen zu können.

Durch eingehenden Vergleich der Spectren von zwanzig Elementen bin ich jetzt in der Lage, die damals angedeuteten Betrachtungen weiter auszuführen.

Die vorliegende Abhandlung enthält, neben der endgiltigen Feststellung der Spectren der Kohlenstoffverbindungen, vergleichende Betrachtungen über die Spectren der Elemente der Sauerstoffgruppe, der Halogene, der Elemente der Stickstoffgruppe, der Elemente der Gruppen des Bors und Kohlenstoffs und der Erdalkalimetalle. Von den Spectren der andern Elemente, also namentlich der schweren Metalle, wird in einer nächsten Mittheilung die Rede sein.

A. Die Spectren der zusammengesetzten Radicale.

Nachdem es sich herausgestellt hatte, dass zwischen den Spectren der Elemente einer natürlichen Gruppe einfache Beziehungen bestehen, welche in dem Gesetze der Homologie ²

¹ „Spectroskopische Untersuchungen“, Akad. Ber. 1879, II. Bd., 70, Jänner-Heft.

² Siehe: Ciamician, „Über die Spectren der chemischen Elemente und ihre Verbindungen“, Akad. Ber. 1877, II. Bd., 76, Juli-Heft, und:

ihren Ausdruck finden, lag es nahe, nachzusehen, ob auch Verbindungsspectren ähnliche Beziehungen aufweisen würden, und namentlich schien es von besonderem Interesse, zu untersuchen, ob zwischen dem Spectrum einer Verbindung und den Spectren der Componenten irgend welche Beziehung bestehen würde. Es erwiesen sich aber die Spectren der gesättigten Verbindungen alle als durchaus nicht mit den Spectren ihrer Bestandtheile vergleichbar.

Von der Vermuthung geleitet, dass vielleicht die Spectren der zusammengesetzten Radicale günstigere Resultate liefern würden, unternahm ich es, die Spectra der Kohlenstoffverbindungen eingehend zu studiren, da auf diesem Gebiete die ungesättigten Verbindungen eine grosse Rolle spielen und zahlreich vertreten sind.

Über die Spectren der Kohle und über Spectren von Kohlenstoffverbindungen findet man in der Literatur zahlreiche, aber meist sich widersprechende Angaben.

Watts¹ beschrieb (1869) vier verschiedene Spectren der Kohle, die er aus verschiedenen Kohlenstoffverbindungen erhalten konnte. Als erstes Spectrum betrachtete er das Spectrum des Leuchtgasgebläses, das zweite war das jetzige Kohlenoxydspectrum, das dritte ein Spectrum der Bessemerflamme und als viertes beschrieb er ein Spectrum, welches entsteht, wenn man im Kohlenoxyd- oder Kohlensäuregas einen starken elektrischen Funken durchschlagen lässt.

Schon wenige Jahre darauf zog er sein drittes Spectrum zurück, indem er es als mit dem Spectrum des Mangans identisch erkannte. Mittlerweile veröffentlichten A. Wüllner² die Spectren des Kohlenoxyds, der Kohlensäure und des Äthylens, Berthelot und Richard³ das Spectrum des Acetylens, welches A. Wüllner einige Jahre früher für das Spectrum erster Ordnung des Wasserstoffs gehalten hatte.

„Über den Einfluss der Dichte und der Temperatur auf die Spectren von Dämpfen und Gasen.“ Akad. Ber. 1878, II. Bd., 78, October-Heft.

¹ M. Watts, „On the Spectra of Carbon“, Phil. Mag. 38, 349.

² Pogg. Ann. 144, 481.

³ Compt. rend. 68, 1546.

Als im Jahre 1872 Schuster¹ gezeigt hatte, dass man durch metallisches Natrium eine Röhre von den letzten Spuren von Feuchtigkeit befreien kann, wiederholte Watts² seine Versuche und konnte wirklich sein zweites Spectrum der Kohle als dem Kohlenoxyd zukommend erklären.

Endlich veröffentlichten Thälen und Angström 1875 ein Linienspectrum der Kohle.³

Wie aus den Untersuchungen der erwähnten Autoren hervorgeht, und wie ich durch meine Untersuchungen bestätigen kann, besitzt der Kohlenstoff zwei von einander verschiedene Spectren, eines erster und eines zweiter Ordnung, und schliesst sich somit der allgemeinen Regel an, dass jedem Stoffe zwei Spectren zukommen. Von den Kohlenstoffverbindungen geben nur drei besondere Verbindungsspectra, und zwar: das Cyan, das Kohlenoxyd und das Acetylen.

Das Cyanspectrum kann nur durch die Cyanflamme hervorgebracht werden. Wenn man reines Cyangas in absolut trockene Wüllner'sche Röhren einfüllt und bis auf Bruchtheile von Millimetern mit der Geissler'schen Luftpumpe verdünnt, so erhält man das gewöhnliche Kohlenstoffspectrum und das Stickstoffspectrum erster Ordnung. Enthält die Röhre nur die geringsten Spuren von Feuchtigkeit, so entstehen auch die Spectren von Kohlenoxyd und Acetylen. Lässt man den Inductionsfunken durch eine Röhre, welche Cyangas unter atmosphärischem Druck enthält, durchschlagen, so erhält man neben dem gewöhnlichen Kohlenstoffspectrum die Linien des Stickstoffspectrums zweiter Ordnung.

Bei der Darstellung der Spectren von Kohlenoxyd und Acetylen muss die grösste Sorgfalt auf die Reinigung der Gase und der Röhre verwendet werden. Wenn man den Inductionsfunken durch die Gase bei gewöhnlicher Dichte durchschlagen lässt, so erhält man nur die Spectren der Componenten; allerdings ist zu bemerken, dass beim Kohlenoxyd nur bei Anwendung von starken Flaschenladungen, oder der Holtz'schen Maschine

¹ Phil. Mag. 44, 507.

² „Note on Carbon Spectra“, Phil. Mag. 58, 456.

³ Nova acta societatis scientiarum Upsalensis (3) 9, 1875.

auch die Linien des Sauerstoffes auftreten. Die Verbindungsspectra entstehen nur in sehr verdünnten Gasen. Enthält die Wüllner'sche Röhre, in welcher man das Kohlenoxyd zum Glühen bringt, die geringsten Spuren von Wasserdampf, so tritt neben dem Kohlenoxydspectrum und der rothen Wasserstofflinie, auch das Spectrum des Acetylens auf; wenn andererseits beim Acetylen, Methan, Äthylen oder irgend einem andern Kohlenwasserstoff nicht jede Spur von Feuchtigkeit entfernt ist, so entstehen neben dem Acetylenspectrum stets auch die Bänder des Kohlenoxyds. Es sind daher die verschiedenen Ansichten über die Spectren der Kohlenstoffverbindungen und ihrer Deutung wohl begreiflich.

Zum Trocknen der Gase ist nur wasserfreie Phosphorsäure oder Schwefelsäure (von Bimsstein aufgesogen) brauchbar; Chlorcalcium lässt hier gänzlich im Stiche. Die Röhren können nicht durch blosses Durchleiten von trockener Luft und wiederholtes Auspumpen vom Wasserdampf befreit werden, sondern man muss während dieser Operationen das Rohr stark erhitzen, was allerdings bei Röhren, die mit Glashähnen versehen sind, sehr unangenehm werden kann. In einer so vorgerichteten Röhre kann man das Spectrum des Kohlenoxyds und des Acetylens, jedes für sich gesondert, erhalten.

Alle anderen organischen Verbindungen¹ geben, wenn sie sauerstoffhaltig sind, in verdünntem Zustande nur diese beiden Spectra, und zwar beide gleichzeitig. Bei stickstoffhaltigen Verbindungen gesellt sich auch das Stickstoffspectrum erster Ordnung zu; Kohlenwasserstoffe zeigen alle nur das Acetylenspectrum. Bei gewöhnlicher Dichte geben alle organischen Verbindungen die Spectren ihrer Componenten, und zwar treten die Spectren des Kohlenstoffs und des Wasserstoffs unter allen Umständen, die Linien des Sauerstoffs und Stickstoffs hingegen nur bei Anwendung von sehr starken Ladungen auf.

Eines Versuches muss ich hier noch erwähnen, welcher wegen seiner Eigenthümlichkeit mitgetheilt zu werden verdient, obwohl er wesentlich nichts Neues darbietet. Wenn man den

¹ Kohlensäure gibt nur das Kohlenoxydspectrum, und ich konnte nicht das Kohlensäurespectrum von Wüllner erhalten.

Funken einer Holtz'schen Maschine durch eine mit verdünntem Kohlenoxydgas gefüllte Geissler'sche Röhre überspringen lässt, so kann man, je nachdem man die Schlagweite der Maschine wählt und je nachdem man das Licht des verengten Theiles der Röhre oder jenes der erweiterten Enden derselben untersucht, nach Belieben das Spectrum des Kohlenoxyds, das Kohlenstoffspectrum erster und zweiter Ordnung und die Linien des Sauerstoffs erhalten. Wenn die Knöpfe der mit einer kleinen Leydnerflasche verbundenen Holtz'schen Maschine sich berühren, so gibt das grüne Licht des capillaren Mittelstückes nur das Kohlenoxydspectrum; entfernt man die Knöpfe nur ein wenig, so beginnt neben den Kohlenoxydbändern das Kohlenstoffspectrum erster Ordnung aufzutreten, bis bei einer gewissen Schlagweite das Kohlenoxydspectrum durch das Letztere ganz verdrängt wird. Bei weiterer Entfernung der Knöpfe geht das Kohlenstoffspectrum erster Ordnung in das zweiter Ordnung über, und endlich bei noch grösserer Funkenlänge treten auch die Sauerstofflinien auf. Das Licht, welches die erweiterten Theile der Röhre emittiren, ist immer jenes des glühenden Kohlenoxydes.

1. Das Spectrum des Cyans.

Das Cyanspectrum setzt sich aus zwei wesentlich verschiedenen aussehenden Hälften zusammen, von denen die minder brechbare aus vielen neben einander liegenden canellirten Bändern besteht, während die brechbarere drei von einander getrennte Liniengruppen aufweist. Diese Theilung des Cyanspectrums in zwei Hälften nach ihrem verschiedenen Aussehen gewinnt vollste Berechtigung, wenn man dasselbe mit den Spectren erster Ordnung der Componenten vergleicht. Die drei Liniengruppen der blau-violetten Hälfte sind homolog mit dem brechbareren Theile des gewöhnlichen Kohlenstoffspectrums, indem die Gruppen *C*, *D* und *E* des Cyanspectrums, den ebenso bezeichneten Gruppen des Kohlenstoffspectrums erster Ordnung entsprechen (Taf. III, Cyan- und Kohlenstoffspectrum erster Ordnung). Die minder brechbare Hälfte des Cyanspectrums andererseits entspricht den complicirten canellirten Streifen des allgemein bekannten Stickstoffspectrums erster Ordnung.

2. Das Spectrum des Kohlenoxyds.

Ebenso wie das Cyanspectrum lässt sich auch das Spectrum des Kohlenoxyds mit dem Spectrum der Kohle vergleichen, indem es dieselbe Anzahl schattirter Bänder wie das Kohlenstoff-spectrum erster Ordnung enthält. Gleich beim ersten Blick (Taf. III, Kohlenoxyd) wird man erkennen, dass die einzelnen Bänder des gewöhnlichen Spectrums der Kohle (*A, B, C, D, E*) mit den gleichbezeichneten Kohlenoxydbändern homolog sind. Die Ähnlichkeit ist eine so grosse, dass namentlich bei kleinen, nicht sehr scharfen Spectralapparaten, die beiden Spectren leicht mit einander verwechselt werden können, um so mehr, als es bei starken Ladungen oft in Folge von Zersetzung vorkommt, dass einige Bänder des Kohlenstoffspectrums im Spectrum des Kohlenoxydes auftreten, nämlich das Band *E* und der erste Streifen des Bandes *C*. Diese Umstände mögen auch wohl dazu beigetragen haben, dass man so lange über die Existenz eines Kohlenoxydspectrums im Zweifel war.

Die Bänder des Kohlenoxydspectrums unterscheiden sich jedoch dadurch von jenen der Kohle, dass sie nicht canellirt sind. Ausser den genannten, mit der Kohle homologen Streifen enthält das Kohlenoxydspectrum noch schwächere Schattirungen ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$), welche dem Kohlenoxyd allein eigenthümlich sind.

Am rothen Ende ist noch eine ziemlich starke, verschwommene Linie I_0 vorhanden, die einer Sauerstofflinie entsprechen könnte. Vom Sauerstoff kennt man nämlich kein Spectrum erster Ordnung; das sehr verdünnte Gas gibt auch ein Linienspectrum, welches sich sehr stark von jenem, welches bei gewöhnlicher Dichte entsteht, unterscheidet. Es enthält im rothen Felde nur eine Linie, während das vollständige Sauerstoff-spectrum deren sehr viele aufweist. Diese rothe Kohlenoxydlinie könnte daher, da sie sich auch durch ihr Aussehen von den anderen, mit dem Kohlenstoff homologen Bändern *A, B, C, D, E* dadurch unterscheidet, dass sie nach beiden Seiten hin verschwommen ist, mit der rothen Linie des Spectrums des verdünnten Sauerstoffes verglichen werden.

Durch die Ausnahmsstellung des Sauerstoffes wird aber jedenfalls der Umstand, dass das Kohlenoxydspectrum mit

Sicherheit nur mit dem Kohlenstoffspectrum vergleichbar ist, verständlich.

Die Tragweite dieser merkwürdigen Eigenschaft der Spectren der Radicale Cyan und Carbonyl ist leicht zu ermessen, wenn man erwägt, dass dieselben Beziehungen, welche zwischen den Spectren von Cyan und Kohlenoxyd und den Spectren erster Ordnung ihrer Componenten bestehen, auch zwischen den Linienspectren der einzelnen Elemente einer natürlichen Gruppe herrschen. Wie man also aus den Verbindungsspectren dieser zwei Radicale, die, wie alle Verbindungsspectra überhaupt, Spectren erster Ordnung sind, in Folge ihrer Homologie mit den Spectren erster Ordnung ihrer Componenten, diese letzteren aus dem Verbindungsspectrum erkennen kann; so wird man wohl aus der Homologie der Spectren zweiter Ordnung chemisch verwandter Elemente ähnliche Schlüsse ziehen können. Man wird nach dem Gesagten es wohl als keine gewagte Hypothese betrachten, wenn man annimmt, dass die Ursache der Homologie der Spectren der Elemente einer natürlichen Gruppe darin zu suchen sei, dass solche Elemente qualitativ aus gleicher Materie bestehen.

Die Thatsache, dass Zink und Cadmium, um ein einfaches Beispiel zu wählen, Spectren haben, in welchen jede Linie im Spectrum des einen Elementes ihre homologe in jenem des andern hat, könnte man, für sich genommen, mit Beibehaltung ihrer materiellen Verschiedenheit sich entweder dadurch erklären, dass man die Homologie als Folge ihres ähnlichen chemischen Verhaltens betrachten, oder indem man dieselbe, als durch physikalische Ähnlichkeiten, wie nahezu gleiche Schwingungsart der Atome und andere mehr, verursacht ansehen würde. Hingegen bleibt beim Cyan, welches sich weder in seinen chemischen, noch in seinen physikalischen Eigenschaften der Kohle oder dem Stickstoff ähnlich verhält für die Verwandtschaft der Spectren dieser drei Stoffe nur der eine Erklärungsgrund, dass eben die zwei Elemente im Cyan enthalten sind, und es erscheint daher wohl gerechtfertigt, die Homologie der Spectren chemisch verwandter Elemente dahin zu deuten, dass die Materie, die sie zusammensetzt, eine und dieselbe sei. Natürlich bleibt es vorläufig noch unbestimmt, ob die Atome der Elemente einer Gruppe heterogene oder homogene Bestandtheile enthalten; erst weiteren

Betrachtungen muss es vorbehalten bleiben, darüber Aufschluss zu geben.

3. Das Spectrum des Acetylens.

Das Spectrum des Acetylens ist nicht mit den Spectren der Kohle und des Wasserstoffs vergleichbar, es zeigt also nicht dieselben Charaktere, wodurch die Spectren des Kohlenoxyds und des Cyans für die vergleichende Spectralanalyse eine so hervorragende Stellung einnehmen, sondern schliesst sich dem allgemeinen Verhalten aller anderen Verbindungsspectren an. Die Ursache davon mag wohl darin liegen, dass die zwei eben besprochenen Radicale freie Valenzen haben.

Das Kohlenoxyd $= \overset{\parallel}{\text{C}}\overset{\parallel}{\text{O}}$ ist gewiss als eine ungesättigte Verbindung mit freien Valenzen zu betrachten, ebenso wird dem Cyan bei hoher Temperatur die einfache Formel $(\text{CN})'$ zukommen; allein an ein frei bestehendes Radical $\overset{\parallel}{\text{C}}\overset{\parallel}{\text{H}}$ wird wohl Niemand denken wollen und nur ein Spectrum von $\overset{\parallel}{\text{C}}\overset{\parallel}{\text{H}}$ oder $\overset{\parallel}{\text{C}}\overset{\parallel}{\text{H}}_2$ und $\overset{\parallel}{\text{C}}\overset{\parallel}{\text{H}}_3$ dürfte die Eigenschaften des Spectrums von $\overset{\parallel}{\text{C}}\overset{\parallel}{\text{O}}$ und $\overset{\parallel}{\text{C}}\overset{\parallel}{\text{N}}$ wiederholen.

Das zuerst von Berthelot und Richard beobachtete Spectrum des Acetylens besteht aus vielen feinen, dicht neben einander stehenden Linien (Taf. III, Acetylen), die bei schwacher Vergrösserung sich so wie Bänder ausnehmen und namentlich im rothen und gelben Felde am stärksten sind. Es entsteht, wie erwähnt, immer, wenn man durch Dämpfe von Kohlenwasserstoffen in sehr verdünntem Zustand den Inductionsfunken durchschlagen lässt, und ebenso erhält man es auch, wenn man den Funken eines Inductionsapparates ohne Leydnerflasche zwischen Graphitelektroden in einer Wasserstoffatmosphäre überspringen lässt, und zwar gibt nur die den geraden Funken umgebende Aureole unter diesen Umständen das Acetylenspectrum.

Auch auf andere, frei bestehende Radicale die Untersuchungen auszudehnen, war nicht möglich, da die nicht sehr zahlreichen hieher gehörigen Verbindungen, über welche die Chemie verfügt, nur die Spectren ihrer Componenten geben, indem sie vom elektrischen Funken zersetzt werden.

B. Die Spectren der chemischen Elemente.

1. Kohlenstoff und Silicium.

Der Kohlenstoff besitzt, wie fast alle Elemente, zwei Spectra, eines erster und eines zweiter Ordnung. Das Spectrum erster Ordnung ist das gewöhnliche Kohlenstoffspectrum, welches aus fünf Gruppen von schattirten Bändern besteht, wovon eines im rothen, zwei im grünen, eines im blauen und eines im violetten Felde liegen. Salet hat am besten dieses Spectrum wiedergegeben. Am intensivsten ist der erste Streifen der Gruppe *C*. (Taf. III, Kohlenstoff, Spectrum I. Ordnung.) Ausser diesem hat der Kohlenstoff ein zweites, zuerst von Thälen und Ångström beschriebenes Spectrum zweiter Ordnung, welches auf verschiedene Arten entwickelt werden kann. Am besten erhält man es, wenn man den Funken eines mit Verstärkungsflasche verbundenen Inductionsapparates zwischen Graphitelektroden in einer Wasserstoffatmosphäre überspringen lässt; rein entsteht es aber nur bei einer gewissen Schlagweite, bei kleiner Funkenlänge treten auch die Bänder des Spectrums erster Ordnung auf, namentlich die Liniengruppen im rothen Felde. Ebenso erhält man das zweite Spectrum der Kohle, wenn man durch Röhren, die Kohlenoxyd oder Kohlensäure von gewöhnlicher Dichte enthalten, den Funken einer mit Verstärkungsflasche versehenen Holtz'schen Maschine durchschlagen lässt, man kann daher allgemein sagen, dass es immer dort entsteht, wo sonst bei Anwendung des Inductionsfunken dasjenige erster Ordnung auftritt. Es entspricht also offenbar einer höheren Temperatur, wie dies auch von allen Spectren zweiter Ordnung der Fall ist.

Das Spectrum zweiter Ordnung des Kohlenstoffes, wenn es vollkommen frei ist von den Linien jenes erster Ordnung, besteht der Hauptsache nach aus einer sehr starken Linie im violetten Felde¹ (Taf. III, Kohlenstoff, Spectrum II. Ordnung), *3c* und einer

¹ Diese Linie tritt mitunter auch mit dem Spectrum erster Ordnung auf, wenn man durch Dämpfe kohlenstoffhaltige Verbindungen den Funken eines mit Flaschenladung versehenen Inductors überspringen lässt, deswegen hat sie Salet auch beim gewöhnlichen Spectrum der Kohle gezeichnet,

dreifachen Linie im grünen Felde *2c*, und dann noch aus einer feineren, ebenfalls grünen Linie *1c*. Die violette Linie ist meistens etwas verbreitert.

Das Kohlenstoffspectrum zweiter Ordnung hat desshalb einen ganz besonderen Werth für die vergleichende Spectralanalyse, weil es den Vergleich mit den anderen der Kohle ähnlichen Elemente gestattet. Zunächst sei das Silicium besprochen:

Das Siliciumspectrum wurde genau zum ersten Male von Salet¹ untersucht und zwar wurde es aus Chlor- und Fluorsilicium mittelst des Inductionsfunken entwickelt. Ich habe es auf die gleiche Art erhalten und fand dasselbe im Allgemeinen mit den Angaben von Salet übereinstimmend.

Das Linienspectrum des Siliciums besteht in derselben Art, wie etwa das Cyanspectrum aus zwei Hälften. Der brechbarere Theil ist mit dem Spectrum zweiter Ordnung des Kohlenstoffs homolog. Es treten nämlich die Linien *1c*, *2c* und *3c* auf (Taf. III, Silicium), welche den gleichbezeichneten Kohlenstofflinien entsprechen, nur dass sie mehr dem violetten Ende zu verschoben erscheinen. Die Linie *2c* besteht wiederum aus drei Linien, einer starken und zwei feineren. Dieses Spectrum entsteht aber nur bei Anwendung starker Flaschenladungen, am besten mittelst der Holtz'schen Maschine, bei schwachen Ladungen gesellen sich dazu auch die gestreiften Bänder des Spectrums zweiter Ordnung, wesshalb Salet's Spectrum nicht frei davon ist. Es tritt nämlich ganz analog wie bei der Kohle, um die dreifache Linie *2c* das schattirte Band *C* und ferner auch das Band *D* auf (Taf. III, Silicium, bei niederer Temperatur). Das Spectrum erster Ordnung allein, ganz frei von den Linien des Spectrums zweiter Ordnung, konnte ich beim Silicium nicht erhalten.

Die minder brechbare Hälfte des Siliciumspectrum erscheint vergleichbar mit den rothen Linien des Sauerstoffspectrum, auf welchen Umstand ich später noch zurückkommen werde. Die

ohne zu wissen, dass sie einem anderen Spectrum angehöre. (Siehe: Salet, „Sur les spectres des métalloïdes,“ Ann. de chim. et de physique, Serie 4, tome 28, pag. 1—71).

¹ Salet, ebendasselbst.

Verschiebung der Linien besteht auch hier in einer Abnahme der Wellenlänge.

2. Bor und Aluminium.

Es war natürlich nahe gelegen, zu untersuchen, in wie weit das Borspectrum jenem der Kohle vergleichbar wäre, und die etwa auftretende Homologie weiter im Aluminiumspectrum zu verfolgen.

Das Spectrum des Bor ist bis jetzt eigentlich so gut als nicht bekannt, wohl kennt man hingegen jenes der Borsäure, welches ein echtes Verbindungsspectrum ist. Salet¹ versuchte das Borspectrum aus dem Borbromid und Borfluorid durch Anwendung des elektrischen Inductionsfunken zu entwickeln. Es gelang ihm jedoch nicht, dasselbe zu erhalten, da im ersten Falle das Borspectrum alles verdeckt, im zweiten aber der Gehalt des Borfluorids an Siliciumfluorid die Beobachtung zu unsicher machte. Ich habe die Versuche von Salet wiederholt und zwar mit besserem Erfolge. Das Borbromid liess mich allerdings auch im Stiche, man kann aber das Borfluorid, soweit von Siliciumfluorid frei erhalten, dass dann die äusserstschwach auftretenden Siliciumlinien nicht weiter stören.

Ich habe nämlich das Borfluorid in einer Platinretorte entwickelt, bei Anwendung eines grossen Überschusses von Borsäure, so dass die Bildung von Fluorsilicium durch Einwirkung freier Fluorwasserstoffsäure, auf die Glaswände des Apparates möglichst vermieden wurde. Ausserdem kann man das Borspectrum erhalten, wenn man in einer Wasserstoffatmosphäre einen sehr starken Inductionsfunken (ohne Flasche)² zwischen Krystallen von graphitischem Bor überspringen lässt.

Das auf diesen zwei Wegen erhaltene Spectrum ist mit dem Kohlenstoffspectrum zweiter Ordnung homolog. Das reine Borspectrum zweiter Ordnung, besteht wie das Kohlenstoffspectrum, hauptsächlich aus zwei Linien, einer dreifachen grünen $2c$ und einer violetten $3c$ (Taf. III, Bor). Die Liniengruppe $2c$ besteht aus einer starken und zwei schwächeren Linien. Wenn

¹ L. c.

² Es ist sehr merkwürdig, dass bei Einschaltung der Flasche in diesem Falle keine Borlinien bemerkbar sind, man sieht nur das Wasserstoffspectrum.

man mit Borfluorid arbeitet und schwache Ströme ohne Flaschenladung anwendet, so gesellt sich zum Spectrum zweiter Ordnung, auch das erster Ordnung, welches seinerseits wieder mit dem gewöhnlichen Kohlenstoffspectrum homolog ist. Ich vermochte es, ebensowenig als beim Silicium, für sich allein darzustellen (Taf. III, Bor, bei niederer Temperatur). Es besteht aus den schattirten Bändern *C* und *D*. Rothe Linien enthält das Borspectrum nicht. Die Wellenlängen der eben angeführten Linien sind:

1c	510·3	<i>C</i>	{	498·5
			{	496·2
			{	494·3
	{			
	498·1			
	496·6			
2c	496·4			
		<i>D</i>	{	424·3
			{	419·2
			{	416·6
3c	359·6		{	412·2

Dieselben Beziehungen, welche zwischen den Spectren der Kohle und des Siliciums bestehen, herrschen auch zwischen den Spectren von Bor und Aluminium. Das Spectrum des Aluminiums besteht nämlich aus zwei Hälften, wovon die eine mit dem Bor-, respective Kohlenstoffspectrum zweiter Ordnung, die zweite mit dem rothen Ende des Sauerstoffspectrums homolog ist.

Über das Aluminiumspectrum herrschen eigentlich jetzt noch einige Zweifel. Das Aluminium ist nämlich auch im Stande zwei Spectren zu liefern.¹ Das Spectrum erster Ordnung, das mit dem gewöhnlichen Kohlenstoffspectrum so viel Ähnlichkeit hat, und ein zweites Linienspectrum (Taf. III, Aluminium).

Ich habe mich zur Entwicklung der Spectren des Aluminiums zweier Wege bedient; erstens durch Überschlagenlassen eines starken Inductionsfunken durch eine Atmosphäre von Aluminiumchlorid (Spectrum zweiter Ordnung), und durch Beobachtung der Funkenentladung zwischen Aluminiumelektroden in einer Wasserstoffatmosphäre. Bei Anwendung einer Inductionsrolle ohne Flasche und Einhaltung einer kleinen Schlagweite erhielt ich das von Wüllner² zuerst beschriebene Spectrum erster Ordnung,

¹ Wüllner, Poggend. Ann. 135, 512.

² Ibid. und H. W. Vogel's: „Praktische Spectralanalyse irdischer Stoffe,“ Taf. II, 14.

durch Einschaltung der Flasche und Entfernen der Elektroden kann man das zweiter Ordnung hervorrufen. Es sind also hiedurch alle Zweifel gehoben über die Existenz des Spectrums erster Ordnung, da durch das Operiren in einem Strome von sorgfältig getrocknetem Wasserstoffgase jede Möglichkeit der Bildung von Aluminiumoxyd, respective eines Spectrums einer solchen Verbindung (siehe Thälen)² vollkommen ausgeschlossen ist.

Das Spectrum zweiter Ordnung des Aluminiums ist, wie gesagt, mit dem Spectrum zweiter Ordnung der Kohle oder des Bors, und in seinem rothen Theile mit den Sauerstofflinien homolog, und daher in zweiter Linie homolog mit dem Siliciumspectrum. Die Linien, welche dem Borspectrum entsprechen, sind stark gegen die brechbarere Seite des Spectrums verschoben.

Die Elemente Kohlenstoff, Silicium, Bor und Aluminium haben also alle unter einander sehr ähnliche Spectren und zeichnen sich auch durch die Leichtigkeit, mit welcher sie Spectren erster Ordnung geben, aus.

3. Die Erdalkalimetalle.

Das Magnesium.

Das Spectrum zweiter Ordnung des Kohlenstoffs ist nicht nur wegen seiner Ähnlichkeit mit den Spectren der andern, der Kohle chemisch nahe stehenden Elementen, für die vergleichende Spectralanalyse von Bedeutung, sondern ganz besonders desshalb, weil es uns einen Einblick gewährt in den Zusammenhang des Kohlenstoffes mit den Metallen der Gruppe der alkalischen Erden, auf welchen man sonst wohl nie gedacht haben würde.

Das Magnesiumspectrum ist nämlich merkwürdigerweise mit dem Kohlenstoffspectrum zweiter Ordnung homolog, und zwar ist die Ähnlichkeit dieser beiden Spectren eine so grosse, dass man ohne Messung auf den ersten Blick sie für identisch halten möchte. Das Spectrum des Magnesiums besteht wie bekannt hauptsächlich aus einer dreifachen grünen Linie (Taf. III, Magnesium, Spectrum zweiter Ordnung) 2c und einer violetten 3e genau wie das Kohlenstoffspectrum zweiter Ordnung. Die violette Linie erhält man nur bei Anwendung starker Flaschenladungen zwischen Magnesiumelektroden in einer Wasser-

² Nova acta Upsal. 1875.

stoffatmosphäre. In Betreff der Lage sind die Linien beim Magnesium im Vergleiche zum Kohlenstoff gegen das rothe Ende des Spectrums verschoben, und zwar ist der Unterschied der Wellenlänge für die violette Linie grösser als für die grünen.

Noch mehr wird der Zusammenhang zwischen Kohle und Magnesium bestätigt dadurch, dass es mir gelungen ist, ein zweites, dem gewöhnlichen Kohlenstoffspectrum entsprechendes Magnesiumspectrum erster Ordnung zu entdecken (Taf. III, Magnesium, Spectrum erster Ordnung).

Es ist eine bekannte Erscheinung, dass bei kräftigen Funkenentladungen, wie man sie von Inductionsapparaten erhält, neben den geraden Funken eine sogenannte Aureole auftritt, welche namentlich leicht sichtbar wird, wenn man den Funken anbläst. Wie schon Salet und Lecoq de Boisbandran gefunden haben, gibt dieses Licht nur Spectren erster Ordnung, beziehungsweise Spectren, die man sonst nur in verdünnten Gasen beobachtet. Schaltet man Flaschen ein, so verschwindet diese Aureole sofort. Wenn man nun den Inductionsfunken ohne Flaschenverstärkung zwischen Magnesiumelektroden in einer Wasserstoffatmosphäre überspringen lässt, so erhält man, namentlich bei passender, nicht zu grosser Schlagweite neben dem bekannten Magnesiumspectrum ein neues, welches dem Kohlenstoffspectrum erster Ordnung entspricht. Es entsteht zunächst um die Liniengruppe $2c$ ein schattirtes Band, welches mit dem gleichbezeichneten des Kohlenstoffspectrums erster Ordnung homolog ist; es besteht, wie dort, aus vier Streifen, wovon der erste der intensivste ist. Dessgleichen treten die Bändergruppen B und D auf. Bei sehr starker Vergrösserung lösen sich diese schattirten Bänder in viele feine, dicht neben einander stehende Linien auf, so dass man dieses neue Spectrum, das ich aber für sich allein nie erhalten konnte, wohl mit Recht als das Spectrum erster Ordnung des Magnesiums betrachten kann.

Die Verschiebung der canellirten Bänder des Magnesiumspectrum erster Ordnung gegenüber der homologen Bänder des gewöhnlichen Kohlenstoffspectrums findet natürlich im selben Sinne statt, wie beim bekannten Magnesiumspectrum zweiter Ordnung.

Die Deutung dieser merkwürdigen Übereinstimmung ist nach dem in der Einleitung erwähnten wohl nahe gele-

gen.¹ Ich werde bei der Zusammenstellung der Resultate am Schlusse dieser Abhandlung noch ausführlich darüber sprechen.

Calcium, Strontium und Baryum.

Die Homologieverhältnisse der Spectren dieser drei Metalle habe ich schon vor drei Jahren darzulegen versucht.² Ich sah mich genöthigt, diese Gruppe einem erneuerten Studium zu unterwerfen, weil ich damals die Spectren dieser drei Metalle nur aus Verbindungen im Fulgutator entwickeln konnte, da mir die Metalle als solche nicht zur Verfügung standen. Daher ist auch in jener Abhandlung die Deutung der Homologie keine ganz richtige, indem mich die Verbindungsspectren, welche bei dieser Art des Experimentirens immer auftreten, an einer richtigen Beurtheilung der Metallspectren hinderten.

Die Figuren Calcium, Strontium und Baryum auf Tafel II, geben die Linienspectren der drei Metalle wieder. Die Wellenlänge der homologen Liniengruppen nimmt vom Calcium zum Baryum zu. Die gleichbezeichneten Liniengruppen erscheinen homolog; allerdings lässt sich die Vergleichung nicht immer bis ins Detail verfolgen, ein Umstand, welcher hauptsächlich dahin zu deuten ist, dass die vorliegenden Spectren noch immer keine vollständigen sind.³

Die eben beschriebenen Spectren von Calcium, Strontium und Baryum lassen sich mit dem Spectrum des Magnesiums, dem ersten Gliede der Reihe der Erdalkalimetalle nicht vergleichen,

¹ Wie ich aus dem 6. Hefte der Beiblätter zu den Annalen der Physik und Chemie (IV, 459) entnehme, das mir zukam, nachdem die vorliegende Abhandlung schon vorgelegt war, haben die Herren G. D. Liveing und J. De War gefunden, dass das Spectrum eines Gemisches von Wasserstoff und Magnesium sehr ähnlich dem Spectrum des Kohlenwasserstoffes sei.

Ich habe auch die Beobachtung gemacht, dass, wenn man den Inductionsfunken ohne Verstärkungs-Flasche zwischen Magnesiumelektroden in einer Wasserstoffatmosphäre überspringen lässt, neben dem Magnesiumspectrum erster und zweiter Ordnung ein neues Spectrum auftritt, welches mit dem Acetylspectrum die grösste Ähnlichkeit hat. Ich habe diese Beobachtung nicht mitgetheilt, weil ich sie zum Ausgangspunkt einer näheren grösseren Untersuchung zu machen die Absicht hatte.

² „Über die Spectren d. chem. Elemente u. ihrer Verbindungen“ Akad. Ber. II. Abth., 76. Bd., Juli-Heft 1877.

³ Siehe meine Abhandlung: „Über den Einfluss der Dichte und Temperatur auf die Spectren von Dämpfen und Gasen, pag. 6. Die Gruppe der Halogene.

weil dem letzteren eine grosse Anzahl von Linien abgehen, welche in den genannten Spectren enthalten sind. Ein glücklicher Umstand aber macht es doch möglich, die Beziehungen des Magnesiums zu den anderen Metallen der Reihe in deren Spectren wiederzufinden.

Wenn man in einer Wasserstoffatmosphäre den Funken eines starken mit Flasche verbundenen Inductionsapparates zwischen metallischen Elektroden von Calcium oder Strontium überspringen lässt, so erhält man die eben beschriebenen Spectren, wenn man aber ohne Flasche und mit einer kleinen Inductionsrolle arbeitet, so treten in den Spectren bei genügend grosser Funkenlänge sehr eigenthümliche Veränderungen auf: Die rothen Linien treten ganz zurück, und die brechbareren verändern ihre Intensitäten derart, dass die Spectra mit jenem des Magnesiums homolog werden (Taf. III, Calcium bei niederer Temperatur und Strontium bei niederer Temperatur). Von den vielen blauen und violetten Linien bleibt nur die Linie $2c$ der Gruppe α , und von den grünen die Linie $3c$ der Gruppe β zurück, welche beide Linien den gleich bezeichneten Magnesiumlinien entsprechen. Es gelingt nicht immer, alle anderen Linien des Spectrums mit Ausnahme der eben genannten vollständig zum Verschwinden zu bringen, es ist aber sehr leicht, diese charakteristischen Linien sofort zu erkennen, wenn man nämlich, wie es zum Gelingen des Versuches unbedingt nothwendig ist, die Schlagweite entsprechend gross wählt; dann erscheinen die Linien $2c$ und $3c$ als sogenannte lange Linien. Das Verschwinden der violetten Linien der Gruppe γ wurde schon von Lockyer¹ beobachtet.

Ganz analog dem Calcium verhält sich auch das Strontium-spectrum. Es treten, wenn man in der oben beschriebenen Weise vorgeht, alle Linien zurück bis auf die Linien $1c$, $2c$, $3c$ und $4c$, welche, wie beim Calcium, wieder als lange Linien erhalten werden können. Die Linien $1c$, $2c$ und $3c$ sind wieder mit den schon oft genannten Magnesiumlinien homolog, es tritt aber dazu noch die Linie $4c$, welche wir bisher beim Calcium, Magnesium und Kohlenstoff noch nicht angetroffen hatten. Sie liegt bei diesen Elementen schon im Ultravioletten. Bei Magnesium und Kohlenstoff habe ich sie zuweilen bei photographischen Aufnahmen dieser Spectren

¹ Compt. rend. 32, 660.

erhalten, sie ist auch auf diesem Wege von Dr. Müller¹ erhalten worden und liegt unweit *H*. Beim Kohlenstoff hat sie eine noch kleinere Wellenlänge. Zur sicheren Aufnahme dieser Linien sind aber Apparate mit Quarzprismen und Quarzlinsen unentbehrlich. Beim Baryum gelang es mir nicht so leicht, die entsprechende Veränderung des Spectrums hervorzurufen, da ich nicht über metallisches Baryum verfügte, allein es ist selbst, wenn man mit Baryumnitratlösung im Fulgurator arbeitet möglich, bei passender Funkenlänge und schwachem Inductionsapparate ein Spectrum zu erhalten, welches nur die Linien *2c*, *3c* und *4c* enthält.

Die minder brechbaren Linien der Spectren der Erdalkalimetalle lassen sich mit den rothen Sauerstofflinien vergleichen, worauf ich noch beider Besprechung der Spectren der Elemente der Sauerstoffgruppe zu sprechen kommen werde.

Nach dem eben Gesagten lässt sich somit das Magnesium-, respective das Kohlenstoffspectrum in den Spectren der Erdalkalimetalle wieder erkennen.

4. Die Gruppe des Sauerstoffs (O, S, Se, Te).

Nach meinen Erfahrungen über die Homologieverhältnisse der Spectren von Elementen einer natürlichen Gruppe, war es vorauszusehen, dass zwischen den Spectren der Stoffe, welche zur Reihe des Sauerstoffs gehören, auch ähnliche Beziehungen bestehen würden, so dass der folgende Absatz gleichsam eine Fortsetzung meiner zwei früheren, schon citirten Abhandlungen bildet.

Wie ich das für die Gruppe der Halogene durchgeführt habe, so gilt das auch für die Reihe der Elemente der Sauerstoffgruppe, dass die Homologie erst beim Vergleiche der vollständigen Spectren der einzelnen, in diese Gruppe gehörigen Elemente zur Giltigkeit kommt. Ich werde in dieser Abhandlung nicht alle Partial-Spectren anführen, da dies ohnehin Gegenstand einer anderen Mittheilung sein soll, und werde mich beschränken, ausser den vollständigen Spectren nur noch jene Partialspectren zu besprechen, welche entweder neue Linien enthalten, oder wesent-

¹ Siehe: „Studien zur Spectralanalyse“ von N. Lockyer, 1879, S. 80

liche Unterschiede in der relativen Intensität derselben aufweisen.

Der Sauerstoff gibt bei gewöhnlicher Dichte ein Spectrum, das schon von Plücker und Hittorf beschrieben wurde. Beim Vergleiche desselben mit jenem des Schwefels bemerkt man aber, dass eine Reihe von Linien unter diesen Umständen dem Sauerstoffspectrum fehlen die im Schwefelspectrum vorhanden sind. Wenn man aber das Spectrum des verdichteten Gases entwickelt, so treten neue Linien hervor, welche das Sauerstoffspectrum mit dem Schwefelspectrum vergleichbar machen.

Um das Spectrum des verdichteten Sauerstoffs zu beobachten, habe ich mich zweier Apparate bedient, die auf Taf. I Fig. 1 und 2¹ wiedergegeben sind. Der eine (Fig. 2) besteht aus einem Recipienten *A*, der mit der Spectralröhre *R* und mit dem Druckrohr *D* verbunden ist. Der Recipient *A* hat noch eine Seitentubulatur *a*, durch welche der Sauerstoff (entsprechend gereinigt und getrocknet) in den Apparat geleitet wird.

Wenn die Luft gänzlich aus demselben entfernt ist, schmilzt man die Röhren *a* und *b* zu und füllt die Druckröhre nach und nach mit Quecksilber.

Die Dichte des Gases wird dadurch langsam vergrößert und durch die Höhe der drückenden Quecksilbersäule gemessen. Der zweite Apparat, der keine sehr sorgfältige Reinigung des Gases zulässt, aber viel bequemer ist, als der eben beschriebene, ist im Wesentlichen derselbe, den ich vor zwei Jahren bei dem Studium des Spectrums des verdichteten Chlorgases benützt habe. Er besteht (Fig. 1) aus dem Gasentwicklungsrohr *G*, welches an zwei U-förmigen Röhren *A* und *B* angeschmolzen ist, die das Spectralrohr *R* tragen. Alle Gefässe werden früher beschickt, bevor man sie an einander anschmilzt und zwar *G* mit einem Gemenge von chloresurem Kali und Braunstein, *A* mit festem Ätzkali und *B* mit Bimssteinstücken, welche mit concentrirter Schwefelsäure getränkt sind. Zwischen *B* und *G* ist noch ein Manometerrohr angebracht, das mit Quecksilber bis zur Hälfte gefüllt und zugeschmolzen wird. Nachdem alle Luft aus dem Apparate entfernt ist, schmilzt man das Röhrechen *b* zu und nun

² In einem Fünftel ihrer natürlichen Grösse.

steigt der Druck langsam, dessen Höhe am geschlossenen Manometer gemessen wird.

Das auf diese Art erhaltene Spectrum des verdichteten Sauerstoffs enthält eine Anzahl neuer Linien, die sonst entweder ganz fehlen, oder nur als schwache, verschwommene Schattirungen angedeutet sind. So treten die Liniengruppen *f*, *g*, *h* und *i* im grünen Felde auf, von welchen nur die letzteren im Spectrum des Sauerstoffs von gewöhnlicher Dichte als schwache Nebel sich kundgeben, ebenso erscheint die Gruppe *c* viel deutlicher. Die Linie 2 der Gruppe *b* wird nun doppelt, dadurch, dass eine neue, minder brechbare Linie sich zu ihr gesellt. (Sauerstoff bei gewöhnlicher Dichte und bei 220 Ctm. auf Taf. II).

Von den Partialspectren des Schwefels will ich nur jenes Spectrum hervorheben, welches beim Operiren mit dem verdünnten Dampfe desselben entsteht, weil es eine neue Liniengruppe enthält, die im Sauerstoffspectrum entsprechend verschoben, wieder auftritt. Es ist dies die Gruppe *d*, welche im Spectrum des Schwefeldampfes von gewöhnlicher Dichte, nur durch eine schwache Schattirung vertreten ist. (Taf. II, Schwefel verdünnt).

Zur Beobachtung des Spectrums des verdünnten Schwefeldampfes habe ich mich folgenden Apparates bedient. Ein gewöhnliches Spectralrohr *r* ist in einer weiteren Röhre *G* aus schwer schmelzbarem Glase so eingeschlossen, dass die zwei Elektroden-drähte *ab* aus derselben herausragen. Diese äussere Röhre dient als Luftbad und hat zu diesem Behufe bei *c* eine kleine Öffnung, damit beim Erhitzen die Luft entweiche. Zur gleichmässigeren Erwärmung dient noch der Mantel *m* aus Kupferblech. Letzterer ist mit einem Schlitz versehen, den man beim Beobachten dem Spalt des Spectroskopes zukehrt. (Taf. I, Fig. 3).

Die Spectren vom Sauerstoff, Schwefel, Selen und Tellur sind einander homolog, indem die einzelnen Liniengruppen (*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *k*, *l*, *m*, *n*) in den vollständigen Spectren dieser vier Elemente immer wiederkehren, (Taf. II, Sauerstoff, Schwefel, Selen, Tellur). Allerdings zeigt jedes derselben gewisse Eigen-thümlichkeiten, die nicht in den andern wiederkehren. Die homologen Liniengruppen sind, wenn man vom Sauerstoff ausgeht, gegen das violette Ende des Spectrums verschoben.

5. Die Gruppe des Stickstoffs (N, P, As, Sb).

Ich habe vor ungefähr drei Jahren (1877) die Spectren des Phosphor, Arsen und Antimon mit einander verglichen und gezeigt, wie die Linien dieser drei Spectren einander entsprechen.

Meine damaligen Aufzeichnungen, sind aber lückenhaft, weil ich zur Entwicklung der Spectren dieser drei Elemente die Chlorverbindungen (in Fulgatoren) angewendet hatte, wobei das sehr intensive Chlorspectrum die anderen Linien zum Theile verdeckte. Zur vorliegenden Arbeit wurden die Substanzen in den von mir vor zwei Jahren beschriebenen Spectralkugelhöhen verdampft und die Dämpfe bei verschiedener Dichte durch den Inductionsfunken, oder die Holtz'sche Influenzmaschine zum Glühen gebracht. Beim Antimon wurde das Spectrum durch Beobachtung des zwischen Antimonelektroden in einer Wasserstoffatmosphäre überspringenden Inductionsfunken erhalten. Ich werde mich auch hier auf die Wiedergabe der vollständigen Spectren beschränken und will nur noch bemerken, dass das Arsenspectrum, welches bei geringer Dampfdichte entsteht, sich am meisten dem vollständigen Spectrum nähert (Taf. II, Arsen), während Arsendampf von gewöhnlicher Dichte (auch Arsenigesäuredampf) ein Spectrum liefert, welches nur die Hauptlinien des Arsenspectrums enthält.

Es ist sehr bemerkenswerth, dass das Stickstoffspectrum zweiter Ordnung nur zum Theile den Spectren der übrigen Glieder dieser Reihe entspricht. Es ist nur das rothe Ende des Spectrums des Stickstoffs, die Gruppe α (Taf. II, Stickstoff) mit der Doppellinie $1N$, welche auch in den drei anderen Spectren wiederkehrt. Die Spectren des Phosphors, Arsens und Antimons sind aber unter einander homolog, und zwar sind es die Liniengruppen d, e, f, g, h, i, k, l der drei Spectren, welche einander entsprechen. Der brechbarere Theil der Spectren der Elemente der Stickstoff-Gruppe ist aber auch homolog mit den brechbareren Abschnitten der Spectren der Elemente der Gruppe des Sauerstoffs.

6. Das Fluor.

Vor zwei Jahren ¹ habe ich die Homologieverhältnisse der Spectren der Halogene (Cl, Br, J) ausführlich besprochen und

¹ Über den Einfluss der Dichte und Temperatur auf die Spectren von Dämpfen und Gasen, I. c.

gezeigt, wie in den vollständigen Spectren dieser drei Elemente fast jede Linie im Spectrum des einen Elementes, eine entsprechende in den Spectren der zwei anderen hat.

Ich hatte damals das Fluor nicht in die Untersuchung einbezogen. Das Spectrum desselben ist von Salet ¹ aus Fluorsilicium entwickelt und untersucht worden. Jetzt habe ich die Versuche wiederholt und kann die Angaben Salet's nur bestätigen.

Das Fluorspectrum enthält nur rothe Linien, es kann daher nur mit den minderbrechbaren Theilen der Spectren der anderen drei Halogene verglichen werden; die rothen Linien des Fluorspectrums sind aber mit den minderbrechbaren Linien der Spectren der Halogene homolog. Das Fluor zeigt also den Halogenen gegenüber dasselbe Verhalten, wie der Stickstoff in Bezug auf die anderen Elemente der Stickstoffgruppe.

Da ich, wie erwähnt, die Spectren der Halogene schon einmal ausführlich besprochen habe, so gebe ich, anstatt die drei Zeichnungen zu wiederholen, auf Taf. IV die Mittelwerthe der Scalentheile der einzelnen Linien des rothen Feldes aus den Spectren der drei Elemente (Cl, Br, J), um sie mit dem Fluorspectrum vergleichen zu können. Wie man sieht, ist die Homologie eine vollständige, die vier Gruppen α , β , γ und δ entsprechen einander auf das vollkommenste, und namentlich die zwei für die Halogenen charakteristischen Linien der Gruppe γ , 1 *Fl* und 2 *Fl* treten auch im Fluorspectrum mit derselben Intensität auf.

Die brechbareren Linien der Spectren der drei anderen Halogene sind homolog mit dem brechbareren Theile der Spectren der Elemente der Sauerstoffgruppe, wovon gleich jetzt ausführlich die Rede sein soll.

7. Die minderbrechbareren Abschnitte der Spectren der Elemente der Sauerstoffgruppe (O, S, Se, Te) verglichen mit dem minderbrechbaren Theilen der Spectren von Silicium, Aluminium und der Erdalkalimetalle (Ca, Sr, Ba).

Es wurde schon an mehreren Stellen dieser Abhandlung darauf hingewiesen, dass die minderbrechbaren Theile der

¹ „Sur les Spectres des Metalloides“ l. c. pag.

Spectren der Elemente Silicium und Aluminium, sowie der Erdalkalimetalle, mit Ausnahme des Magnesiums dem minder brechbaren Theile des Sauerstoffspectrums, respective den Spectren seiner Homologen vergleichbar sind. Die Spectren von Sauerstoff, Schwefel, Selen und Tellur sind homologe Spectren, bei der Besprechung ihrer Homologie wurde aber schon hervorgehoben, dass jedes derselben gewisse Eigenthümlichkeiten in der Ausbildung der einzelnen Liniengruppen aufweise, so dass die Spectren der einzelnen Elemente einer Reihe sich sowohl durch die Verschiebung der homologen Linien, als auch durch andere, kleinere Verschiedenheiten von einander unterscheiden. Wenn man die minder brechbaren Theile der Spectren von Calcium, Strontium und Baryum mit den minder brechbaren Hälften der Spectren der Elemente der Sauerstoffreihe vergleicht, so tritt die Homologie am deutlichsten hervor, wenn man die minder brechbaren Theile der Spectren von jenen Elementen zum Vergleiche wählt, die in einer horizontalen Reihe der Mendelejeff'schen Tabellen stehen, oder anders gesagt, deren Atomgewichte einander am nächsten stehen. So entsprechen die minder brechbaren Theile der Spectren von Silicium, Aluminium und Calcium dem minder brechbaren Theile des Schwefelspectrums, die minder brechbare Hälfte des Strontiumspectrums jener des Selenpectrums und der minder brechbare Antheil des Baryumspectrums jenem des Tellurspectrums.

Das rothe Ende des Spectrums des Schwefels besteht aus den sechs Gruppen *a*, *b*, *c*, *d*, *e* und *f*; wovon *a* und *c* sehr schwach sind. Das minder brechbare Ende des Siliciumspectrums enthält alle diese Liniengruppen mit Ausnahme der letztgenannten (Taf. IV Silicium, minder brechbarer Theil), und zwar mit allen ihren Eigenthümlichkeiten. Die Doppellinie 1 in der Gruppe *b* kehrt im Siliciumspectrum wieder, ebenso die zwei starken, von vielen schwächeren begleiteten Linien in den Gruppen *e* und *f*. Dasselbe, was vom Silicium gilt, lässt sich auch von dem minder brechbaren Theile der Spectren von Aluminium und Calcium sagen, sie enthalten auch die Liniengruppen *b*, *d*, *e*, *f* und beim Calcium tritt auch die schwache Gruppe *a* auf. (Taf. IV, Aluminium, minder brechbarer Theil; Calcium, minder brechbarer Theil.)

Die minder brechbare Hälfte des Spectrums des Strontiums lässt sich am besten mit dem weniger brechbaren Theile des Selenspectrums vergleichen. Es sind wieder die sechs Liniengruppen *a, b, c, d, e, f* (Taf. IV, Strontium, minder brechbarer Theil), welche vollständig im Spectrum des Selens wiederkehren.

Dasselbe gilt vom Baryum und Tellur. Die im rothen, gelben und grünen Theile des Tellurspectrums auftretenden Liniengruppen *a, b, c, d, e, f*, sind mit den gleich bezeichneten Linien im minder brechbaren Theile des Spectrums von Baryum homolog (Taf. IV, Baryum, minder brechbarer Theil).

Die brechbareren Hälften der Spectren von Calcium Strontium und Baryum sind, wie früher besprochen wurde, mit dem Magnesiumspectrum zu vergleichen.

8. Die brechbareren Abschnitte der Spectren der Elemente der Sauerstoffgruppe (O, S, Se, Te), verglichen mit den brechbareren Theilen der Spectren von Chlor, Brom, Jod, Phosphor, Arsen, Antimon.

Dieselben Beziehungen, welche zwischen den minder brechbaren Theilen der Spectren der Elemente der Sauerstoffgruppe und jenen der Elemente Silicium, Aluminium, Calcium, Strontium und Baryum bestehen, herrschen auch zwischen den brechbareren Theilen der Spectren von Sauerstoff, Schwefel, Selen, Tellur und jenen der Elemente Chlor, Brom, Jod und Phosphor, Arsen, Antimon. Auch hier kann man sagen, dass, obwohl in den Spectren die einzelnen Gruppen einander homolog sind, man doch beim Vergleiche der Spectren der Elemente dieser drei Gruppen unter einander, immer jene Elemente am besten zu wählen hat, deren Atomgewichte am nächsten liegen, und welche daher eine horizontale Reihe in den Mendelejeff'schen Tabellen bilden. Also Schwefel, Chlor, Phosphor; Selen, Brom, Arsen und Tellur, Jod, Antimon. Allerdings ist noch zu bemerken, dass die Elemente Chlor und Brom sich doch mehr dem Sauerstoff und Schwefel, anstatt dem Schwefel und Selen zu nähern scheinen.

Der brechbarere Abschnitt des Schwefelspectrums besteht aus den schon früher erwähnten acht Liniengruppen *f, g, h, i, k, l, m, n*, wir finden dieselben sowohl beim Chlor, als auch beim Phosphor (Taf. IV, Schwefel; Chlor, brechbarer Theil; Phosphor,

brechbarer Theil) wieder; allerdings scheint der brechbarere Antheil des Chlorspectrums dem entsprechenden Theile des Sauerstoffspectrums näher zu stehen als dem Schwefelspectrum, namentlich gilt das von den Liniengruppen *i* und *h*.

Das Selenspectrum erweist sich in seinem brechbareren Theile als homolog mit jenem der Spectren von Brom und Arsen. Die Liniengruppen *d, e, f, g, h, i, x, k, l*, und selbst die Linie *w*, die dem Schwefelspectrum abgeht, kehren im brechbareren Theile des Arsenspectrums wieder. Das Bromspectrum zeigt in seinen grünen und blauvioletten Abschnitten eine grössere Verwandtschaft zum Schwefelspectrum, namentlich durch das Ausbleiben der Linie *w* und das Auftreten der Gruppen *m* und *n*. Es wiederholt somit das Verhalten des Chlorspectrums (Taf. IV, Selen; Brom, brechbarer Theil; Arsen, brechbarer Theil).

Am schönsten und deutlichsten gestalten sich die Homologie-Verhältnisse der brechbareren Theile der Spectren von Tellur, Jod, und Antimon. Namentlich gilt das von den beiden ersteren, bei welchen die Verschiebung der homologen Linien eine sehr geringe ist und sich daher die brechbareren Partien dieser beiden Spectren bis zum Verwecheln ähnlich sehen. Die Gruppen *d, e, f, g, h, i, x, k, l* und die Doppellinie *w* treten in allen drei Spectren in derselben Ausbildung auf und können, namentlich beim Tellur und Jod, als ein schlagendes Beispiel dienen für die Homologie gewisser Spectrentheile von Elementen, die eine horizontale Reihe in den Mendelejeff'schen Tafeln bilden und deren Atomgewichte sich in Folge dessen nahe stehen.

C. Zusammenstellung der Resultate.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenstellen:

1. Der Kohlenstoff hat zwei Spectren, eines erster und eines zweiter Ordnung und schliesst sich daher der allgemeinen Regel, dass jedem Elemente zwei Spectren zukommen, an.
2. Von den Kohlenstoff-Verbindungen haben bloss das Cyan, das Kohlenoxyd und das Acetylen eigene Verbindungsspectren.
3. Die Spectren der Radicale Cyan und Carbonyl stehen in einfacher Beziehung zu den Spectren erster Ordnung ihrer Com-

ponenten, und zwar ist die brechbarere Seite des Kohlenoxyd- und Cyanspectrums mit jener des Kohlenstoffspectrums homolog, andererseits ist die minder brechbare Hälfte des Cyanspectrums mit jener des Stickstoffspectrums erster Ordnung zu vergleichen.

4. Die Spectren zweiter Ordnung des Kohlenstoffes, Bors, Siliciums, und Aluminiums sind unter einander homolog, wobei aber zu bemerken ist, dass die minder brechbare Seite der Spectren von Silicium und Aluminium ihre entsprechende, in den Spectren der Kohle und des Bors nicht findet, und mit den minder brechbaren Theilen der Spectren der Elemente der Sauerstoffgruppe vergleichbar ist. Bor, Silicium und Aluminium haben auch Spectren erster Ordnung, die dem Spectrum erster Ordnung der Kohle entsprechen.

5. Die Spectren erster und zweiter Ordnung des Kohlenstoffes und des Magnesiums sind einander vollständig homolog.

6. Die brechbarere Hälfte der unter einander homologen Spectren des Baryums, Strontiums und Calciums ist mit dem Magnesiumspectrum homolog.

7. Die Spectren der Elemente Sauerstoff, Schwefel, Selen und Tellur sind unter sich vollständig homolog, und zwar sowohl nach der brechbareren, als auch nach der minder brechbaren Seite.

8. Die Spectren von Phosphor, Arsen und Antimon sind nur in ihren rothen Antheilen mit dem Spectrum des Stickstoffs zu vergleichen und dessgleichen erscheinen nur die minder brechbaren Abschnitte der Spectren der Halogene mit dem Fluorspectrum homolog.

9. Die minder brechbare Seite der Spectren von Silicium, Aluminium, Calcium, Strontium und Baryum ist mit jener der Spectren der Elemente der Sauerstoffgruppe homolog, und zwar lassen sich am besten jene Elemente mit einander vergleichen, die eine horizontale Reihe in den Mendelejeffschen Tabellen bilden; also: Schwefel, Silicium, Aluminium, Calcium; Selen, Strontium, und Tellur, Baryum.

10. Die brechbarere Seite der Spectren von Chlor, Brom, Jod und Phosphor, Arsen, Antimon ist mit dem brechbareren Theile der Spectren der Elemente der Sauerstoffgruppe homolog, wobei wieder die Elemente Schwefel, Chlor, Phosphor;

Selen, Brom, Arsen und Tellur, Jod, Antimon, am besten miteinander zu vergleichen sind.

Die Verwandtschaftsverhältnisse, welche die Spectren der chemischen Elemente zeigen, stehen, wie man sieht, in nächster Beziehung zu den Regelmässigkeiten, welche Mendelejeff, Lothar Meyer u. A. bei der Vergleichung der Atomgewichte der Elemente aufgefunden haben; es wird daher am Platze sein, hier etwas näher darauf einzugehen.

Die Atomgewichte der Anfangsglieder der Verticalreihen der Mendelejeff'schen Tabellen bilden die Grundlage der Atomgewichte aller übrigen Glieder der Reihe, da sich jedes derselben bekanntlich aus dem Atomgewichte des Grundelementes und eines Vielfachen von „16“ zusammensetzt. Dem entsprechend findet man nun, dass das Spectrum der Grundelementes einer solchen Verticalreihe entweder ganz oder theilweise in allen Spectren der Elemente derselben wiederkehrt, indem es die eine Hälfte desselben ausmacht, während die andere Hälfte jedesmal mit einem Theile des Spectrums der Elemente der Sauerstoffgruppe homolog ist. Der Zuwachs eines Vielfachen von „16“ im Atomgewichte des Elementes einer Verticalreihe entspricht also im Spectrum desselben einem Theile des Spectrums desjenigen Elementes, dessen Atomgewicht eben „16“ ist. In der Reihe des Sauerstoffs sind die Spectren der höheren Glieder ganz mit jenem des Grundelementes homolog, also sowohl in den brechbareren, als auch in den minder brechbaren Partien, weil in diesem Falle die Grundzahl der Atomgewichtsreihe gleich der Zahl ist, die hinzuaddirt werden muss, um zu den höheren Gliedern zu gelangen,

Es ist noch hervorzuheben, dass (soweit wenigstens meine bisherigen Untersuchungen reichen) in den Spectren der elektropositiven Elemente die minder brechbare Seite des Spectrums der Sauerstoffgruppe wiederkehrt, und folglich das Spectrum des Grundelementes der brechbareren Seite derselben entspricht, während in den Spectren der elektronegativen Elemente das Spectrum der Sauerstoffgruppe in der brechbareren Hälfte wiederkehrt, und jenes des Grundelementes durch die minder brechbare vertreten ist.

Es wurde schon öfters hervorgehoben, dass, obwohl die Spectren der Sauerstoffgruppe unter einander homolog sind, doch

jedes einzelne gewisse Eigenthümlichkeiten der Liniengruppirung der homologen Liniengruppen aufweist. Diese Eigenthümlichkeiten wiederholen sich auch in den Spectren der Elemente anderer Reihen, die in der brechbareren oder minder brechbaren Hälfte mit den Spectren der Elemente der Sauerstoffgruppe homolog sind. Es zeigt sich in Folge dessen, dass die Homologie am deutlichsten hervortritt wenn man die betreffenden Theile der Spectren der Elemente, die eine horizontale Reihe in den Mendelejeff'schen Tabellen bilden, mit einander vergleicht.

Grundelemente <i>a</i>	B 11	C 12	N 14	O 16	Fl 19	Na ¹ 23	Mg. 24
<i>a</i> + 1.16	Al 27	Si 28	P 31	S 32	Cl 35.5	K 39	Ca 40
<i>a</i> + 4.16	—	—	As 75	Se 79	Br 80	Rb 85	Sr 88
<i>a</i> + 7.16	—	—	Sb 122	Te 128	J 127	Cs 133	Ba 137

Ich muss noch die Stelle des Magnesiums in der vorliegenden Tabelle rechtfertigen. Magnesium pflegt man oft nach dem Beryllium zu stellen; in neuerer Zeit haben aber L. F. Nilson und O. Peterson² durch die Bestimmung der specifischen Wärme des Berylliums jedenfalls nachgewiesen, dass das genannte Element nicht vor das Magnesium zu stellen ist. L. Meyer³ glaubt, dass es am besten zwischen Bor und Kohle seinen Platz finden würde. Wenn das Beryllium das Grundelement der Reihe der Erdalkalimetalle wäre mit dem Atomgewichte 9.3, so müsste das Magnesium als $9.3 + 16$ in die zweite Horizontareihe zu stehen kommen, und folglich müsste nach dem bisher Gesagten sein Spectrum im minder brechbaren Theile Linien zeigen, welche

¹ Betreffs der Alkalimetalle kann ich bis jetzt natürlich nichts Bestimmtes behaupten, da ich diese Gruppe noch nicht vergleichend untersucht habe.

² Berichte der deutschen chem. Gesellschaft XL, 381.

³ Ebendasselbst XI, 576.

mit dem minder brechbaren Theile des Schwefelspectrums homolog sein würden, ähnlich, wie dies beim Silicium und Aluminium der Fall ist; das Magnesiumspectrum enthält aber überhaupt keine rothen Linien.

Gleich zu Anfang der vorliegenden Abhandlung wurde die Homologie der Spectren der Radicale Cyan und Carbonyl mit den Spectren erster Ordnung ihrer Componenten eingehend erörtert, und nun zeigt es sich, dass ganz ähnliche Beziehungen auch zwischen den Spectren der Elemente bestehen. Wie nun also die Spectren von Kohlenoxyd und Cyan mit dem Spectrum der Kohle desshalb homolog sind, weil eben beide Verbindungen Kohlenstoff enthalten, so könnte man ähnliche Ursachen für die Homologieverhältnisse der Spectren der Elemente vermuthen. Man könnte somit den Grund der Homologie der Spectren der Elemente in der Art ihrer Zusammensetzung erblicken, und wenn man an dieser Hypothese festhält, so liessen sich daraus folgende Folgerungen ziehen:

1. Die Spectren der Elemente Kohlenstoff, Bor und Magnesium sind einander vollständig homolog. Die drei genannten Elemente bestehen daher aus gleicher Materie, die sich in verschiedenen Condensationsstufen befindet, welche in der Verschiebung der homologen Linien Ausdruck findet. Die Atomgewichte von Bor und Kohlenstoff stehen einander nahe; Magnesium ist $2 \cdot 12 = 24$. Das Beryllum gehört wahrscheinlich in dieselbe Gruppe, die man füglich die Gruppe der kohlenstoffähnlichen Elemente, oder die Gruppe der „Carbonoiden“ nennen könnte. Ich hoffe in kurzer Frist über das Spectrum des Berylliums das Nöthige mittheilen zu können.

2. Die Spectren von Silicium und Aluminium sind untereinander homolog, und zwar entspricht die brechbarere Seite dem Spectrum der Kohle, die minder brechbare jenem des Sauerstoffspectrums.

Silicium besteht daher aus Kohlenstoff und Sauerstoff, entsprechend dem Atomgewichte $12 + 16 = 28$.

Das Aluminium enthält den Kohlenstoff in der Form des Bors (vielleicht des Berylliums) und Sauerstoff, wie sein Atomgewicht $11 + 16 = 27$ schon andeutet.

3. Die Elemente der Gruppe der Erdalkalimetalle haben Spectren, deren brechbarer Theil dem Spectrum des Magnesiums und deren minder brechbarer Theil jenem der Spectren der Elemente der Sauerstoffreihe entspricht. Daher bestehen Calcium Strontium und Baryum aus Kohlenstoff in Form des Magnesiums und aus Sauerstoff in den Condensationsformen des Schwefels, Selens und Tellurs, entsprechend den Atomgewichten: $\text{Ca} = 24 + 16$, $\text{Sr} = 24 + 4 \cdot 16$, $\text{Ba} = 24 + 7 \cdot 16$.

4. Die Elemente der Gruppe des Sauerstoffes bestehen alle aus gleicher Materie, die sich in verschiedenen Stadien der Condensation befindet, welche in der Verschiebung der homologen Linien und in gewissen anderen Eigenthümlichkeiten in der Ausbildung der homologen Liniengruppen im Spectrum Ausdruck findet. Die Atomgewichte der Elemente dieser Reihe sind:

$$\text{O} = 16, \text{S} = 16 + 1 \cdot 16, \text{Se} = 16 + 4 \cdot 16, \text{Te} = 16 + 7 \cdot 16$$

5. Die Halogene bestehen alle aus Fluor und aus Sauerstoff in verschiedenen Formen der Condensation; die Atomgewichte der Elemente dieser Gruppe $\text{Cl} = 19 + 16$, $\text{Br} = 19 + 4 \cdot 16$, $\text{J} = 19 + 7 \cdot 16$ drücken dieselben Beziehungen aus. In dieser Reihe hat man bekanntlich schon vor sehr geraumer Zeit die Zusammengesetztheit einzelner Glieder derselben vermuthet und sich ebenfalls dieselben aus Fluor und Sauerstoff bestehend gedacht.

6. Die Spectren der Elemente der Stickstoffgruppe sind im minder brechbaren Theile mit jenem des Stickstoffspectrums, im brechbareren Antheile mit jenem der Spectren der Elemente der Sauerstoffgruppe homolog. Dementsprechend bestehen die Elemente der Stickstoffgruppe aus Stickstoff und Sauerstoff in verschiedenen Condensationsstufen, was auch mit den Atomgewichten: $\text{N} = 14$, $\text{P} = 14 + 16$, $\text{As} = 14 + 4 \cdot 16$, $\text{Sb} = 14 + 7 \cdot 16$ übereinstimmt.

Wenn man an dieser Hypothese festhält, so erscheinen die merkwürdigen Beziehungen der Atomgewichte der Elemente zu einander vollkommen verständlich. Wir haben es dann bei den sogenannten Elementen der anorganischen Chemie wirklich mit homologen Reihen zu thun, die ganz und gar den homologen Verbindungsreihen der organischen Chemie an die Seite zu stellen

sind, was übrigens schon von verschiedenen Autoren vermuthet wurde, und die Elemente einer Verticalreihe sind als homologe Elemente zu betrachten.

Weiter sehen wir, dass mit steigender Condensation der Materie der elektropositive, metallische Charakter immer mehr hervortritt, es haben die höheren Glieder einer Reihe immer mehr minder metallische Eigenschaften, so z. B. das Antimon, Tellur, Silicium, das Aluminium und selbst das Jod.

Auch begreift man leicht, dass die Elemente einer horizontalen Reihe, namentlich bei hohen Atomgewichten manche Verwandtschaft miteinander aufweisen, so z. B. das Tellur mit Antimon, weil gerade bei den höheren Gliedern der eine, allen Reihen gemeinsame Bestandtheil am meisten vorherrscht.

Über die Art der Bindung der Atome der Grundelemente Kohle, Stickstoff, Sauerstoff, Fluor, bei der Bildung der anderen Stoffe kann man sich zur Stunde natürlich keine Vorstellung machen, jedenfalls müssen da andere Gesetze obwalten, als diejenigen, welche bei der Entstehung der gewöhnlichen Verbindungen gelten. Wahrscheinlich hängt damit die Valenz und die wechselnde Valenz der bisherigen Elemente zusammen.

Es kommt noch in Betracht, dass die Mendelejeff'schen Gesetzmässigkeiten der Atomgewichte nur nahezu gelten, es ist nicht genau $16 + 19 = \text{Cl}$, da das Atomgewicht des Chlors $= 35.457$ ist; wenn nun wirklich das Chlor aus Fluor und Sauerstoff besteht, so hängt die Frage, warum das Chlor nicht genau das Atomgewicht 35 habe, mit jener andern zusammen, ob überhaupt das Moleculargewicht in allen Fällen ganz genau gleich der Summe der Atomgewichte sei, oder ob das auch nur annähernd gelte.

Die bis jetzt unüberwindliche Schwierigkeit, bei so einfachem Sachverhalte, die Elemente wirklich zu zersetzen, kann nicht als Gegengrund für die aufgestellte Hypothese geltend gemacht werden, da selbst die künstliche Überführung verschiedener allotroper Zustände ineinander bis jetzt in manchen Fällen nicht bewerkstelligt werden konnte (Diamant).

Es ist wahrscheinlich, dass die sämmtlichen heutigen Urstoffe sich auf die typischen Elemente Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Fluor werden zurückführen lassen; damit ist

aber allerdings nicht gesagt, dass dieselben als die letzten Componenten der Materie zu betrachten seien.

Dieser Abhandlung ist noch eine fünfte Tafel beigegeben mit photographischen Aufnahmen von Spectren, und zwar der Spectren von Kohle (zweiter Ordnung), Magnesium (zweiter Ordnung), Calcium und Strontium bei hoher und niederer Temperatur. Die Spectren wurden auf englische Gelatine-Emulsionplatten photographisch aufgenommen mit Hilfe eines allerdings sehr primitiven Apparates, welcher im Principe dem Spectrographen von H. W. Vogel entsprach.

Man kann trotz der mit Recht gerühmten Empfindlichkeit der trockenen Gelatineplatten doch mit Sicherheit nur die blauen und violetten Linien aufnehmen, die weniger brechbaren Theile des Spectrums können nur in Ausnahmefällen, wo man über besonders günstige Intensitätsverhältnisse verfügt, wie z. B. beim Sonnenspectrum, oder beim Wasserstoffspectrum mit Vortheil photographisch aufgenommen werden. Daher habe ich mich auf das Photographiren des brechbareren Endes des Spectrums beschränkt, und die Tafel 5 soll eben zur objectiven Demonstration der Homologieverhältnisse, welche zwischen Kohle und Magnesium und zwischen letzterem und Calcium und Strontium bestehen, dienen; es ist hier immer nur die violette mit *3c* bezeichnete Linie, welche aufgenommen werden konnte, und die in allen vier Spectren wiederkehrt.

Ich hoffe demnächst, mit besseren Apparaten ausgerüstet, namentlich durch Anwendung von Quarzprismen noch andere Photographien von Spectren bringen zu können.

Die vorliegende Arbeit wurde zum grössten Theile im physikalischen Cabinet des Herrn Prof. Dr. Pierre an der technischen Hochschule, die photographischen Aufnahmen im chemisch-physikalischen Institut des Herrn Prof. Dr. J. Loschmidt ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, hiermit beiden Herren Professoren öffentlich meinen Dank auszusprechen. Herrn Prof. Dr. Hermann W. Vogel in Berlin, welcher mir in lebenswürdigster Weise mit seiner reichen Erfahrung zu Hilfe kam, bin ich ebenfalls zu vielem Danke verpflichtet; und endlich kann ich

nicht umhin, dem hiesigen Photographen Herrn Dr. Székely meinen wärmsten Dank auszudrücken für die seltene Zuvorkommenheit, mit welcher er mir beim praktischen Erlernen des photographischen Verfahrens zur Seite gestanden hat und für die grosse Liberalität, mit der er auch forthin mir sein Atelier zur Verfügung stellte.

NACHSCHRIFT.

Über das Spectrum des Berylliums.

(Vorgelegt in der Sitzung am 15. Juli 1880.)

In der Sitzung des 1. Juli hatte ich die Ehre, der hohen Akademie eine Abhandlung zu überreichen, in welcher ich die Homologie der Spectren der chemischen Elemente zum Gegenstande eines eingehenden Studiums machte. Ich habe bei der Besprechung der Spectren der Elemente Kohlenstoff, Bor und Magnesium hervorgehoben, dass es sehr wünschenswerth wäre, auch das Spectrum des Berylliums zu kennen. Durch die Freundlichkeit des Inhabers der hiesigen Firma Schorm und Comp., welcher mir in seinem Laboratorium auf elektrolitischem Wege dargestelltes Beryllium zur Verfügung stellte, bin ich schon jetzt in der Lage über das Spectrum dieses seltenen Metalles Einiges mitzutheilen. Ich benütze die Gelegenheit um Herrn Schorm für seine Liebenswürdigkeit meinen Dank auszudrücken.

Das Spectrum des Berylliums wurde erhalten durch Beobachtung des zwischen Berylliumelektroden in einer Atmosphäre von trockenem Wasserstoffgase überspringender Inductionsfunken; dabei ist die Einschaltung einer Leydener Flasche unbedingt nothwendig.

Das Spectrum des Berylliums schliesst sich vollkommen an die Spectren der Kohle, des Bors und des Magnesiums an. Es ist mit diesem vollständig homolog.

Vom Beryllium konnte ich bisher nur ein Spectrum zweiter Ordnung erhalten. Es besteht genau so wie das Kohlenstoff-spectrum aus einer dreifachen Linie $2c$ im grünen Feld und aus einer intensiven violetten Linie $3c$. Die schwache gelbgrüne Linie

1c des Kohlenstoffes und des Magnesiums konnte ich bis jetzt nicht auffinden.

Die Wellenlängen dieser Linien sind nach meinen vorläufigen Messungen:

	Bor	Beryllium	Kohlenstoff
	498,1	509,7	514,6
2c	496,6	508,8	512,8
	496,4	508,0	513,2
3c	359,6	401,5	427,0

Wie man sieht, liegen die Linien des Berylliums zwischen jenen des Kohlenstoffes und des Bors. Ich werde demnächst sowohl die Zeichnung des Berylliumspectrums, als auch die Resultate einer genaueren, endgiltigen Wellenlängenmessung veröffentlichen.

Das Beryllium würde somit in einer Horizontalreihe mit dem Kohlenstoff, Bor und Magnesium in den Mendelejeff'schen Tabellen gehören. Alle diese vier Elemente haben unter einander homologe Spectren, in welchen rothe Linien fehlen.

Der in dieser Abhandlung begründeten Hypothese zufolge würden alle diese vier Stoffe aus derselben Materie in verschiedenen Stadien der Condensation bestehen und man kann diese Gruppe der Elemente Kohlenstoff, Bor, Beryllium und Magnesium die Gruppe der Carbonoiden nennen.