

Mathematische Spectralanalyse des Magnesiums und der Kohle.

Mitgetheilt

von Dr. Anton Grünwald,

o. ö. Professor der Mathematik an der k. k. deutschen technischen Hochschule in Prag.

(Vorgelegt in der Sitzung am 1. December 1887.)

Einleitung.

Ich habe der hohen Akademie über die wesentlichsten Ergebnisse meiner Untersuchungen über das Spectrum des Wasserdampfes und die Linienspectren des Wasserstoffes und Sauerstoffes eine vorläufige Mittheilung gemacht, welche in der Sitzung vom 14. Juli 1887 zur Vorlage kam, und von welcher in dem akademischen Anzeiger ein Auszug erschienen ist. Um die darin enthaltenen, auf das Spectrum der Atmosphäre und der Corona bezüglichen Bemerkungen noch rechtzeitig vor der, seitdem leider so ungünstig ausgefallenen Sonnenfinsterniss vom 18. auf den 19. August zur Kenntniss der Astrophysiker zu bringen, wurde darauf eine ähnliche vorläufige Mittheilung in Nr. 2797 der „Astronomischen Nachrichten“ veröffentlicht.

Eine ausführliche Mittheilung über die in Rede stehenden Untersuchungen nebst den dazu gehörigen beweisenden Zahlentabellen werde ich demnächst der hohen Akademie übermitteln.

Um aber die Wichtigkeit, welche die Ergebnisse meiner Forschungen für die Chemie und die Spectralanalyse haben, auf das Schlagendste an speciellen Beispielen zu beleuchten, habe ich zunächst die Spectren des Magnesiums und des Kohlenstoffes auf Grund meiner Theorie untersucht.

Es ist mir gelungen die Bestandtheile der letzteren zu entdecken und deren chemische Natur unzweifelhaft nachzuweisen.

Ich theile diese höchst interessanten und überraschenden Ergebnisse nebst ihren Beweisen in der vorliegenden Abhand-

lung mit, welcher ich hier zur besseren Orientirung der Leser und zur Erleichterung des Verständnisses einige Bemerkungen vorausschicke.

Ich habe im Interesse grösserer Kürze und Übersichtlichkeit der Darstellung eine einfache, und wie ich glaube auch zweckmässige Symbolik eingeführt, um die chemischen Zustände der behandelten Substanzen und die Gruppen von zugehörigen Wellenlängen zu bezeichnen, welche sie in den betreffenden Zuständen erzeugen. Sei nämlich „A“ ein zusammengesetzter Stoff, welcher eine einfachere Substanz „B“ in einem einzigen chemischen Zustände enthält. Die letztere sei wieder eine chemische Verbindung, in welcher eine noch einfachere Substanz „C“ als eine der Componenten in einem einzigen chemischen Zustände vorkommt. Dann soll „A, B, C“ den Stoff „C“ in dem so charakterisirten Zustände, und (A, B, C) die Gruppe der Wellenlängen jener Strahlen bezeichnen, welche der Stoff „C“ in diesem Zustände ausstrahlt. Diese Gruppe ist ein integrierender Theil der Gruppe (A, B) von Wellenlängen, welche der Stoff „A, B“ (das ist der Stoff B in A) erzeugt, und bildet innerhalb und mit derselben eine Partialgruppe des Spectrums von „A“.

Was die Zusammensetzung des Hydrogens und Oxygens aus den primären Elementen a , b und c , welche spectralanalytisch genau charakterisierbar sind, und die bezüglichen Volumformeln $H = b a_4$, $O = H'$. O' , $O' = b_4 O''_5$, $O'' = b_4 c_5$, $O = H'$. $b_4 (b_4 c_5)_5$ ¹ betrifft, verweise ich auf meine bisherigen (eventuell auf die bald erscheinenden „ausführlichen“) Mittheilungen und beschränke mich hier hinsichtlich der primären Elemente „a“, „b“ und „c“ darauf, die mathematisch-spectralanalytischen Kriterien kurz zusammenzustellen, durch welche sie spectralanalytisch erkannt und nachgewiesen werden können.

Kriterien für die primären Elemente „a“, „b“ und „c“.

I. Sei λ eine der Wellenlängen (H, a), welche das Element „a“ (das „Coronium“) in dem chemischen Zustände, in welchem es gebunden in Hydrogen vorkommt, erzeugt, so ist:

¹ Die hier und in der Folge benützten Symbole a , b , c , O , O' , O'' haben dieselbe Bedeutung, wie in den oben angezogenen Mittheilungen.

1.) $\frac{19}{30} \lambda$ eine Wellenlänge der Gruppe (H_2O , H, a) des H_2O -Spectrums, und sind, wie ich empirisch gefunden habe, mit grosser Annäherung auch noch

2.) $\frac{3}{4} \lambda$ und 3.) $\frac{56}{75} \lambda$ zwei andere entsprechende Wellenlängen des Wasserspectrums.

II. Sei λ eine Wellenlänge der Strahlengruppe (H, b), welche das Element „ b “ in demjenigen Zustande aussendet, in welchem es sich im Hydrogen unter dem Einflusse des „Coroniums“ „ a “ befindet.

Dann ist

1.) $\frac{4}{5} \lambda$ eine Wellenlänge der Gruppe (H_2O , H, b) des Wasserspectrums (Hauptkriterium);

2.) $\frac{46}{41} \lambda$ eine Wellenlänge der Gruppe (O, O', b) des freien Oxygens, und

2 α) $\frac{23}{32} \times \frac{46}{41} \lambda$ eine dieser entsprechende Wellenlänge der Gruppe (H_2O , O, O', b) des Wasserspectrums;

3.) $\frac{70}{59} \lambda$ eine Wellenlänge der Gruppe (O, O', O'', b) des freien Oxygens, und

3 α) $\frac{21}{32} \times \frac{70}{59} \lambda$ eine der letzteren zugeordnete Wellenlänge der Gruppe (H_2O , O, O', O'', b) des Wasserspectrums.

Da das Wasserspectrum gegenwärtig durch die vorzüglichen Arbeiten von Huggins, und insbesondere von Liveing und Dewar in grossen Umfange und bis auf die schwächsten Strahlen bekannt ist, so sind die rhythmischen Beziehungen der primären Elemente in ihren verschiedenen Condensationsformen zum Wasserspectrum die besten Kriterien zu ihrer Erkennung und Nachweisung. So bilden auch hier die harmonischen Beziehungen unter II 1, 2 α) und 3 α) die sichersten Kennzeichen des Elementes „ b “ in dem Zustande „H, b “, während seine gleichzeitigen harmonischen Beziehungen zum Oxygen

(unter II 2,3) besser zur Berechnung von bisher noch unbekanntem äusserst schwachen Strahlen des letzteren benützt werden.

III. Sei λ eine der Wellenlängen der Gruppe (O, O', O'', c) des primären Elementes „c“ in dem Zustande, in welchem es sich innerhalb des freien Oxygens befindet; so ist

1.) $\frac{3}{5} \lambda$ eine Wellenlänge der Gruppen (H₂O, O, O', O'', c)

des Wasserspectrums (Hauptkriterium).

2.) $\frac{5}{8} \lambda$ eine Wellenlänge der jener übergeordneten (das

heisst dieselbe als eine Theilgruppe einschliessenden) Gruppe (H₂O, O, O', O'') des Wasserspectrums.

IV. Sei λ eine der Wellenlängen des freien Heliums, das heisst des Heliums in dem Zustande, in welchem es neben dem Coronium „a“ frei wird, wenn sich das Hydrogen in hinreichend hoher Temperatur und bei geringem Drucke, unter gleichzeitiger Ausdehnung im Verhältnisse von 2 : 3 dissociirt

Dann ist $\frac{2}{3} \lambda = \lambda'$ eine Wellenlänge der Gruppe (H, b) des

im Hydrogen chemisch gebundenen Elementes „b“, und die letztere Wellenlänge λ' wird als solche durch die Kriterien unter II gekennzeichnet, wenn man dort überall λ' für λ substituirt. Es würden also:

$\frac{4}{5} \lambda'$, $\frac{23}{32} \times \frac{46}{41} \lambda'$, $\frac{21}{32} \times \frac{70}{59} \lambda'$ drei harmonisch zugeordnete Wellen-

längen des Wasserspectrums und

$\frac{46}{41} \lambda'$, $\frac{70}{59} \lambda'$ zwei harmonisch entsprechende Wellenlängen des

freien Oxygens sein.

V. Nehmen wir dagegen an, es sei λ eine der Wellenlängen des freien Coroniums „a“, so wird $\frac{2}{3} \lambda = \lambda'$ die entsprechende

Wellenlänge der Gruppe (H, a) des im „H“ chemisch gebundenen Coroniums „H, a“ und als solche durch die Kriterien unter I charakterisirt sein, wenn man dort vorher λ' für λ setzt.

Es werden also $\frac{19}{30} \lambda'$, $\frac{3}{4} \lambda$ und $\frac{56}{75} \lambda'$ sehr nahe drei Wellenlängen des Wasserspectrums sein, von welchen die erste $\frac{19}{30} \lambda'$ der Gruppe (H_2O , H, a) angehört.

VI. Die Wellenlängen aller Strahlen der elementaren Linienspectren des Hydrogens und des Oxygens, mithin auch jene des primären Stoffes „c“ in dem Zustande, in welchem er im Oxygen vorkommt, werden durch den Factor: $\frac{2}{3}$, den mittleren Condensationsfactor des Hydrogens und Oxygens bei ihrer Verbindung zu H_2O -Dampf, in correspondirende Wellenlängen des Wasserspectrums verwandelt.

Ich mache ferner besonders darauf aufmerksam, dass ein „chemisches Atom“ in meinen Untersuchungen keines der bisherigen metaphysischen Atome ist. Das „chemische Atom“ meiner Theorie ist ein Complex von vielen, ja von ausserordentlich zahlreichen beweglichen Theilchen, welche elastisch, aber so fest mit einander verbunden sind, dass kein für uns in Betracht kommender chemischer Process im Stande ist, die Verbindung derselben zu sprengen und das „Atom“ in Stücke zu zerreißen. Auch die Theilchen des Atoms werden von mir consequenterweise ebensowenig als unveränderlich oder „absolut starr“ gedacht, wie das „Atom“ selbst; sondern sie können innerhalb endlicher Grenzen Deformationen unterliegen, welche zu ihren Wechselwirkungen in gesetzmässigen Beziehungen stehen.

Bei dieser Auffassung wird es vollkommen begreiflich, dass ein „Atom“ ein aus sehr zahlreichen Strahlen von verschiedenen Wellenlängen bestehendes Spectrum haben kann, welches sich gesetzmässig verändert, wenn der chemische Zustand der aus solchen Atomen bestehenden Substanz und ihre Beziehungen zu anderen Substanzen sich ändern. (Es ist nicht unmöglich, ja sogar sehr wahrscheinlich, dass die Theilchen eines Atoms mit den Äthertheilchen oder doch mit Condensationsformen des Äthers identisch sind.)

Ebenso leicht wird man einsehen, dass bei einer innigen Verbindung zweier Atome, bei welcher sich dieselben mit je einem

oder mit mehreren einander besonders nahen Theilchen an einander anschliessen, die letzteren, welche vielleicht im freien Zustande der Atome Schwingungen von verschiedenen Perioden ausführen, nach der chemischen Verbindung der Atome in übereinstimmender Weise schwingen und so reale Vermittler oder wahre bewegliche Knoten- oder Verzweigungspunkte der Moleküle der betreffenden Verbindung werden können. Dies wird dann im Spectrum der Verbindung seinen Ausdruck in der Weise finden müssen, dass es in demselben Strahlen geben wird, welche sowohl der einen als auch der anderen der beiden Componenten angehören und sich bei der Sprengung der Verbindung im Allgemeinen in zwei Strahlen von verschiedenen Perioden auflösen werden, von welchen der eine dem Spectrum der einen nunmehr freien Componente, der andere dem Spectrum der anderen angehört. Im Zusammenhange damit nenne ich solche Strahlen, deren Wellenlängen innerhalb der Beobachtungsfehler gleichzeitig zwei oder mehr Strahlengruppen angehören, welche verschiedenen Componenten einer Verbindung im Spectrum der letzteren entsprechen: „empirische Knoten- oder Verzweigungsstrahlen der betreffenden Gruppen. Derartige Strahlen können wirkliche Knoten oder Verzweigungsstrahlen der Verbindung sein; sie können aber auch möglicherweise Doppelstrahlen (oder mehrfache Strahlen) sein, deren Wellenlängen sehr nahe zusammenfallen, so dass sie innerhalb der Beobachtungsfehler von einander nicht mit Sicherheit unterschieden werden können, welche aber nichts destoweniger von einander verschieden sind und thatsächlich zwei oder mehr nicht identischen Strahlen verschiedener Gruppen angehören.

Beispiele — aber auch nicht mehr — von solchen Knotenstrahlen werden in der folgenden Discussion des Mg- und C-Spectrums vorkommen. Die genaue Bestimmung aller Knotenstrahlen des Mg-s, der C-, sowie des H-s, O-s und der zahlreichen und eigenthümlich vertheilten Knotenstrahlen des Wasserspectrums — muss eingehenden speciellen Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Es ist bei der Vergleichung von numerischen Beobachtungsdaten von der grössten Wichtigkeit, solche Zahlen mit ein-

ander zu vergleichen, welche unter denselben Umständen und wo möglich auch von denselben Beobachtern erhalten wurden. Ich habe daher bei meinen vergleichenden Untersuchungen vorzüglich und in erster Reihe die Beobachtungen der Professoren G. D. Liveing und J. Dewar im Cambridge über das Spectrum des Magnesiums und der Kohle (Proceed. Roy. Soc. of London, Vol. 28, 30, 32 und 33 etc., Chemical News Vol. 43), sowie die Ergebnisse der eingehenden Untersuchungen über die Wellenlängen des Wasserspectrums von $\lambda = 2268$ bis $\lambda = 4098 \cdot 1$ zu Grunde gelegt, welche Herr Professor G. D. Liveing in der neuesten Zeit über mein Ansuchen zur Prüfung meiner Theorie angestellt, und mir unterm 19. Juni, 26. Juni, 21. Juli, 20. August und 13. September l. J. brieflich mitgetheilt hat. Ich erfülle nur eine angenehme Pflicht, wenn ich aus diesem Anlasse Herrn Professor G. D. Liveing hier meinen wärmsten Dank für die mir gütigst gewährte Unterstützung ausspreche, durch welche meine Untersuchungen (und insbesondere die vorliegende) auf das wirksamste gefördert, ja erst ermöglicht wurden.

Da wo eine Ergänzung der Beobachtungen Liveing's und Dewar's nöthig war, habe ich die vorzüglichen und sorgfältigen Beobachtungen von Professor W. N. Hartley und W. E. Adeney in Dublin (Philosoph. Transact. of the Royal Society Part I. 1884) benützt.

Herr Professor G. D. Liveing, auf dessen Anregung hin ich insbesondere das Magnesiumspectrum und das Spectrum des Hydrogenmagnesiums untersucht, und dem ich die diesbezüglichen Resultate unterm 31. August l. J. zur Kenntniss gebracht habe, hat die Wichtigkeit derselben in seinem Briefe vom 13. September l. J., in welchem er mir zugleich die Liste der Wellenlängen des Wasserspectrums von $\lambda = 4098 \cdot 1$ bis $\lambda = 3208 \cdot 1$ sandte, mit folgenden Worten anerkannt: „My dear Sir, I thank you very much for your interesting letter of Aug. 31 and also for the copy of your paper published in the „Astronomische Nachrichten“. Both have given me a good deal to think about, as they open up a very wide field for further research, of which I shall not live to see the end.“

Ich glaube hieraus schliessen zu dürfen, dass meine Mittheilungen auch bei andern Chemikern und Spectroskopikern günstige

Aufnahme finden und dieselben anregen werden, durch geeignete Experimente und Beobachtungen zur Prüfung und zum weitem Ausbau der Theorie beizutragen.

I. Theil.

Mathematische Spectralanalyse des Magnesiums.

Hiezu die Tafeln: I, Ia, Ib; IIa, IIb; III, IIIa, IIIb; IV, IVa, IVb.

Die Strahlen des Magnesiums lassen sich in vier Gruppen theilen, welche mathematisch durch ihre rhythmischen Beziehungen zum Wasserspectrum, sowie zu den Spectren des Hydrogens und Oxygens genau definirt werden können.

Die I. Gruppe.

$\lambda = 5710$	Liveing und Dewar	(in 10^{-7} Millimetern),
5529	" " "	
5527	(Thalén),	
b_1 5183	Liveing und Dewar,	
b_2 5172	" " "	
* 4481	" " "	
* 4456	" " "	

gehört dem Helium an, welches ohne chemische Condensation oder Dilatation im Magnesium enthalten ist.

Die übrigen Strahlen des Heliums, wie zum Beispiel D_3 5874.9 sind durch die Wirkung der übrigen primären Substanzen, mit welchen das Helium im Magnesium verbunden ist, ausserordentlich geschwächt und verschwinden deshalb.

Beweis: $\lambda' = \frac{2}{3} \lambda$ ist für jeden der obigen Strahlen: λ die Wellenlänge eines entsprechenden Hydrogenstrahles, welcher dem im Hydrogen mit dem „Coronium“ verbundenen Helium angehört. Denn jede dieser Wellenlängen: λ' erfüllt die mathematisch-spectral-analytischen Kriterien solcher Strahlen. Es ist nämlich (Tafel I) $\frac{4}{5} \lambda'$ die Wellenlänge eines correspondirenden

Strahles des Wasserspectrums (siehe Tafel I, 3. und 4. Colonne), und

$$\frac{25}{32} \times \frac{46}{41} \lambda' \text{ (Tafel Ia, 3. und 4. Colonne),}$$

sowie

$$\frac{21}{32} \times \frac{70}{59} \lambda' \text{ (Tafel Ib, 3. und 4. Colonne)}$$

sind ebenfalls zwei andere homologe Strahlen des H_2O -Spectrums während beziehungsweise $\frac{46}{41} \lambda'$ und $\frac{70}{59} \lambda'$ die den letzteren entsprechenden Oxygenstrahlen sind (siehe Tafel Ia zweite Colonne und Tafel I b) desgleichen.

Bei der Vergleichung der Wellenlängen der berechneten mit jenen der beobachteten H_2O -Strahlen muss in einzelnen Fällen, wo die betreffenden H_2O -Strahlen so schwach sind, dass sie nicht mehr auf die photographische Platte wirken, hier wie in der Folge die sehr reichhaltige, dem zweiten zusammengesetzten Linienspectrum des Hydrogens (welches ich kurz das H' -Spectrum nenne) entsprechende Gruppe des Wasserspectrums zur Vergleichung herangezogen werden. Die Wellenlängen derselben sind, wie aus meinen Mittheilungen bekannt ist, die Hälfte der correspondirenden Wellenlängen des H' -Spectrums. Die genannte Gruppe des H_2O -Spectrums soll deswegen kurz mit $\left(\frac{\text{H}'}{2}\right)$ bezeichnet werden. So entspricht zum Beispiel die Wellenlänge $\frac{\text{H}'}{2} = 2389.9$ der Gruppe $\left(\frac{\text{H}'}{2}\right)$ sehr genau der Wellenlänge 2389.8 der dritten Colonne der Tafel I, während die nächstliegende von Professor Liveing beobachtete Wellenlänge 2390.6 davon um 0.8 einer Angström'schen Einheit abweicht.

Die Wellenlängen λ der I. Gruppe der Magnesiumstrahlen genügen also in der That den in der Einleitung unter IV) angegebenen Kriterien der Heliumstrahlen.

Die Strahlen $\lambda' = \frac{2}{3} \lambda$ der zweiten Colonne der Tafel I sind bisher noch unbekannte Hydrogenstrahlen der Gruppe (H, b); die Strahlen der zweiten Colonne der nächstfolgenden Tafel Ia:

$\frac{46}{41} \lambda'$ (bis auf einen: 4135·5, Pflücker's: 4136), sowie jene der zweiten Colonne der Tafel I b unter $\frac{70}{59} \lambda'$ (bis auf einen 4371·7, H. C. Vogel's 4372) sind neue, den Heliumstrahlen des Magnesiums rhythmisch entsprechende Oxygenstrahlen, von welchen die ersteren der Gruppe (O, O', b), die letzteren dagegen der Gruppe (O, O', O'', b) angehören. Die Gruppe (O, O', b) stammt von der innerhalb des Oxygens in der Substanz O' enthaltenen primären Substanz „b“. (Siehe die Volumformeln: $O = H' \cdot O'$, $O' = b_4 \cdot O''$), während die Gruppe (O, O', O'', b) derselben primären Substanz „b“ ihr Dasein verdankt, welche sich jedoch in einem von dem früheren verschiedenen chemischen Zustande im Oxygen, in O', und zwar insbesondere innerhalb $O'' = b_4 c_5$ in unmittelbarer Verbindung mit dem primären Stoffe „c“ befindet.

Die durch Sternchen (*) ausgezeichneten Strahlen: $\lambda = 4481$ und 4456 der I. Gruppe gehören auch der II. Gruppe an (vergleiche diese); sie sind also empirische, das heisst erfahrungsgemäss innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler festgestellte Knoten- oder Verzweigungsstrahlen dieser zwei Gruppen. (Siehe die Einleitung.)

Ich mache hier, namentlich mit Rücksicht auf die Astrophysik, noch besonders auf den Umstand aufmerksam, dass die Heliumstrahlen $\lambda = 5529, 4481$ und 4456 des Magnesiums innerhalb der Beobachtungsfehler mit den entsprechenden Strahlen $\lambda = 5529, 4481$ und $4456 \cdot 4$ des H'-Spectrums (das heisst des H. oder zusammengesetzten Linienspectrums des Hydrogens) übereinstimmen.

Die II. Gruppe der Magnesiumstrahlen,

eine äusserst interessante Gruppe (siehe Tafel II a und II b), ist

$\lambda = b_4$	5167	Liveing und Dewar,
	4808	" " "
	4705	" " "
	4703	Thalén,
	4587	"
	4586	Liveing und Dewar,
	4570	" " "

* 4481	Liveing und Dewar	} * Knotenstrahlen der I. und II. Gruppe,	
* 4456	" " "		
4351·2	" " "		
4350	" " "		
4165	" " "		
4057·3	" " "	} ** Knotenstrahlen der II. und III. Gruppe,	
** 3896	" " "		
** 3894	" " "		
** 3892	Hartley und Adeney		
3334	Liveing und Dewar,		
{ * 3330	" " "	} * { Mittlerer Werth 3329·5—Knoten-	
** 3329·1	Hartley und Adeney		} ** { strahl der II., III. und IV. Gruppe,
3327	Liveing und Dewar.		

Dieselbe ist eine Partialgruppe, welche dem primären Elemente „c“ in demjenigen Zustande gehört, in welchem es im Oxygen $O = H'.b_4(b_4 c_5)_5$ vorkommt. Siehe meine bisherigen Mittheilungen „Über die merkwürdigen Beziehungen zwischen dem Spectrum des Wasserdampfes und den Linienspectren des Wasserstoffes und Sauerstoffes etc.“

Die Gruppe der Kohlenstoffstrahlen: . . . 5379, 5150·5, 5144, 5133, 4266 . . . ist eine andere Partialgruppe des nämlichen Elementes „c“, welches in demselben chemischen Zustande im Kohlenstoffe enthalten ist. Die entsprechende Partialgruppe des Oxygens, welche dem genannten Elemente „c“ innerhalb des Oxygens angehört, ist:

6146	H. C. Vogel,
5205·4	Schuster,
5190	" , Plücker, Huggins,
5175·4	"
5159·3	"
5144	Plücker,
4953	Huggins,
4942·2	Schuster,
4940·2	"
4923·7	"
4907	Huggins,
4892	Huggins,
4896	Schuster,
4884	Plücker,
4871	Schuster,
4866	Plücker,
4864	Schuster,
4863	H. C. Vogel,

4860·2	Schuster,
4856·2	„
4853	Huggins,
4848	Plücker,
4754	Plücker,
4750·1	Schuster,
4711	Plücker 4712 Salet,
*(4709	Schuster,)
4705	Schuster und Huggins,
4699	Huggins, (4698·5 Schuster's),
*(4695·5	Schuster,)
4690	Plücker,
4677	Huggins,
4675·4	Schuster,
4660·7	„
4649·3	„
4640·6	„
4639	Plücker,
4600	Plücker,
4595·1	Schuster,
4588	Huggins,
4475	Salet,
4469·2	Schuster,
4465	Schuster,
*(4455	Salet) etc.

Die ganze Gruppe ist charakterisirt durch die Eigenschaft, dass ihre Wellenlängen, mit $\frac{3}{5}$ multiplicirt, in Wellenlängen der Gruppe (H_2O , O , O' , O'' , c), mit $\frac{5}{8}$ dagegen multiplicirt, in Wellenlängen der Gruppe (H_2O , O , O' , O'') des Wasserspectrums übergehen.

Die erstere Gruppe (H_2O , O , O' , O'' , c) wird von dem primären Stoffe „ c “ in demjenigen chemischen Zustande erzeugt, in welchem er sich als Bestandtheil von O'' , mit diesem in O' , mit dem letzteren im Oxygen und mit diesem im Wasserdampfe befindet. Die zweite Gruppe (H_2O , O , O' , O'') umfasst die erstere als eine ihrer Partialgruppen und besteht aus allen Strahlen, welche der Stoff O'' , innerhalb des Stoffes O' im Oxygen

* Empirische Knotenstrahlen des Oxygen-s.

und mit diesem im Wasserdampfe enthalten, aussendet. Wenn ein Element wie „c“ in verschiedenen Substanzen (wie in O, C, Mg) in demselben chemischen Zustande, aber mit verschiedenen anderen Substanzen verbunden vorkommt, so werden die Intensitäten der Strahlen der zugehörigen Totalgruppe (c) auf verschiedene Art durch die Wirkung der letzteren geändert. Dies ist die Ursache, warum z. B. viele Strahlen von (c) im Oxygenspectrum gesehen werden, welche im Spectrum des Magnesiums oder der Kohle verschwinden, und umgekehrt, so dass es ohne mathematische Analyse fast unmöglich wird, diesen Stoff in verschiedenen Substanzen, selbst wenn er in ihnen in demselben Zustande vorkommt, zu erkennen und spectralanalytisch nachzuweisen.

Abgesehen von den erwähnten, äusserst wichtigen und charakteristischen Intensitätsänderungen gehören eigentlich sämtliche Wellenlängen der Totalgruppe (c) als solche gleichzeitig dem Oxygen, dem Magnesium, der Kohle, überhaupt jeder Substanz an, in welcher „c“ in demselben Zustande enthalten ist.

In der neuesten Zeit ist es mir auch noch gelungen, den primären Stoff „c“ auch im Nitrogen, und zwar in demselben Zustande wie im Oxygen, in der Kohle und im Magnesium nachzuweisen.

Die III. Gruppe der Magnesiumstrahlen

(siehe Tafel III, IIIa, IIIb)

ist:

$\lambda =$	Scharfe Ränder von Banden
$\lambda =$	$\lambda =$
** 3896 Liveing und Dewar	.....
{ ** 3894 " " "	.....
{ ** 3892 Hartley und Adeney,	.....
.....	3865 Liveing und Dewar,
.....	3860 " " "
.....	3858 " " "
.....	{3855 " " "
.....	{3855·5 Hartley und Adeney,

$\lambda =$	Scharfe Ränder von Banden	$\lambda =$
3853 Liveing und Dewar,	.....
3849·5 Hartley und Adeney,	.....
.....	3848 Liveing und Dewar,	
3846 Liveing und Dewar,	.....
.....	3841 Liveing und Dewar,	
{ 3838 Liveing und Dewar,	.....
{ 3837·9 Hartley und Adeney,	.....
{ 3832 Liveing und Dewar,	.....
{ 3832·1 Hartley und Adeney,	.....
{ 3829 Liveing und Dewar,	.....
{ 3829·2 Hartley und Adeney,	.....
.....	3824 Liveing und Dewar,	
.....	3815	
.....	besser	
.....	3815·5! Liveing und Dewar,	
.....	3810 " " "	
.....	3806 " " "	
.....	3799 " " "	
.....	3790 " " "	
.....	3782 " " "	
.....	3777 " " "	
.....	3772 " " "	
.....	{ 3765 " " "	
.....	{ 3765·3 Hartley und Adeney,	
.....	3756 Liveing und Dewar,	
.....	3750?	
.....	{ besser	
.....	{ 3748·8! " " "	
.....	** 3730 " " "	
.....	3724 " " "	
.....	3720? " " "	
.....	besser	
.....	3719! " " "	
. { 3330 Liveing und Dewar, }	Mittel: 3329·5 = Knotenstrahl	
{ 3329·1 Hartley und Adeney. }	der II., III. und IV. Gruppe.	

Diese Gruppe bildet einen Theil der grossen Gruppe (H, b) von Hydrogenstrahlen, welche dem primären Elemente „b“ in demjenigen chemischen Zustande angehören, in welchem es im Hydrogen $H = ba_4$ unter dem Einflusse des primären Elementes „a“ (des „Coroniums“) vorkommt.

Die Wellenlängen derselben werden nämlich durch den Factor $\frac{4}{5}$ auf entsprechende Wellenlängen der Gruppe (H_2O , H , b) des H_2O -Spectrums (siehe Tafel III), mittelst der Factoren $\frac{46}{41}$ und $\frac{70}{59}$ beziehlich auf Wellenlängen der Gruppen (O , O' , b) und (O , O' , O'' , b) des Oxygens und mittelst der Factoren $\frac{23}{32} \times \frac{46}{41}$ und $\frac{21}{32} \times \frac{70}{59}$ auf zwei weitere homologe Wellenlängen der Gruppen (H_2O , O , O' , b) und (H_2O , O , O' , O'' , b) des Wasserspectrums reducirt. (Siehe Tafel III a und III b.)

Die jetzt in Rede stehenden Magnesiumstrahlen befriedigen also durch ihre rhythmischen Beziehungen zum Wasserspectrum, welche hier fast allein massgebend sind, die in der Einleitung für die Strahlen der Gruppe (H , b) unter II angegebenen Kriterien und liefern, einmal als Strahlen der letzteren Gruppe erkannt und nachgewiesen — durch ihre rhythmischen Beziehungen zum Oxygen, welche nur zum kleinsten Theile mit als Nebenkriterien benützt werden können, eine Menge von neuen, für gewöhnlich äusserst schwachen Oxygenstrahlen. Siehe diesbezüglich die zweiten Columnen der Tafeln III a und III b.

Die oben und in den Tafeln III, III a und III b durch Sternchen (**, ***) hervorgehobenen Wellenlängen sind innerhalb der Beobachtungsfehler gemeinschaftliche Wellenlängen der III. und der II., beziehlich der II., III. und IV. Gruppe.

Die zu ihnen gehörigen Strahlen sind also nach der von mir eingeführten Benennungsweise empirische Knoten- oder Verzweigungsstrahlen der betreffenden Gruppen. (Siehe die Einleitung.)

Die IV. Gruppe der Magnesiumstrahlen

(Tafel IV, IV a und IV b)

besteht aus folgenden Strahlen:

$\lambda = 3336.3$ Hartley und Adeney,
 3331.8 " " "
 *** { 3330 Liveing und Dewar, } Mittelwerth $3329.5 =$ Knotenstrahl
 { 3329.1 Hartley und Adeney, } der II., III. und IV. Gruppe.

$\lambda =$	3278?	Cornu, ¹
	3139·3	Hartley und Adeney,
	3134·3	" " "
	3107·0	" " "
	{ 3097	Liveing und Dewar,
	{ 3096·2	Hartley und Adeney,
	{ 3092	Liveing und Dewar,
	{ 3091·9	Hartley und Adeney,
	{ 3090	Liveing und Dewar,
	{ 3089·9	Hartley und Adeney,
	3071·6	Hartley und Adeney,
	3046·0	" " "
	2942	Liveing und Dewar,
	2938·5	" " "
	2935·5	" " "
	2928·1	Hartley und Adeney,
	2926·7	Cornu,
	2913·8	Hartley und Adeney,
	2884·3	" " "
	{ 2852	Liveing und Dewar,
	{ 2851·2	Hartley und Adeney,
	{ 2850·3	Cornu,
	2847·9	Hartley und Adeney,
	2845·9	" " "
	2815·3	" " "
	2810·0	" " "
	{ 2801·6	" " "
	{ 2801·3	Cornu,
	2797	Liveing und Dewar,
	2795	" " "
	2790	" " "
	2782·2	" " "
	2780·7	" " "
	2779·5	" " "
	2778·2	" " "
	2777	" " "
	2775·5	Hartley und Adeney,
	2767·5	Liveing und Dewar,
	2764·5	" " "
	2736	" " "
	2734·3	Hartley und Adeney,
	2732·5	Liveing und Dewar,
	2731	" " "

¹ Die Zugehörigkeit des Cornu'schen Strahles: 3278 zum Magnesium wird von Liveing und Dewar bezweifelt.

$\lambda = 2698$	Liveing und Dewar,
2695	" " "
2693·5	" " "
2672·5	" " "
2670	" " "
2668·5	" " "
2658·4	Hartley und Adeney,
2649	Liveing und Dewar,
2645	" " "
2633	" " "
2630	" " "
2605	" " "

Diese Gruppe bildet einen Theil der grossen Gruppe (H_2O , H, *b*) von Wellenlängen, welche dem primären Elemente „*b*“ des Hydrogens in dem chemischen Zustande, in welchem es im Hydrogen innerhalb des Wasserdampfes enthalten ist, gehört.

Die obigen Zahlen weichen nämlich fast unmerklich von den entsprechenden Wellenlängen des Wasserspectrums ab (siehe Tafel IV, erste und zweite Colonne).

Die Unterschiede rühren theils (und wahrscheinlich zumeist) von Beobachtungsfehlern her, theils sind sie die Folge von verschiedenen äusserst geringen, bloss physikalischen Dichtigkeitsänderungen des chemisch condensirten Gases „*b*“ im Hydrogen innerhalb des H_2O -Dampfes einerseits und im Magnesium andererseits.

Dass aber diese auch dem Wasserspectrum angehörigen Strahlen des Magnesiums in der That der Gruppe (H_2O , H, *b*) angehören, geht daraus hervor, dass jede der zugehörigen Wellenlängen λ durch Multiplication mit $\frac{5}{4}$ in eine homologe Wellenlänge $\frac{5}{4} \lambda = \lambda''$ der Gruppe (H, *b*) verwandelt wird, die als solche mit Hilfe der in der Einleitung unter II angegebenen Kriterien unzweifelhaft erkannt werden kann, wenn dort λ'' für λ genommen wird. Vergleiche die Tafeln IV, IV a und IV b und beachte dabei, dass die zwei letzteren Tafeln die Fortsetzung der Tafel IV bilden, indem die ersten Colonnen derselben mit der dritten Colonne der Tafel IV identisch sind.

Die obige Discussion führt somit zu dem nachstehenden wichtigen Theorema, als zu ihrem Hauptergebnisse.

Theorem.

„Das Magnesium ist eine zusammengesetzte Substanz, welche bei den uns bis jetzt bekannten chemischen Processen die Rolle eines secundären Elementes oder Radicals spielt. Dasselbe enthält auf Grund der mathematischen Analyse der Magnesiumstrahlen:

- I. Das „Helium“ ohne Condensation oder Dilatation, welches innerhalb des Magnesiums bloß die Strahlengruppe I mit merklicher Stärke ausstrahlt, während alle übrigen Strahlen desselben, darunter auch D_3 , durch den Einfluss der übrigen Bestandtheile bis zum Verschwinden abgeschwächt werden;
- II. den primären Stoff „c“ in demselben Zustande, in welchem er im Oxygen und im Kohlenstoffe vorkommt; derselbe emittirt innerhalb des Magnesiums bloß die Strahlengruppe II;
- III. den primären Stoff „b“ in dem Zustande, in welchem er auch im freien Hydrogen vorkommt, und welchem innerhalb des Magnesiums die Strahlen der Gruppe III ihr Dasein verdanken; endlich
- IV. denselben primären Stoff „b“ aber in dem chemisch mehr condensirten Zustande, in welchem er sich im Hydrogen innerhalb des Wasserdampfes befindet und unter dem Einflusse der übrigen Bestandtheile die Partialgruppe IV mit mehr oder weniger merklicher Intensität ausstrahlt.“

Ausser diesem Hauptresultate liefert uns die Discussion der Magnesiumstrahlen auch noch eine Menge von äusserst schwachen, zur Zeit noch unbekanntem Hydrogen- und Oxygenstrahlen, welche den Strahlen der I., III. und IV. Gruppe harmonisch entsprechen. So sind α) die Strahlen der zweiten Colonne der Tafel I, die Mg-Strahlen der ersten Colonne der Tafel III und die Strahlen der dritten Colonne der Tafel IV Hydrogenstrahlen; β) die Strahlen der zweiten Colonnen der Tafeln I a, III a und IV a, sowie β') jene der zweiten Colonnen der Tafeln I b, III b und IV b Oxygenstrahlen, welche sämmtlich verschiedenen Condensationsformen des primären

Elementes „b“ gehören. Die unter α) angeführten gehören dem Elemente „b“ innerhalb des freien Hydrogens, die unter β) und β') demselben primären Elemente, jedoch beziehungsweise in den chemischen Zuständen „O, O', b“ und O, O', O'', \bar{b} “ an.

Die hier in Rede stehenden Hydrogen- und Oxygenstrahlen sind unter gewöhnlichen Umständen meist von unmerklicher Intensität und können nur unter besondern Bedingungen dem Hydrogen, beziehlich dem Oxygen in merklicher Intensität entlockt werden; sie sind aber nichtsdestoweniger ebenso sicher vorhanden und eventuell erzeugbar, wie die bisher wirklich beobachteten Strahlen der genannten secundären Elemente.

TAFELN

zur

mathematischen Spectralanalyse des Magnesiums.

I. Gruppe der Magnesiumstrahlen.

Tafel I.

Magnesium $\lambda =$	Hydrogen $= (H, b) \frac{2}{3} \lambda = \lambda' =$	Wasserdampf $= (H_2O, H, b) \frac{4}{5} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing u. Dewar
5710	3806·7 ¹	3045·4	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 3045 \\ \text{Hugg.} : 3046 \end{array} \right\}_2$
5529	3686·0	2948·8	2848·5
5527	3684·7 ¹	2947·8	2947·5
$b_1..5183$	3455·3 ¹	2764·2	2764·0
$b_2..5172$	3448·0 ¹	2758·4	$\left\{ \begin{array}{l} 2758·9 \\ \frac{H'}{2} = 2758·6 \end{array} \right\}$
* 4481	2987·3 ¹	2389·8	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2389·9 \\ 2390·6 \end{array} \right\}$
* 4456	2970·7 ¹	2376·6	2376·6

* Knoten- oder Verzweigungsstrahlen der I. und II. Gruppe. Siehe auch Tafel II.

¹ G. D. Liveing: 3806·8, 3684·2, 3455·4, 3447·5, 2987·2, 2970·7 in der Oxyhydrogenflamme.

² $\frac{H'}{2}$ = eine der Wellenlängen des Wasserspectrums, welche die Hälfte der homologen Wellenlängen des zweiten oder zusammengesetzten Linienspectrums des modificirten Wasserstoffes H' sind.

3046 ist eine der Wellenlängen des Spectrums Nr. 2 der Oxyhydrogenflamme von Huggins. (Siehe Proc. Roy. Soc. of London. Vol. 31, S. 576.)

Tafel Ia.

Hydrogen (H, b) $\lambda' =$	Oxygen (O, O', b) $\frac{46}{41} \lambda' =$	Wasserdampf (H ₂ O, O, O', b) $\frac{23}{32} \times \frac{46}{41} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing u. Dewar
3806·7	4270·9 neu	3069·7	3070·0
3686·0	4135·3 ¹	2972·4	2972·2
3684·7	4134 neu	2971·3	2971·1
3455·3	3876·7 neu	2786·4	2786·5
3448·0	3868·5 neu	2780·5	2780·7
2987·3	3351·6 neu	2409·0	2409·0
2970·7	3333·0 neu ²	2395·6	2396·2

¹ Plücker: 4136.

² G. D. Liveing: 3332·5 in der Oxyhydrogenflamme.

Tafel Ib.

Hydrogen (H, b) $\lambda' =$	Oxygen (O, O', O'', b) $\frac{70}{59} \lambda' =$	Wasserdampf (H ₂ O, O, O', O'', b) $\frac{21}{32} \times \frac{70}{59} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing u. Dewar
3806·7	4516·4 neu	2963·9	$\frac{H'}{2} = 2963·7$
3686·0	4373·2 neu	2869·9	2969·5
3684·7	4371·7 ¹	2868·9	2869·2
3455·3	4099·5 neu	2690·3	2690·4
3448·0	4090·8 neu	2684·6	2684·7
2987·3	3544·2 neu	2325·9	$\frac{H'}{2} = 2326·1$
2970·7	3524·5 neu ²	2312·9	$\frac{H'}{2} = 2313·4$

¹ H. C. Vogel: 4372.

² G. D. Liveing: 3524·1 in der Oxyhydrogenflamme.

II. Gruppe der Magnesiumstrahlen.

Tafel II a.

Magnesium $\lambda =$	Wasserdampf (H_2O, O, O', O'', c) $\frac{3}{5} \lambda =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing u. Dewar	
b_4 5167	3100·2	3100·6	
4808	2884·8	2884·6	
4705	2823·0	2823·0	
4703	2821·8	2821·8	
4587	2752·2	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2752·2 \\ \text{Liv. 2753} \end{array} \right.$	
4586	2751·6		2750·9
4570	2742·0	2742·6	
* 4481	2688·6	2688·7	
* 4456	2673·6	2673·2	
4351·2	2610·7	2611·0	
4350	2610·0	2609·7	
4165	2499·0	2499·6	
4057·3	2434·4	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2434·4 \\ \text{Liv. 2433·9} \end{array} \right.$	
** 3896	2337·6		2337·5
** 3894	2336·4	$\frac{H'}{2} = 2336·2$	
** 3892	2335·2	$\frac{H'}{2} = 2335·4$	
** 3730	2238·0	$\frac{H'}{2} = 2238·3$	
3334	2000·4	—	Siehe Tafel II b
3330	1998·0	—	" " "
* ** 3329·1	1997·5	—	" " "
3327	1996·2	—	" " "

* Knotenstrahlen der II. und I. Gruppe.

** Knotenstrahlen der II. und III. Gruppe.

* ** Knotenstrahl der II., III. und IV. Gruppe von der wahrscheinlichen Wellenlänge $\frac{3330 + 3329·1}{2} = 3329·5$.

Tafel IIb.

Magnesium	Wasserdampf (H ₂ O, O, O', O'')	Wasserdampf, beobachtet von Liveing u. Dewar	
	$\frac{5}{8} \lambda =$		
b_4 .5167	3229·4	3229·5	
4808	3005·0	3005·0	
4705	2940·6	2940·6	
4703	2938·4	2938·5	
4587	2866·8	$\frac{H'}{2} = 2966·6$	
4586	2866·2	2866·0	
4570	2856·2	$\frac{H'}{2} = 2855·9$	Liveing: 2855·4
* 4481	2800·6	$\frac{H'}{2} = 2801·2$	Liveing: 2799·7
* 4456	2785·0	2784·7	
4351·2	2719·4	2719·7	
4350	2718·7	2718·4	
4165	2603·1	2603·2	
4057·3	2535·8	$\frac{H'}{2} = 2535·9$	Liveing: 2536·5
** 3896	2435·0	$\frac{H'}{2} = 2434·4$	Liveing: 2435·8
** 3894	2433·7	2433·9	
** 3892	2432·5	$\frac{H'}{2} = 2433·1$	Liveing: 2433·3
** 3730	2331·2	2331·1	
3334	2083·7	$\frac{H'}{2} = 2083·4$	
*** } 3330	2081·2	$\frac{H'}{2} = 2081·5$	
*** } 3329·1	2080·7	$\frac{H'}{2} = 2080·7$	
3327	2079·4	$\frac{H'}{2} = 2079·3$	

* Knotenstrahlen der II. und I. Gruppe.

** Knotenstrahlen der II. und III. Gruppe.

*** Knotenstrahl der II., III. und IV. Gruppe von der wahrscheinlichen

Wellenlänge $\frac{3330 + 3329·1}{2} = 3329·5$.

III. Gruppe der Magnesiumstrahlen.

Tafel III.

Magnesium = (H, b) Scharfe Ränder von Banden $\lambda =$	Wasserdampf = (H ₂ O, H, b) $\frac{4}{5} \lambda =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing u. Dewar
** 3896	3116·8	3116·6
** 3894	3115·2	} 3114·3 } 3112·8
** 3892 ¹	3113·6	
3865	3092·0	3092·0
3860	3088·0	3087·9
3858	3086·4	3086·7
3855	3084·0	3084·6
3853	3082·4	3082·6
3849·5	3079·6	3079·3
3848	3078·4	3078·4
3846 ¹	3076·8	3076·8
3841 ¹	3072·8	3072·6
3838	3070·4	3070·0
3832	3065·4	3065·5
3829	3063·2	3063·3
3824	3059·2	$\frac{H'}{2} = 3059·2$
3815·5 (besser als 3815!)	3052·4	3052·7
3810 ¹	3048·0	3048·3

** Knoten- oder Verzweigungsstrahlen der III. und IV. Gruppe.

¹ G. D. Liveing: 3891·9, 3845·7, 3840·8, 3810·5 in der Oxyhydrogenflamme.

Tafel III (Fortsetzung und Schluss).

Magnesium = (H, δ) Scharfe Ränder von Banden $\lambda =$		Wasserdampf = (H ₂ O, H, δ) $\frac{4}{5} \lambda =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing u. Dewar
	3806 ¹	3044·8 neu	$\frac{H'}{2} = 3045·0$
	3799 ¹	3039·2	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 3039·2 \\ \text{Liv.: } 3039·9 \end{array} \right.$
	3790	3032·0 neu	
	3782	3025·6	3025·2
	3777	3021·6	3021·4
	3772	3017·6	Hugg.: 3017
	3765	3012·0	3012·9
	3756	3004·8	3005·0
	3748·8 } besser als 3750!}	2999·0	2998·7
	** 3730	2984·0	2983·8
	3724	2979·2	2979·4
	3719 ¹ } besser als 3720!}	2975·2	2975·1
* **	3330	2664·0	2663·9
	3329·1	2663·3	

** Knotenstrahlen der III. und II. Gruppe.

. Knotenstrahl der II., III. und IV. Gruppe von der wahrscheinlichen
mittleren Wellenlänge $\frac{3330 + 3329·1}{2} = 3329·5$.

1 G. D. Liveing: 3806·8, 3799·8, 3719·2 in der Oxyhydrogenflamme.

Tafel IIIa.

Magnesium = (H, b) λ =	Oxygen = (O, O', b) $\frac{46}{41} \lambda =$	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O', b) $\frac{23}{32} \times \frac{46}{41} \lambda =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing u. Dewar
Scharfe Ränder von Banden			
**3896	4371·1 neu	3141·7	3141·5
**3894	4368·9 ¹	3140·1	3140·3
**3892	4366·6 ²	3138·5	3138·7
3865	4336·3 ³	3116·7	3116·6
3860	4330·7 neu	3112·7	3112·8
3858	4328·5 neu	3111·1	3111·5
3855	4325·1 neu	3108·6	3108·8
3853	4322·9 neu	3107·1	3107·0
3849·5	4319·0 ⁴	3104·2 neu	—
3848	4317·3 ⁵	3103·0	3102·7
3846	4315·1 neu	3101·5	3101·6
3841	4309·4 neu	3097·4	$\frac{H'}{2} = 3098·1$
3838	4306·0 neu	3094·9	3094·8
3832	4299·3 neu	3090·1	{ Hugg.: 3089·8 3090
3829	4295·9 neu	3087·7	3087·9
3824	4290·3 neu	3083·6	3083·5
3815·5	4280·7 neu	3076·8	3076·6
3810	4274·6 neu	3072·4	3072·6

** Knotenstrahlen der III. und IV. Gruppe.

¹ Salet: 4368.

² Plücker: 4367.

Schuster: 4366.

³ Schuster: 4336·6.

⁴ Schuster: 4319·0.

⁵ Plücker: 4317.

Schuster: 4316·5.

Tafel III a (Fortsetzung und Schluss).

Magnesium = (H, δ) λ =	Oxygen = (O, O', δ) $\frac{46}{41} \lambda$ =	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O', δ) $\frac{23}{32} \times \frac{46}{41} \lambda$ =	Wasser dampf, beobachtet von Liveing u. Dewar
Scharfe Ränder von Banden			
3806	4270·1 neu	3069·1	3068·8
3799	4262·3 neu	3063·5	3063·3
3790	4252·2 neu	3056·3	3055·9
3782	4243·2 neu	3049·8 neu	—
3777	4237·6 neu	3045·8	Hugg.: 3046 ²
3772	4232·0 neu	3041·7	3042·1
3765	4224·1 neu	3036·1	3036·4
3756	4214·0 neu	3028·8	Hugg.: 3029 ²
{ 3748·8 besser als 3750!	4206·0 neu	3023·0	3023·4
	4207·3	3024·0	$\frac{H'}{2} = 3023·6$
** 3730	4184·9 ¹	3007·9	3008·2
3724	4178·1 neu	3003·0	$\frac{H'}{2} = 3003·2$
{ 3719 besser als 3720!	4172·5 neu	2999·0	2998·7
	4173·6	2999·8	{ Hugg.: 2999 ²
**,* { 3330 3329·1	3736·1 neu	2685·3	2685·4
	3735·1 „	2684·6	2684·7

** Knotenstrahlen der III. und II. Gruppe.

** Knotenstrahl der II., III. und IV. Gruppe von der wahrscheinlichen
mittleren Wellenlänge $3329·5 = \frac{3330 + 3329·1}{2}$.

¹ Salet: 4184.

² Vergleiche Tafel I bezüglich 3046.

Tafel IIIb.

Magnesium = (H, δ) λ =	Oxygen = (O, O', O'', δ) $\frac{70}{59} \lambda$ =	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O', O'', δ) $\frac{21}{32} \times \frac{70}{59} \lambda$ =	Wasserdampf, beobachtet von Liveing u. Dewar
Scharfe Ränder von Banden			
**3896	4622·4 neu	3033·4	3033·1
**3894	4620·0 neu	3031·9	3031·4
**3892	4617·6 neu	3030·3	3030·3
3865	4685·6 neu	3009·3	3008·8
3860	4579·6 neu	3005·4	3005·6
3858	4577·3 neu	3003·8	$\frac{H'}{2} = 3003·2$
3855	4573·7 neu	3001·5	3001·9
3853	4571·3 neu	2999·9	Hugg.: 2999 ¹
3849·5	4567·2 neu	2997·2	2997·8
3848	4565·4 neu	2996·0	2996·6
3846	4563·0 neu	2994·5	2994·8
3841	4557·1 neu	2990·6	2990·5
3838	4553·5 neu	2988·2	2988·5
3832	4546·4 neu	2983·6	2983·8
3829	4542·9 neu	2981·3	$\frac{H'}{2} = 2981·3$
3824	4536·9 neu	2977·3	2977·8
3815·5	4526·8 neu	2970·8	2970·7
3810	4520·3 neu	2966·4	2966·5

** Knotenstrahlen der III. und II. Gruppe.

¹ Spectrum Nr. 2 der Oxyhydrogenflamme. Vergleiche Tafel I und Tafel IIIa.

Tafel IIIb (Fortsetzung und Schluss).

Magnesium = (H, λ) λ =	Oxygen = (O, O', O'', λ) $\frac{70}{59} \lambda$ =	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O', O'', λ) $\frac{21}{32} \times \frac{70}{59} \lambda$ =	Wasserdampf, beobachtet von Liveing u. Dewar
Scharfe Ränder von Banden			
3806	4515·6 neu	2963·3	2962·9
3799	4507·3 neu	2957·9	2958·0
3790	4496·6 neu	2950·9	2950·7
3782	4487·1 neu	2944·6	2944·2
3777	4481·2 neu	2940·8	2940·6
3772	4475·2 ¹	2936·8	2936·5
3765	4466·9 ²	2931·4	2931·0
3756	4456·3 ³	2924·4	2924·4
{ 3748·8 besser als 3750!	4447·7 neu	2918·8	2918·5
	4449·1	2919·7	2919·8
**3730	4425·4 neu	2904·2	2903·7
3724	4418·3 ⁴	2899·5	2899·5
{ 3719 besser als 3720	4412·3	2895·5	$\frac{H'}{2} = 2895·3$
	4413·5 ⁵	2896·3	2896·1
*** { 3330 3329·1	3950·8 neu	2592·7	2592·8
	3949·7	2592·0	2591·3

** Knotenstrahl der III. und II. Gruppe.

*** Knotenstrahl der II., III. und IV. Gruppe von der wahrscheinlichen
mittleren Wellenlänge $\frac{3330 + 3329 \cdot 1}{2} = 3329 \cdot 5$.

¹ Salet: 4475.

² Huggins und Salet: 4467.

³ Plücker: 4457.

⁴ Plücker und Salet: 4418.

⁵ Huggins und Plücker: 4414.

IV. Gruppe der Magnesiumstrahlen.

Tafel IV.

Magnesium = (H ₂ O, H, b) λ =	Wasserdampf = (H ₂ O, H, b) beobachtet von Liveing u. Dewar	Hydrogen = (H, b) $\frac{5}{4}\lambda = \lambda'' =$	
3336·3	3335·9	4170·4	
3331·8	3332·5	4164·7	
* * * { 3330 } { 3329·1 }	3329·1	{ 4162·5 { 4161·4	
3278 Cornu ¹	3278·3	4097·5 ³	
3139·3	3139·4	3924·1	
3134·3	3133·7	3917·9	
3107·0	3107·0	3883·7 ³	
3097 Liv. Dew. } 3096·2 Hart. Ad. }	3096·3	{ 3871·2 { 3870·2	
3092 Liv. Dew. } 3091·9 Hart. Ad. }	3092·0	{ 3865 { 3864·9	
3090 Liv. Dew. } 3089·9 Hart. Ad. }	3089·8	{ 3862·5 { 3862·4 ³	3862 H. W. Vogel
3071·6	3071·5	3839·5	
3046·0 ²	$\frac{H'}{2} = 3046·5$	3807·5 ³	
2942	{ 2941·2 } { neblig }	3677·5	3677·5 „α Aquilae“
2938·5	2938·5	3673·1	3672·5 „Areturus“
2935·5	2935·2	3669·3 ³	

* * * Knotenstrahl der II., III. und IV. Gruppe von der wahrscheinlichen mittleren Wellenlänge $3329·5 = \frac{3330 + 3329·1}{2}$

¹ Die Zugehörigkeit der Cornu'schen Mg.-Linie λ = 3278 zum Magnesium wird von Liveing und Dewar (wegen der eigenthümlichen Intensitätsänderungen des zugehörigen Strahles unter verschiedenen Umständen) bezweifelt. (Siehe Chem. News 1881, Vol. 43: „On the spectrum of Magnesium under various circumstances.“

² Vergleiche den Strahl 3046·0 als H₂O-Strahl in den Tafeln I und III a.

³ G. D. Liveing: 4098·1, 3883·6, 3862·2, 3806·8, 3669·9, 3659·1, 3605·1, 3564·2, 3559·3, 3557·8, 3519·1, 3502·1, 3495·8, 3493·3, 3488·0, 3475·5, 3474·1, 3471·9 in der Oxyhydrogenflamme.

Tafel IV (Fortsetzung).

Magnesium = (H ₂ O, H, b) λ =	Wasserdampf = (H ₂ O, H, b), beobachtet von Liveing u. Dewar	Hydrogen = (H, b) $\frac{5}{4} \lambda = \lambda'' =$	
2928·1	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2928·3 \\ \text{(Liv. Dew. 2927·6)} \end{array} \right\}$	3660·1	
2926·7	$\left\{ \begin{array}{l} 2927·1 \\ 2926·3 \end{array} \right\}$	3658·4 ¹	
2913·8	2913·5	3642·2	
2884·3	2884·2	3605·4 ¹	
2852	2852·2	3565	
2851·2	$\frac{H'}{2} = 2851·1$	3564·0 ¹	
2850·3	2850·2	3562·9	
2847·9	2847·4	3559·9 ¹	
2845·9	2845·4	3557·4 ¹	
2815·3	2814·9	3519·1 ¹	
2810·0	$\frac{H'}{2} = 2809·5$	3512·5	
2801·6 Hart. 2801·3 Cornu } }	$\frac{H'}{2} = 2801·3$	$\left\{ \begin{array}{l} 3502·0^1 \\ 3501·6 \end{array} \right\}$	
2797	2796·8	3496·2 ¹	
2795	2795·5	3493·7 ¹	
2790	2789·7	3487·5 ¹	3487 „Areturus“
2782·2	$\frac{H'}{2} = 2781·8$	3477·7	
2780·7	2780·7	3475·9 ¹	3475 „Areturus“
2779·5	2779·1	3474·4 ¹	
2778·2	2778·4	3472·7	
2777	2777·3	3471·2 ¹	

¹ G. D. Liveing: 4098·1, 3883·6, 3862·2, 3806·8, 3669·9, 3659·1
3605·0, 3564·2, 3559·3, 3557·8, 3519·0, 3502·1, 3495·8, 3493·3, 3488·0
3475·5, 3474·1, 3471·9 in der Oxyhydrogenflamme.

Tafel IV (Fortsetzung und Schluss).

Magnesium = (H ₂ O, H, δ) $\lambda =$	Wasserdampf = (H ₂ O, H, δ), beobachtet von Liveing u. Dewar	Hydrogen = (H, δ) $\frac{5}{4} \lambda = \lambda' =$	
2775·5	$\frac{H'}{2} = \begin{cases} 2776·1 \\ 2775·7 \end{cases}$	3469·4²	
2767·5	2767·3	3459·4²	
2764·5	2764·0	3455·6²	
2736	2735·5	3420·0	
2734·3	2734·4	3417·9²	
2732·5	2732·9	3415·6 ²	
2731	2730·5	3413·8	
2698	2697·8	3372·5	
2695	2695·3	3368·8²	
2693·5	2693·7	3366·9	
2672·5	2673·2	3340·6	
2670 ¹	2671	3337·5²	
2668·5	2668·2	3335·6²	
2658·4	$\frac{H'}{2} = 2658·6$	3323·0²	
2649	2648·2	3311·2	
2646	2645·6	3307·5²	
2633	2633·3	3291·2²	
2630	$\frac{H'}{2} = 2630·5$	3287·5²	
2605	2605·3	3256·2²	

¹ Vergleiche Tafel IV a am Schlusse.

² G. D. Liveing: 3469·6, 3459·5, 3455·4, 3418·3, 3415·4, 3368·8, 3337·2, 3335·9, 3323·0, 3311·4, 3307·5, 3290·7, 3286·9, 3256·3 in der Oxyhydrogenflamme.

Tafel IV b.

Hydrogen = (H, δ), λ'' =	Oxygen = (O, O', δ) $\frac{46}{41} \lambda''$ =	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O', δ) $\frac{23}{32} \times \frac{46}{41} \lambda''$ =	Wasserdampf, beobachtet von Liveing u. Dewar
4170·4	4679·0 neu	3363·0	3362·2
4164·7	4672·6 ¹	3358·4 neu	—(3359·7)
{ 4162·5	4670·1	3356·7	3355·9
{ 4161·4	4668·9} neu	3355·8	
4097·5	4597·2 neu	3304·2	3304·2
3924·1	4402·6 neu	3164·4	3163·9
3917·9	4395·7 ²	3159·4	3160·3
3883·7	4357·3 neu	3131·8	3132·6
3871·2	4343·3 neu	3121·7	3122·2
3870·2	4342·2 neu	3121·0	3121·3
{ 3865	4336·3 ³	3116·7	3116·6
{ 3864·9	4336·2	3116·6	
{ 3862·5	4333·5	3114·7	3114·3
{ 3862·4	4333·4 ⁴	3114·6	
3839·5	4307·7 neu	3096·2	3096·3
3807·5	4271·8 neu	3070·4	3070·0
3677·5	4125·9 ⁵	2965·5	2965·5
3673·1	4121·0 neu	2962·0	2962·1
3669·3	4116·7 ⁶	2958·9	2958·9
3660·1	4106·4 neu	2951·5	2951·7

¹ Schuster: 4673·1.² Schuster: 4395·6.³ Schuster: 4336·6.⁴ Salet: 4333.

Plücker: 4334.

⁵ Plücker: 4126.⁶ Plücker: 4117.

Tafel IVa (Fortsetzung).

Hydrogen = (H, δ), λ'' =	Oxygen = (O, O', δ) $\frac{46}{41} \lambda''$ =	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O', δ) $\frac{23}{32} \times \frac{46}{41} \lambda''$ =	Wasserdampf, beobachtet von Liveing u. Dewar
3658·4	4104·5 ¹	2950·1	2950·1
3642·2	4086·4 ²	2937·1	2937·2
3605·4	4045·1 neu	2907·4	2907·3
3565	3999·7 neu	2874·8	2875·0
3564·0	3998·6 neu	2874·0	2874·4
3562·9	3997·4 ³ neu	2873·1 neu	Hugg.: 2872·5
3559·9	3994·0 neu	2870·7	2871·2
3557·4	3991·2 neu	2868·7	2868·3
3519·1	3948·2 neu	2837·8 neu	$\frac{H'}{2} = 2837·7$
3512·5	3940·8 neu	2832·5	2832·3 ⁴
3502·0	3929·7 neu	2824·5	2824·8
3501·6	3928·6 neu	2823·7	2824·0
3496·2	3922·6 neu	2819·4	2819·3
3493·7	3919·8 neu	2817·4	2817·1
3487·5	3912·8 neu	2812·4	2812·4
3477·7	3901·8 neu	2804·4	2804·2
3475·9	3899·8 neu	2803·0	2802·8
3474·4	3898·1 neu	2801·8 neu	$\frac{H'}{2} = 2801·2$
3472·7	3896·2 neu	2800·4 neu	—
3471·2	3894·5 neu	2799·2	2799·7

¹ Plücker: 4104.

² Plücker: 4086.

³ G. D. Liveing: 3997·3 in der Oxyhydrogenflamme.

⁴ Mitte einer Doppellinie.

Tafel IV a (Schluss).

Hydrogen = (H, δ) λ'' =	Oxygen = (O, O', δ) $\frac{46}{41} \lambda''$ =	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O', δ) $\frac{23}{32} \times \frac{46}{41} \lambda''$ =	Wasserdampf, beobachtet von Liveing u. Dewar
3469·4	3892·5 ¹ neu	2797·4	2797·6
3459·4	3881·3 neu	2789·7	{ 2789·7 2789·2
3455·6	3877·0 neu	2786·6	2786·5
3420·0	3837·1 neu	2757·9	$\frac{H'}{2} = 2757·2$
3417·9	3834·7 neu	2756·2	—(2757·0)
3415·6	3832·1 ¹ neu	2754·3	2754·6
3413·8	3830·1 neu	2752·9	2753·0
3372·5	3783·8 neu	2719·6	2719·7
3368·8	3779·6 ¹ neu	2716·6	2717·2
3366·9	3777·5 neu	2715·1	2715·6
3340·6	3748·0 neu	2693·9	2693·7
3337·5	3744·5 ¹ neu	2691·9	2691·5
3335·6	3742·4 neu	2689·4	2690·4
3323·0	3728·2 neu	2679·4	2678·9
3311·2	3715·0 neu	2670·2 ²	2671·0
3307·5	3710·8 ¹ neu	2667·1	$\frac{H'}{2} = 2667·9$
3291·2	3692·6 neu	2654·1	2654·4
3287·5	3688·4 neu	2651·1	2651·3
3256·2	3653·3 ¹ neu	2625·8	2625·7

¹ G. D. Liveing: 3891·9, 3832·6, 3779·0, 3744·2, 3710·3, 3653·0
in der Oxyhydrogenflamme.

² Vergleiche Tafel IV, erste und zweite Colonne.

Tafel IVb.

Hydrogen = (H, δ), λ'' =	Oxygen = (O, O', O'', δ) $\frac{70}{59} \lambda''$ =	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O', O'', δ) $\frac{21}{32} \times \frac{70}{59} \lambda''$ =	Wasserdampf, beobachtet von Livinge u. Dewar
4170·4	4947·9 neu	3247·0 neu	—
4164·7	4941·2 ¹	3242·7	3242·3
{ 4162·5	4938·5 } neu	3240·9 }	3240·6
{ 4161·4	4937·2 }	3240·0 }	
4097·5	4861·4 ²	3190·3 neu	—
3924·1	4655·7 neu	3055·3 neu	$\frac{H'}{2} = 3056·0$
3917·9	4648·3 ³	3050·4	Hugg.: 3051
3883·7	4607·8 ⁴	3023·9	3023·4
{ 3871·2	4592·9 ⁵	3014·1 }	3013·6 ⁹
{ 3870·2	4591·8 neu	3013·4 }	
{ 3865	4585·6 } neu	3009·3 }	3008·8
{ 3864·9	4585·5 }	3009·2 }	
{ 3862·5	4582·6 ⁶	3007·3 }	—(3008·2)
{ 3862·4	4582·5	3007·2 } neu	
3839·5	4555·3 neu	2989·4	2989·4
3807·5	4517·4 neu	2964·5	2964·5
3677·5	4363·1 ⁷	2863·2	2863·3
3673·1	4357·9 neu	2859·9	2860·3
3669·3	4353·4 ⁸	2857·0	2857·6
3660·1	4342·5 neu	2849·8	2849·9

¹ Plücker und Salet: 4941.

² Plücker: 4862.

³ Schuster: 4648.

⁴ Schuster: 4608.

⁵ Plücker: 4593.

⁶ H. C. Vogel: 4583.

⁷ Huggins: 4364.

⁸ Schuster: 4353·5.

⁹ Mitte einer Doppellinie.

Tafel IV b (Fortsetzung).

Hydrogen = (H, b), λ'' =	Oxygen = (O, O', O'', b) $\frac{70}{59} \lambda'' =$	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O', O'', b) $\frac{21}{32} \times \frac{70}{59} \lambda'' =$	Wasserdampf, Beobachtet von Liveing u. Dewar
3658·4	4340·5 neu	2848·5	2848·8
3642·2	4321·2 neu	2835·8	2835·8
3605·4	4277·6 neu	2807·2	2806·7
3565	4229·7 neu	2775·7	2776·1
3564·0	4228·5 neu	2774·9	2774·8
3562·9	4227·2 neu	2774·1	2773·8
3559·9	4223·6 neu	2771·7	2772·2
3557·4	4220·6 neu	2769·8	2770·0
3519·1	4175·2 neu	2740·0	2740·3
3512·5	4167·4 neu	2734·8	2734·4
3502·0	4154·9 ¹	2726·6	} $\frac{H'}{2} = 2726·9$ } 2726·1
3501·6	4154·4 neu	2726·3	
3496·2	4148 ²	2722·1	2721·6
3493·7	4145·1 neu	2720·2	2719·7
3487·5	4137·7 neu	2715·4	2715·6
3477·7	4126·1 ³	2707·7	2707·2
3475·9	4123·9	2706·3	2706·2
3474·4	4122·2 ⁴	2705·2	2705·2
3472·7	4120·1 neu	2703·8	2704·3
3471·2	4118·4 neu	2702·7 neu	$\frac{H'}{2} = 2703·1$

¹ Salet: 4155.² Plücker: 4147,
Huggins: 4149.³ Plücker: 4126.⁴ Salet: 4123.

Tafel IV b (Fortsetzung und Schluss).

Hydrogen = (H, δ), λ'' =	Oxygen = (O, O', O'', δ) $\frac{70}{59} \lambda''$ =	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O', O'', δ) $\frac{21}{32} \times \frac{70}{59} \lambda''$ =	Wasserdampf, beobachtet von Liveing u. Dewar
3469·4	4116·2 ¹	2701·2	2701·5
3459·4	4104·4 ²	2693·5	{ 2693·7 2693·2
3455·6	4099·9	2690·5	2690·4
3420·0	4057·6 neu	2662·8 neu	—
3417·9	4055·1 neu	2661·1	2660·8
3415·6	4052·4 neu	2659·4	2659·6
3413·8	4050·3 neu	2658·0	2657·4
3372·5	4001·3 neu	2625·8	2625·7
3368·8	3996·9 ³ neu	2623·0	2623·3
3366·9	3994·6 neu	2621·4	2621·3
3340·6	3963·4 neu	2601·0	2600·9
3337·5	3959·7 ³ neu	2598·6	2598·6
3335·6	3957·5 neu	2597·1	2596·4
3323·0	3942·5 neu	2587·3	2587·0
3311·2	3928·5 neu	2578·1	2578·3
3307·2	3924·1 ³ neu	2575·2	2574·5
3291·2	3904·8 neu	2562·5	2562·6
3287·5	3900·4 ³ neu	2559·6	2559·5
3256·2	3863·3 ³ neu	2535·3	$\frac{H'}{2} = 2534·8$

¹ Huggins: 4117.

² Plücker: 4101.

³ G. D. Liveing: 3997·3, 3959·7, 3923·5, 3900·2, 3863·8 in der Oxyhydrogenflamme.

II. Theil.

Mathematische Spectralanalyse des Kohlenstoffs.

Hiezu die Tafeln: I, I a, I b; II a, II b; III, III a, III b; IV a, IV b; V, V a, V b, V c.

Die Strahlen des elementaren Linienspectrums der Kohle lassen sich in fünf Gruppen theilen, welche ähnlich wie die Strahlen des Magnesiums durch ihre rhythmischen Beziehungen zum Wasserspectrum sowie zu den Spectren des Hydrogens und des Oxygens bestimmt und von einander unterschieden werden können.

Die I. Gruppe

(Tafeln I, I a, I b)

$\lambda = 6583 \cdot 0$ Ångström und Thalén,

* 6577·5	" "	" "	" "	Knotenstrahl der I. und II. Gruppe,
5694·1	" "	" "	" "	
5660·9	" "	" "	" "	
5646·5	" "	" "	" "	
* 5638·6	" "	" "	" "	} Knotenstrahlen der I. und II. Gruppe,
* 5150·5	" "	" "	" "	

geht durch Multiplication ihrer Wellenlängen λ mit $\frac{3}{5}$ in eine

rhythmisch entsprechende Gruppe über, deren Wellenlängen

$\lambda' = \frac{3}{5} \lambda$ (siehe Tafel I, 2. Colonne) den in der Einleitung unter

II für Strahlen der Gruppe (H, b) angegebenen Kriterien genügen, wenn dort λ' für λ substituirt wird. Die Wellenlängen:

$$\frac{4}{5} \lambda' = \frac{12}{25} \lambda \text{ (siehe Tafel I, 3. und 4. Colonne),}$$

$$\frac{23}{32} \times \frac{46}{41} \lambda' \text{ (siehe Tafel I a, 3. und 4. Colonne) \quad \text{und}}$$

$$\frac{21}{32} \times \frac{70}{59} \lambda' \text{ (siehe Tafel I b, 3. und 4. Colonne)}$$

sind nämlich Wellenlängen des Wasserspectrums; die Gruppe der Wellenlängen λ' ist daher eine Partialgruppe der Gruppe

(H, *b*), welche dem primären Stoffe „*b*“ in dem chemischen Zustande gehört, in welchem er im Hydrogen vorkommt. Die den λ' rhythmisch entsprechenden Wellenlängen:

$$\frac{46}{41} \lambda' \text{ (Tafel I a, 2. Colonne)} \quad \text{und}$$

$$\frac{70}{59} \lambda' \text{ (Tafel I b, 2 Colonne)}$$

sind beziehlich Wellenlängen der Gruppen (O, O', *b*) und (O, O', O'', *b*) des Oxygenspectrums, welche den entsprechenden Condensationsformen des primären Elementes „*b*“ im Oxygen gehören. Die betreffenden Oxygenstrahlen, sowie die obigen Hydrogenstrahlen λ' (Tafel I, 2. Colonne) sind zumeist äusserst schwach und haben sich desshalb bisher der Beobachtung entzogen. Einige derselben wurden in der neuesten Zeit von Prof. G. D. Liveing in Cambridge in der Oxyhydrogenflamme gesehen. In einer solchen Flamme befinden sich nämlich neben dem durch Verbrennung des Hydrogens gebildeten Wasserdampfe wechselnde Mengen von glühend gewordenem Hydrogen und Oxygen, deren Strahlen sich mit jenen des Wasserdampfes mischen, und namentlich innerhalb des minder brechbaren Theiles des Wasserspectrums bereits in merklicher Weise auf die photographische Platte wirken. So finden sich in den Sectionen des Wasserspectrums von $\lambda = 3063 \cdot 3$ bis $3266 \cdot 3$ und von $3208 \cdot 1$ bis 40981 , welche mir Herr Professor G. D. Liveing unter dem 20. August und 13. September 1887 gütigst mitgetheilt hat, unter andern auch die Strahlen $3832 \cdot 6$, $3810 \cdot 4$, $3467 \cdot 7$ und $4019 \cdot 5$, welche mit den berechneten Oxygenstrahlen $3833 \cdot 1$, $3810 \cdot 7$, $3467 \cdot 2$ der 2. Colonne der Tafel I a und dem Oxygenstrahle $4019 \cdot 5$ der 2. Colonne der Tafel I b identisch sein dürften; sowie die Strahlen $3946 \cdot 7$, $3383 \cdot 3$ und $3090 \cdot 6$, welche mit den berechneten Hydrogenstrahlen $3946 \cdot 5$, $3383 \cdot 2$ und $3090 \cdot 3$ der 2. Colonne der Tafel I innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler übereinstimmen, mithin bisher unbekannte Hydrogenstrahlen sein dürften. Die drei letzteren Strahlen sind noch besonders dadurch merkwürdig, dass sie zugleich auch wirkliche Strahlen des Wasserdampfes sind, wie sich bei der Discussion der folgenden Gruppe der Kohlenstoffstrahlen (Tafel II a, 2. Colonne) ergibt.

Die I. Gruppe der C-Strahlen gehört sonach einer besonderen chemischen Form des primären Stoffes „b“ an, welche durch ihre mathematische Beziehung zu der Condensationsform „H, b“ des im Hydrogen gebundenen Stoffes „b“ vollkommen bestimmt ist. Nach dem Fundamentaltheorem meiner bisherigen Mittheilungen (wenn demselben eine etwas allgemeinere Fassung gegeben wird) verhält sich nämlich das Volumen eines Gewichtsquantumums des primären Stoffes „b“ in dem chemischen Zustande, welcher der I. Strahlengruppe des Kohlenstoffs entspricht, zu dem Volumen, welche dasselbe Gewichtsquantumum des Elementes „b“ im freien Hydrogen erfüllt, wie die entsprechenden Wellenlängen der zugehörigen Strahlengruppen, also wie 5 : 3.

Setzt man die chemische Dichte des Stoffes „b“ im freien Hydrogen = 1, so ist die chemische Dichte der Form von „b“, welche der I. Strahlengruppe des Kohlenstoffes entspricht, = $\frac{5}{3}$.

Endlich ist noch zu bemerken, dass die durch Sternchen (*) ausgezeichneten Strahlen auch der folgenden Gruppe angehören (vergleiche diese), mithin empirische Knoten — oder Verzweigungsstrahlen der beiden ersten Gruppen sind.

Die II. Gruppe der Kohlenstoffstrahlen

(siehe Tafel II a und II b)

$\lambda = *$	6577·5	Ångström und Thalén	} Knotenstrahlen der II. und I. Gruppe,
*	5638·6	„ „ „	
	5379·0	„ „ „	
*	5150·5	„ „ „	} Knotenstrahl der II. und I. Gruppe,
	5144·2	„ „ „	
	5133·0	„ „ „	
	4266·0	„ „ „	
**	3919	Liveing und Dewar,	Knotenstrahl der II. und III. Gruppe

erfüllt die in der Einleitung unter III angeführten, für die Wellenlängen λ des primären Elementes „c“ in demjenigen Zustande, in welchem es im Oxygen vorkommt, charakteristischen Bedingungen; indem für jede Wellenlänge λ dieser Gruppe $\frac{3}{5} \lambda$ und $\frac{5}{8} \lambda$ rhythmisch entsprechende Wellenlängen des Wasserspectrums sind. (Siehe Tafel II a und II b, 2. und 3. Colonne.)

Die vorliegende Gruppe ist somit, gleich der II. Gruppe der Magnesiumstrahlen, eine Partialgruppe jener Totalgruppe des primären Elementes „c“, welche das letztere überhaupt in derjenigen chemischen Condensationsform ausstrahlen kann, in der es im Oxygen und, wie wir wissen, auch im Magnesium vorkommt. Sie kann aus der Totalgruppe durch entsprechende charakteristische Intensitätsbestimmungen der den verschiedenen Wellenlängen zugehörigen Strahlen abgeleitet werden, welche von dem Einflusse der übrigen primären Stoffe herrühren, die in der Kohle mit dem primären Stoffe „c“ chemisch verbunden sind.

(Vergleiche die bei der Discussion der II. Strahlengruppe des Magnesiums gemachten Bemerkungen.)

Die III. Gruppe der Kohlenstoffstrahlen

(siehe Tafel III, III a und III b)

$\lambda = **$	{	3919	Liveing und Dewar	}	Knotenstrahl der III. u. II. Gruppe,		
		3919·5	Hartley und Adeney				
		3881·9	" " "				
		3877	Liveing und Dewar,				
		3875·7	Hartley und Adeney,				
		3870·7	" " "				
		3589·9	" " "				
		3584·8	" " "				
		3583·3	" " "				
		3167·7	" " "				
		2995·0	Liveing und Dewar			}	Knotenstrahlen der III. und IV. Gruppe,
		2993·1	Hartley und Adeney				

gehört als Partialgruppe, gleich der III. Gruppe der Magnesiumstrahlen, der Gruppe (H, b) an, welche alle jene Strahlen in sich begreift, die der primäre Stoff „b“ in demjenigen chemischen Zustande, in welchem er sich im freien Hydrogen befindet, überhaupt ausstrahlen kann. Denn für jedes λ dieser Gruppe sind

$$\frac{4}{5} \lambda, \frac{23}{32} \times \frac{46}{47} \lambda \text{ und } \frac{21}{32} \times \frac{70}{59} \lambda \text{ rhythmisch entsprechende Wel-}$$

lenlängen des Wasserspectrums (siehe Tafel III, III a und III b, 2. und 3. Colonne), welche als solche beziehlich den Gruppen (H_2O , H, b), (H_2O , O, O', b) und (H_2O , O, O', O'', b) angehören.

Im Zusammenhange damit müssen $\frac{46}{41} \lambda$ und $\frac{70}{59} \lambda$, beziehungsweise

Wellenlängen der Gruppen (O, O', b) und (O, O', O'', b) des Oxygens sein, oder vielmehr Wellenlängen, welche, abgesehen von den mitunter verschwindend kleinen Intensitäten der zugehörigen Strahlen, von der primären Substanz „b“ in den beiden Zuständen „O, O', b“ und „O, O', O'', b“, in welchem sie im Oxygen vorkommt, emittirt werden. Die betreffenden Wellenlängen sind in der 2. Colonne der Tafeln IIIa und IIIb zusammengestellt.

Die in Rede stehende Strahlengruppe befriedigt also die unter II in der Einleitung aufgestellten Kriterien, und wird somit von dem primären Elemente „b“ in jenem chemischen Zustande erzeugt, in welchem es im Hydrogen und, wie wir wissen, auch im Magnesium vorkommt. Sie steht durch den Strahl 3919 mit der II., durch die Strahlen 2995 und 2993·1 mit der IV. Gruppe in Verbindung.

Die dritten Gruppen der Magnesium- und der Kohlenstoffstrahlen liefern ein neues Beispiel für die Verschiedenheit der Intensitätsänderungen, welche die Strahlen einer und derselben Condensationsform eines primären Elementes (hier des Elementes „b“) bei gleichbleibenden Wellenlängen in verschiedenen Substanzen durch den in dieser Beziehung massgebenden Einfluss der verschiedenen übrigen Componenten erfahren. Eine Verschiedenheit der Einwirkung, welche den primären Stoff „b“ zwingt innerhalb der Kohle ein (in Folge der eigenthümlichen Intensitätsvertheilung) ganz anderes Spectrum zu emittiren, als innerhalb des Magnesiums oder innerhalb des Hydrogens, obgleich er in ihnen in demselben chemischen Zustande (in derselben Condensationsform) enthalten ist.

Dieser Umstand ist es auch, welcher das Verständniss der Spectren bisher sehr erschwert und die Entzifferung ihrer chemischen Zeichensprache verhindert hat.

Die IV. Gruppe der Kohlenstoffstrahlen

(Tafel IV, IV a und IV b)

$\lambda =$	3166·0 Hartley und Adeney,	
**	{ 2995·0 Liveing und Dewar	} Knotenstrahlen der IV. u. III. Gruppe,
	{ 2993·1 Hartley und Adeney	
	{ 2968·0 Liveing und Dewar,	
	{ 2967·3 Hartley und Adeney,	
	2881·1 Liveing und Dewar,	

$$\lambda = \begin{array}{l} 2837 \cdot 3 \text{ Liveing und Dewar,} \\ \left\{ \begin{array}{l} 2836 \cdot 7 \text{ Hartley und Adeney,} \\ 2836 \cdot 3 \text{ Liveing und Dewar,} \\ 2835 \cdot 9 \text{ Hartley und Adeney,} \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} 2746 \cdot 5 \text{ Liveing und Dewar,} \\ 2746 \cdot 6 \text{ Hartley und Adeney,} \end{array} \right. \\ 2733 \cdot 2 \text{ Liveing und Dewar,} \\ \left\{ \begin{array}{l} 2640 \cdot 0 \text{ Hartley und Adeney,} \\ 2640 \cdot 7 \text{ Liveing und Dewar,} \end{array} \right. \end{array}$$

‡ ‡ (Si) 2523·6 Liveing und Dewar, Knotenstrahl der IV. und V. Gruppe,

besteht aus Strahlen, deren Wellenlängen λ sich — ganz so wie die der entsprechenden IV. Gruppe der Magnesiumstrahlen — fast unmerklich innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler von entsprechenden Wellenlängen des Wasserspectrums unterscheiden. Die Wellenlängen λ derselben gehen, wenn man sie mit $\frac{5}{4}$ multiplicirt, in Wellenlängen $\lambda' = \frac{5}{4} \lambda$ über (Tafel IV, 2. Colonne), welche die in der Einleitung unter II für Wellenlängen der Gruppe (H, *b*) aufgestellten Kriterien erfüllen, wenn dort λ' für λ geschrieben wird, d. h. $\frac{23}{32} \times \frac{46}{41} \lambda'$ und $\frac{21}{32} \times \frac{70}{59} \lambda'$ sind beziehungsweise Wellenlängen der Gruppen (H₂O, O, O', *b*) und (H₂O, O, O', O'', *b*) des Wasserspectrums (Tafeln IV a und IV b, 3. und 4. Colonne), $\frac{46}{41} \lambda'$ und $\frac{70}{59} \lambda'$ Wellenlängen der Gruppen (O, O', *b*) und (O, O', O'', *b*) des Oxygens (Tafeln IV a, IV b, 2. Colonne). Die Wellenlängen λ' bilden also eine Partialgruppe von (H, *b*); mithin bilden die correspondirenden Wellenlängen λ der IV. Strahlengruppe des Kohlenstoffes, ähnlich wie jene der IV. Strahlengruppe des Magnesiums, eine Partialgruppe von (H₂O, H, *b*), welche von dem primären Stoffe „*b*“ in jenem chemischen Zustande erzeugt wird, in welchem er sich auch im Hydrogen innerhalb des Wasserdampfes und unter anderen auch im Magnesium befindet.

Das Volumen eines Gewichtsquantums, der primären Substanz „*b*“ in diesem Zustande verhält sich zu dem Volumen, welches ein gleiches Gewichtsquantum derselben in dem Zustande, wie innerhalb des freien Hydrogens erfüllt, wie 4 : 5, oder mit anderen Worten: „Die chemische Dichte dieser Condensations-

form von „b“ beträgt $\frac{5}{4}$, wenn die chemische Dichte seiner Condensationsform innerhalb des freien Hydrogens = 1 gesetzt wird.“

Die hier betrachtete Gruppe hängt mittelst der Knotenstrahlen 2995 und 2993·1 mit der III. Gruppe, mittelst des C- und Si-Strahles 2523·6 mit der V. Gruppe zusammen. Doch sind mit diesen nicht etwa sämtliche Knotenstrahlen erschöpft, welche diese Gruppe mit den anderen Gruppen verbinden. Dieselben sind vielmehr hier, wie auch sonst an anderen Stellen dieser Abhandlung, nur als Beispiele für die Existenz derartiger Strahlen angeführt worden.

Von ganz besonderem Interesse ist die

V. Gruppe der Kohlenstoffstrahlen

(siehe Tafel V, V a, V b, und V c),

welche die nachstehenden Strahlen umfasst:

C-Strahlen nach Prof. G. D. Liveing und Prof. J. Dewar	Siliciumstrahlen nach Prof. Hartley; ebenfalls C-Strahlen nach Prof. G. D. Liveing und Prof. J. Dewar
$\lambda =$	$\lambda =$
.....	2541·5
.....	2528·2
.....	## 2523·6 } Knotenstrahl der } V. und IV. Gruppe
.....	2518·7
.....	2515·8
.....	2514·0
2511·6	.....
2508·7	.....
.....	2506·6
2478·4	.....
2434·8	.....
2297·4	.....

Diese Gruppe besteht aus zwei Specialgruppen. Die eine, oben in der 1. Colonne links stehende, gehört dem Kohlenstoffe unbestritten an. Die andere, oben in der 2. Colonne angeführte

Siebenstrahlengruppe, wird von den Professoren G. D. Liveing und J. Dewar ebenfalls zum Kohlenspectrum gerechnet, während Professor W. N. Hartley diese Zugehörigkeit bestreitet und die erwähnte Siebenstrahlengruppe einer Verunreinigung der benutzten Kohle (Graphit) durch Spuren von Silicium zuschreibt, da er keine der betreffenden Linien in dem Spectrum zu entdecken vermochte, welches er von einem Stücke sehr reinen Graphits aus Ceylon erhielt. Dagegen tritt die obige oder eine mit ihr innerhalb der Beobachtungsfehler übereinstimmende Gruppe $\lambda = 2541 \cdot 0, 2528 \cdot 1, 2523 \cdot 5, 2518 \cdot 5, 2515 \cdot 5, 2513 \cdot 7, 2506 \cdot 3$ (nebst drei isolirten Strahlen $2881 \cdot 0, 2631 \cdot 4$ und $2435 \cdot 5$) im Spectrum des Siliciums immer auf, gleichviel ob man dasselbe aus Natriumsilicat, Natriumfluorsilicat oder Kieselfluorwasserstoff zwischen Elektroden von Gold oder Kohle erzeugt (siehe W. N. Hartley „Line Spectra of Boron and Silicon“, Proc. Roy. Soc. vol. XXXV, S. 301 oder Chemical News vol. 48, S. 1).

Die Professoren G. D. Liveing und J. Dewar erhielten die fraglichen Linien nicht bloß bei Anwendung von Eisen- und Aluminiumpolen, welche immer mehr oder weniger Silicium enthalten, sondern auch zwischen Polen von sorgfältig gereinigtem Graphit in der Luft, im Kohlensäuregas, **im Hydrogen** und Kohlengas. „Der Graphit war gereinigt worden, indem er in Pulverform in geschmolzenem Kali geschüttelt und hierauf mit Königswasser behandelt worden war, dann längere Zeit in einem Chlorstrome geglüht und schliesslich mit Fluorwasserstoffsäure behandelt wurde.“

„Ungeachtet dieser sorgfältigen Reinigung zeigten die Funkenphotographien zwischen diesen Elektroden sehr deutlich die Linien des Magnesiums und des Eisens.“

Vergleicht man die angeführten Thatsachen miteinander, so kommt man zunächst zu dem Schlusse, „dass die Siebenstrahlengruppe von $\lambda = 2541 \cdot 5$ bis $2506 \cdot 6$ dem Kohlenstoffe entweder gar nicht angehört oder, wenn sie ihm angehört, unter gewöhnlichen Umständen so schwach ist, dass sie sich der Beobachtung entzieht, während sie im Silicium mit einer für das letztere charakteristischen Intensität auftritt“. In dem letzteren Falle müssten der Kohlenstoff und das Silicium einen primären Stoff in derselben Condensationsform enthalten, zu welcher die Siebenstrahlengruppe als Partialgruppe gehört, und die zu dem letzteren

primären Stoffe in dem betreffenden Zustande gehörige Totalgruppe müsste hinsichtlich der Intensitäten ihrer einzelnen Strahlen im Kohlenstoffe anders als im Silicium, und zwar so modificirt werden, dass unter andern die Intensitäten der Siebenstrahlengruppe im Kohlenstoff bis zum Verschwinden abgeschwächt, im Silicium dagegen auf die ihnen im Siliciumspectrum zukommende Stärke gebracht würden. Zugleich müsste im Si die erste Specialgruppe bis zum Erlöschen geschwächt werden.

Diese Alternative wird durch die mathematische Analyse der V. Gruppe zu Gunsten des zweiten Falles entschieden, indem nachgewiesen wird, dass die Wellenlängen beider Specialgruppen in denselben rhythmischen Beziehungen zum Wasserspectrum und zu den Spectren des Hydrogens und Oxygens stehen, und zwar in solchen, welche für eine ganz bestimmte Condensationsform des primären Elementes „b“ charakteristisch sind.

Die Wellenlängen λ beider Specialgruppen werden nämlich durch den Factor $\frac{5}{4}$ auf Wellenlängen $\lambda' = \frac{5}{4} \lambda$ des Wasserspectrums reducirt (Tafel V), von welchen bewiesen werden kann, dass sie der Gruppe (H₂O, H, b) angehören. Denn jede Wellenlänge λ' wird durch abermalige Multiplication mit dem Factor $\frac{5}{4}$ in eine Wellenlänge $\lambda'' = \frac{5}{4} \lambda' = \frac{25}{16} \lambda$ der Gruppe (H, b) [Tafel V a]) transformirt, welche als solche durch die von uns bereits mehrfach benützten, in der Einleitung unter II zusammengestellten Kriterien:

$$\frac{23}{32} \times \frac{46}{41} \text{ (H, b) = (H}_2\text{O, O, O', b) Wasserspectrum,}$$

$$\frac{21}{32} \times \frac{70}{59} \text{ (H, b) = (H}_2\text{O, O, O', O'', b) Wasserspectrum,}$$

$$\frac{46}{41} \text{ (H, b) = (O, O', b) Oxygen,}$$

$$\frac{70}{59} \text{ (H, b) = (O, O', O'', b) Oxygen}$$

erkannt wird (siehe Tafel V b und V c).

Da hienach die Wellenlängen λ sämtlicher Strahlen der V. Gruppe mittelst des Factors $\frac{5}{4}$ auf Wellenlängen λ' des primären Stoffes „b“ in demjenigen Zustande, in welchem er im Hydrogen innerhalb des Wasserdampfes vorkommt, mittelst des Factors $\frac{25}{16} = \left(\frac{5}{4}\right)^2$ auf Wellenlängen $\lambda'' = \frac{25}{16}\lambda$ desselben in jenem Zustande, in welchem er sich im freien Hydrogen befindet, reducirt werden, so folgt aus meinem bekannten Fundamentaltheoreme, „dass ein Gewichtsquantum des primären Stoffes „b“ in dem chemischen Zustande, in welchem er innerhalb des Kohlenstoffes die Strahlengruppe Nr. V aussendet, vier Fünftel des Volumens einnimmt, welches dasselbe Gewichtsquantum im Hydrogen innerhalb des Wasserdampfes einnehmen würde; dagegen nur 16 Fünfundzwanzigstel desjenigen Volumens, welches dieses Gewichtsquantum im freien Hydrogen erfüllen würde.“

Setzt man also die „chemische Dichte“ des primären Stoffes „b“ im freien Hydrogen = 1, so ist die chemische Dichte desselben in der zur Strahlengruppe V gehörigen Condensationsform

$$= \frac{25}{16}.$$

Die gegenwärtige Discussion ist nicht blos desswegen von hohem Interesse, weil viele der berechneten Hydrogen- und Oxygenstrahlen, welche Strahlen der V. Gruppe rhythmisch entsprechen, innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler mit wirklich beobachteten übereinstimmen, sondern auch deshalb, weil sie zu einer überraschenden Bestätigung der Resultate von Rechnungen und Vergleichen führt, welche mich zu der Erkenntniss geführt haben, dass der Heliumstrahl D_3 5874·9 (ungefähr) der primären Substanz „b“ gehört, indem sie auf einem ganz anderen Wege zu dem Hydrogenstrahl 3916·5 hinleitet, welcher dem Heliumstrahl $\frac{2}{3} \times 5874·7 = 3916·5$ entspricht (siehe Tafel Va, 2. Colonne), während ich zu demselben durch die Vergleichung der Huggins'schen Sternspectren mit dem Sonnenspectrum gelangte.

Wenn wir nunmehr alles bisher Gefundene zusammenfassen, erhalten wir ausser einer Menge von neuen, dem Stoffe „b“ angehörigen, meist ausserordentlich schwachen Hydrogen- und Oxygenstrahlen, welche (wie die bei der Discussion des Magnesiumspectrums gewonnenen) wohl nur unter besonderen Bedingungen, wie z. B. durch den Einfluss anderer Substanzen sichtbar gemacht werden dürften, das nachstehende wichtige Theorem.

Theorem.

„Der Kohlenstoff ist (wie das Magnesium) eine zusammengesetzte Substanz, welche bei den uns bis jetzt bekannten chemischen Processen die Rolle eines secundären Elementes oder Radicals spielt. Derselbe enthält auf Grund der mathematischen Analyse der Strahlen des elementaren Linienspectrums ausser dem primären Stoffe „c“ den primären Stoff „b“ in vier verschiedenen chemischen Zuständen, und zwar:

I. Den primären Stoff „b“ in einem besonderen, gegen seinen Zustand im Hydrogen im Verhältnisse 5 : 3 dilatirten chemischen Zustande, in welchem er die Strahlengruppe I emittirt;

II. den primären Stoff „c“ in demselben Zustande wie im Oxygen und im Magnesium, in welchem er hier im Kohlenstoffe die Gruppe II ausstrahlt;

III. den primären Stoff „b“ in demselben Zustande wie im Hydrogen, in welchem er auch im Magnesium vorkommt und in welchem er die III. Gruppe der Kohlenstoffstrahlen erzeugt;

IV. den primären Stoff „b“ in dem Zustande, in welchem er sich im Hydrogen innerhalb des Wasserdampfes befindet und auch im Magnesium vorhanden ist; er ist in diesem Zustande gegen seinen Zustand im freien Hydrogen im Verhältnisse von 4 : 5 condensirt und emittirt die Gruppe IV der Kohlenstoffstrahlen; endlich

V. denselben primären Stoff „b“ in einer besonders stark condensirten Form, in welcher er gegen seinen Zustand im freien Hydrogen im Verhältnisse von $4^2 : 5^2 = 16 : 25$ chemisch verdichtet ist und die Gruppe V der Kohlenstoffstrahlen aussendet.“

Die drei dem Magnesium und dem Kohlenstoffe gemeinsamen, jedoch in denselben in verschiedenen Gewichtsmengen enthaltenen Bestandtheile, nämlich der Stoff „c“ und die zwei

Condensationsformen von „b“, welche auch im freien Hydrogen und im gebundenen Hydrogen des Wasserdampfes vorkommen, erklären die Analogien, welche zwischen den Spectren homologer Verbindungen des Magnesiums und der Kohle mit anderen Substanzen, namentlich mit dem Oxygen und Hydrogen thatsächlich bestehen.

Zum Schlusse sei noch ausdrücklich erwähnt, dass sämtliche bei der Discussion des Magnesium- und Kohlenspectrum gefundenen neuen Hydrogen- und Oxygenstrahlen, sowie die dem Stoffe „c“ gehörigen Magnesium- und Kohlenstoffstrahlen (d. i. deren Wellenlängen) durch Multiplication mit dem Factor $\frac{2}{3}$ in entsprechende Strahlen (Wellenlängen) des Wasserspectrum übergehen, wenigstens soweit dasselbe bekannt ist und zur Vergleichung herangezogen werden kann. Sie haben also, wie es sein muss, die merkwürdige, in der Einleitung unter VI angegebene Eigenschaft aller Hydrogen- und Oxygenstrahlen.

TAFELN
zur
mathematischen Spectralanalyse des Kohlenstoffs.

I. Gruppe der Kohlenstoffstrahlen.

Tafel I.

Kohlenstoff $\lambda =$	Wasserstoff = (H, b) $\lambda' = \frac{3}{5} \lambda$	Wasserdampf = (H ₂ O, H, b) $\frac{4}{5} \lambda' = \frac{12}{25} \lambda =$	Wasserdampf, beobachtet
6583·0	3949·8 ¹	3159·8	{ Huggins: 3159·5 { Liveing: 3160·3
* 6577·5	3946·5 ² neu	3157·2	{ 3157·3 { 3158·0
5694·1	3416·5 ³ neu	2733·2	2732·9
5660·9	3396·5 neu	2717·2	2717·2
5646·5	3387·9 neu	2710·3	2710·5
* 5638·6	3383·2 ² neu	2706·6	{ 2706·2 { 2707·2
* 5150·5	3090·3 ² neu	2472·2	{ 2471·9 { $\frac{H'}{2} = 2472·1$

* Knoten- oder Verzweigungsstrahlen der I. und II. Gruppe.

¹ H. W. Vogel 3950.

² $\left\{ \begin{array}{l} 3946·7 \\ 3383·3 \\ 3090·6 \end{array} \right\}$ G. D. Liveing; Strahlen der Oxyhydrogenflamme.

³ Siehe auch Tafel IV, 3. Colonne.

Tafel I a.

Hydrogen = (H, b) $\lambda' =$	Oxygen = (O, O', b) $\frac{46}{41} \lambda' =$	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O', b) $\frac{23}{41} \times \frac{46}{41} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet
3949·8	4431·5 ¹ neu	3185·1	3185·6
3946·5	4427·7 neu	3182·4	3182·6
3416·5	3833·1 ² neu	2755·0	2754·6
3396·5	3810·7 ² neu	2738·9 neu	$\left. \begin{array}{l} 2737·7 \\ 2740·3 \end{array} \right\}$
3387·9	3801·0 neu	2732·0	2732·1
3383·2	3795·8 neu	2728·2	2728·2
3090·3	3467·2 ² neu	2492·0	2492·3

¹ Vergleiche Tafel V b, 2. Colonne.

² $\left. \begin{array}{l} 3832·6 \\ 3810·4 \\ 3467·7 \end{array} \right\}$ G. D. Liveing. Strahlen der Oxyhydrogenflamme.

Tafel I b.

Hydrogen (H, b) $\lambda' =$	Oxygen = (O, O', O'', b) $\frac{70}{59} \lambda' =$	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O', O'', b) $\frac{21}{32} \times \frac{70}{59} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet
3949·8	4686·3 ¹ neu	3075·3	3075·4
3946·5	4682·3 neu	3072·7	3072·6
3416·5	4053·4 neu	2660·0	2659·6
3396·5	4029·7 neu	2644·5	2644·0
3387·9	4019·5 ² neu	2637·8	2638·4
3383·2	4014·0 neu	2634·3	2634·6
3090·3	3666·4 neu	2406·1	2406·5

¹ Vergleiche Tafel V c, 2. Colonne.

² 4019·5 G. D. Liveing, Strahl der Oxyhydrogenflamme.

II. Gruppe der Kohlenstoffstrahlen.

Tafel II a.

Kohlenstoff $\lambda =$	Wasserdampf = H_2O, O, O', O'' $\frac{3}{5} \lambda =$	Wasserdampf, beobachtet	
* 6577·5	3946·5 ¹	3946·7	
* 5638·6	3383·2 ¹	3383·3	
5379·0	3227·4 ¹	3228 Huggins	
* 5150·5	3090·3 ¹	3090·6	
5144·1	3086·5	3086·7	
5133·0	3079·8	3079·8	
4266·0	2559·6	2559·5	
** 3919	2351·4	2351·5	

* Knoten- oder Verzweigungsstrahlen der I. und II. Gruppe.

** Knotenstrahl der II. und III. Gruppe.

¹ { 3946·5, 3383·2 und 3090·3 sind zugleich Hydrogenstrahlen und H_2O -Strahlen.
Vergleiche die 2. Colonne der Tafel I mit der 2. Colonne der Tafel II a.

Tafel II b.

Kohlenstoff $\lambda =$	Wasserdampf = (H_2O, O, O', O'') $\frac{5}{8} \lambda =$	Wasserdampf, beobachtet	
* 6577·5	4110·9	4110·9 ¹	
* 5638·6	3524·1	3524·1	
5379·0	3361·9	3362·2	
* 5150·5	3219·1	3219·7 ¹	
5144·2	3215·1	{ 3214·4 3215·9	
5133·0	3208·1	3208·1	
4266·0	2666·2	2666·0	
** 3919	2449·4	2449·3	

* Knotenstrahlen der I. und II. Gruppe.

** Knotenstrahl der II. und III. Gruppe.

¹ Strahlen des Luftspectrums von Hartley und Adeney in den Philos. Transact. of the Roy. Society. 1834. Part. I.

III. Gruppe der Kohlenstoffstrahlen.
Tafel III.

Kohlenstoff = (H, b) $\lambda =$	Wasserdampf (H ₂ O, H, b) $\frac{4}{5} \lambda =$	Wasserdampf, beobachtet	
** (3919	3135·2	{ Huggins 3135	$\frac{H'}{2} = 3134·8$
(3919·5 Hartley	3135·6			3136·3
3881·9 ¹	3105·5	3105·3	
3877	3101·6	3101·6	
3875·7	3100·6	3100·6	
3870·7 ¹	3096·6	3096·3	
3589·9	2871·9	2871·9	
3584·8 ¹	2867·8	2867·8	
3583·3	2866·6	2866·0	$\frac{H'}{2} = 2866·6$
3167·7	2534·2	2534·2	
** (2995·0 ²	2396·0	2396·2	
(2993·1 ²	2394·5	2 94·8	

** Knotenstrahl der III. und II Gruppe.

** Knotenstrahl der III. und IV. Gruppe.

¹ Huggins Sternspectra, Philos. Transact. 1880. Part. II. „Arcturus“:
3881, 3870, 3585.

² G. D. Liveing: 2994·8, 2992·9 in der Oxyhydrogenflamme.

Tafel IIIa.

Kohlenstoff = (H, b) $\lambda =$	Oxygen = (O, O' b) $\frac{46}{41} \lambda =$	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O' b) $\frac{23}{32} \times \frac{46}{41} \lambda =$	Wasser- dampf, beobachtet
** { 3919	4396·9	3160·3	3160·3
{ 3919·5 Hartley	4397·5 ¹	3160·7	{ 3129·9
3881·9	4355·3 neu	3130·3	{ 3130·8
3877	4349·9 ²	3126·4	{ 3126·0
3875·7	4348·3 ³	3125·3	{ 3127·3
3870·7	4342·7 neu	3121·3	{ 3124·5
3589·9	4027·7 ⁴ neu	2894·9	{ 3126·0
3584·8	4022·0 neu	2890·7	2895
3583·3	4020·3 neu	2889·5	2890·8
3167·7	3554·0 ⁵ neu	2554·4 neu	{ 2889·2
			{ 2889·8
			$\frac{H'}{2} = 2554·2$
* * { 2995·0	3360·2 ⁶ neu	2415·1	2414·7
{ 2993·1 Hartley	3359·0	2413·6	2414·2

** Knotenstrahl der III. und II. Gruppe.

* * Knotenstrahl der III. und IV. Gruppe.

¹ Plücker 4398.

² Schuster 4349.

³ {Plücker}
 {Salet } 4348.

⁴ Vergleiche Tafel V b, 2. Colonne.

⁵ Vergleiche 3553·4 in Tafel III b, 2. Colonne.

⁶ G. D. Liveing: 3359·7 in der Oxyhydrogenflamme.

Tafel III b.

Kohlenstoff = (H, b) $\lambda =$	Oxygen = (O, O', O'', b) $\frac{70}{59} \lambda =$	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O', O'', b) $\frac{21}{32} \times \frac{70}{59} \lambda =$	Wasser- dampf beobachtet
3919	4649·7¹	3051·3	
{ 3919·5 Hartley	4650·3	3051·7	3051·2
3881·9	4605·6 ²	3022·4	3022·5
3877	4599·8³	3018·6 neu	—
3875·7	4598·3 neu	3017·6	Hugg. 3017
3870·7	4592·3 ⁴	3013·8	3013·6 ⁶
3589·9	4259·2 ⁵ neu	2795·1	2795·5
3584·8	4253·1 neu	2791·1	2791·6
3583·3	4251·4 neu	2789·9	2789·9
3167·7	3758·3 neu	2466·3	2465·8
** { 2995·0	3553·4 ⁶ neu	2331·9	2332·3
{ 2993·1 Hartl.	3552·1 ⁷	2330·4	{ $\frac{H'}{2} = 2330·4$ Liv. 2331·1

** Knotenstrahl der III. und IV. Gruppe.

¹ Schuster 4649·3.

² Schuster 4605·7.

³ Plücker 4600.

⁴ Plücker 4593.

⁵ Vergleiche Tafel V c, 2. Colonne.

⁶ Vergleiche 3554·0 in Tafel III a, 2. Colonne.

⁷ G. D. Liveing: 3552·3 in der Oxyhydrogenflamme.

IV. Gruppe der Kohlenstoffstrahlen.

Tafel IV.

Kohlenstoff = (H ₂ O, H, b) $\lambda =$	Wasserdampf, beobachtet	Hydrogen = (H, b) $\lambda' = \frac{5}{4} \lambda$	G.D. Liveing in der Oxyhydro- genflamme
3166·0	3166·0	3957·5	
** { 2995·0 Liv.	2994·8	3743·8	3744·2
{ 2993·1 Hartl	2992·9	3741·4	
2968·0	2968·0	3710·0	3710·3
2967·3	2967·1	3709·1	
2881·1	2881·1	3601·4	
2837·3	2836·7	3546·6	
{ 2836·3 Liv. }	2835·8	{ 3545·4 }	3544·9
{ 2835·9 Hartl }		{ 3544·9 }	
2746·5	$\left\{ \frac{H'}{2} = 2746·5 \right.$	3433·1	3433·5
	$\left\{ \text{Liv. } 2745·8 \right.$		
2733·2	2732·9	3416·5 ¹	
2640·0	2640·4	3300·0	
‡ { 2523·6 (Si)	$\left\{ \frac{H'}{2} = 2523·6 \right.$	3154·5	3154·0
	$\left\{ \text{Liv. } 2524·2 \right.$		

****** Knotenstrahl der IV. und III. Gruppe

‡ Knotenstrahl der IV. und V. Gruppe.

¹ Siehe Tafel I, 2. Colonne.

Tafel IV a.

Hydrogen = (H, <i>b</i>) $\lambda' = \frac{5}{4} \lambda =$	Oxygen = (O, O', <i>b</i>) $\frac{46}{41} \lambda' =$	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O', <i>b</i>) $\frac{23}{32} \times \frac{46}{41} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet
3957·5	4440·1 neu	3191·3	3191·3
{ 3743·8	4200·4 neu	3019·0	Hugg. 3019·5
{ 3741·4	4197·7 ¹	3017·1	Hugg. 3017
3710·0	4162·4 neu	2991·7	2991·7
3709·1	4161·4 neu	2991·0	2990·5
3601·4	4040·6 neu	2904·2	2903·7
3546·6	3979·1 neu	2860·0	2860·3
{ 3545·4	{ 3977·7	{ 2859·0	2859·4
{ 3544·9	{ neu 3977·2	{ 2858·6	(2857·6)
3433·1	3851·8 neu	2768·5	2768·3
3416·5	3833·1 ² neu	2755·0	2754·6
3300·0	3702·4 ³	2661·1	2660·8
3154·5	3539·2 neu	2543·8 neu	—

¹ 4197·9 im Luftspectrum von Hartley und Adeney.

² G. D. Liveing: 3832·6 in der Oxyhydrogenflamme.

³ 3702 im Luftspectrum von Hartley und Adeney.

Tafel IV b.

Hydrogen = (H, b) $\lambda' = \frac{5}{4} \lambda =$	Oxygen = (O, O', O'', b) $\frac{70}{59} \lambda' =$	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O', O'', b) $\frac{21}{32} \times \frac{70}{59} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet
3957·5	4695·3 ¹	3081·3	3081·0
3743·8	4441·7 neu	2914·8	$\frac{H'}{2} = 2915·3$
3741·4	4438·9 neu	2913·0	2912·9
3710·0	4401·7 ² neu	2888·6	2888·5
3709·1	4400·6 neu	2887·9	2887·5
3601·4	4272·8 neu	2804·0	2804·2
3546·6	4207·8 neu	2761·4	2761·4
3545·4	4206·4 ³ neu	2760·5	$\frac{H'}{2} = 2760·3$
3544·9	4205·8 neu	2760·0	2759·7
3433·1	4073·3 ^{4 5}	2673·1	2673·2
3416·5	4053·5 neu	2660·1	2659·6
3300·0	3915·2 ⁵ neu	2569·3	2569·1
3154·5	3742·6 neu	2456·1	2456·0

¹ 4695·5 Schuster's Oxygenspectrum.² 4402·6? Hartley und Ardeney's Luftspectrum.³ 4206·3 " " " "⁴ 4073 Huggins.⁵ G. D. Liveing: 4073·8, 3914·9 in der Oxyhydrogenflamme.

V. Gruppe der Kohlenstoffstrahlen.

Tafel V.

Kohlenstoff nach Liweing Dewar $\lambda =$	Kohlenstoff nach Liveing- Dewar, Silicium nach Hartley u. Adenay $\lambda =$	Wasserdampf (= (H ₂ O, H, b) $\lambda' = \frac{5}{4} \lambda =$	Wasserdampf, beobachtet:
—	2541·5	3176·9	3177·2
—	2528·2	3160·2	3160·3
—	‡ ‡ 2523·6	3154·5	3154·0
—	2518·7	3148·4	3148·0
—	2515·8	3144·7	3145·1
—	2514·	3142·5	3142·5
2511·6	—	3139·5	3139·4
2508·7	—	3135·9	3136·3
—	2506	3133·2	Hugg. 3133
2478·4	—	3098·0	3098·3
2434·8	—	3043·5	3043·9
2297·4	—	2871·7	{ 2871·9 2871·5

‡ ‡ Knotenstrahl der V. Gruppe, und zwar speciell der Silicium-
gruppe, mit der IV. Gruppe.

Tafel V a.

Kohlenstoff nach Liveing- Dewar $\lambda =$	Hydrogen = (H, <i>b</i>) $\frac{25}{16} \lambda = \frac{5}{4} \lambda' = \lambda'' =$	Hydrogen = (H <i>b</i>), beobachtet von H. W. Vogel	Sonnen- spectrum nach Cornu, ultravioletter Theil
(Si) 2541·5	3971·1	—	—
(Si) 2528·2	3950·2	3950	3950
* (Si) 2523·6	3943·1	—	3942·9
(Si) 2518·7	3935·5	—	3935·3
(Si) 2515·8	3930·9	—	{ Mehrere Linien von 3929·8 bis 3933
(Si) 2514·0	3928·1	3928	3928·1
2511·6	3924·4	3924	{ 3924·3 3924
2508·7	3919·9	—	3920 Fe
(Si) 2506·6	3916·5 ¹	—	{ 3916·3 3916·7
2478·4	3872·5	3872	{ Mehrere Linien von 3872·8 bis 3871·5
2434·8	3804·4	—	3804
2297·4	3589·6	—	3589·6

¹ Entspricht dem Heliumstrahle D₃.

Tafel Vb.

Hydrogen = (H, <i>b</i>) $\lambda'' =$	Oxygen = (O, O', <i>b</i>) $\frac{46}{41} \lambda'' =$	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O', <i>b</i>) $\frac{23}{32} \times \frac{46}{41} \lambda'' =$	Wasserdampf, beobachtet
3971·1	4455·4 ¹	3202·3	3201·9
3950·2	4431·9 ² neu	3185·5	3185·6
3943·1	4424·0 neu	3179·7	3179·6
3935·5	4415·4 ³	3173·5	3172·8
3930·9	4410·3 neu	3169·8	3169·1
3928·1	4407·1 neu	3167·6	Hugg. 3167
3924·4	4403·0 neu	3164·7	3163·9
3919·9	4397·9 ⁴	3161·0	3161·5
3916·5	4394·1 neu	3158·3	3158·0
3872·5	4344·8 ⁵	3122·8	{ 3122·2 3123·5
3804·4	4268·4 neu	3067·9	3068·2
3589·6	4027·3 ⁶ neu	2894·6	2895·0

¹ Salet 4455.

² Vergleiche Tafel Ia, 2. Colonne.

³ Schuster 4414·5.

⁴ Plücker 4398.

⁵ Schuster 4345.

⁶ Vergleiche Tafel IIIa, 2. Colonne.

Tafel V c.

Hydrogen = (H, b) $\lambda =$	Oxygen = (O, O', O'', b) $\frac{70}{59} \lambda'' =$	Wasserdampf = (H ₂ O, O, O', O'', b) $\frac{21}{32} \times \frac{70}{59} \lambda'' =$	Wasserdampf, beobachtet
3971·1	4711·5 ¹	3091·9	3092·0
3950·2	4686·7 ² neu	3075·6	3075·4
3943·1	4678·3 neu	3070·1	3070·0
3935·5	4669·2 neu	3064·2	3063·9
3930·9	4663·8 neu	3060·6	$\frac{H'}{2} = 3060·5$
3928·1	4660·4 ³	3058·4 neu	$\frac{H'}{2} = 3059·2$
3924·4	4656·0	3055·5	3055·9
3919·9	4650·8	3052·1	3052·7
3916·5	4646·6 ⁴	3049·3 neu	$\frac{H'}{2} = 3048·8$
3872·5	4594·5 ⁵	3015·1	$\frac{H'}{2} = 3015·5$
3804·4	4513·7 ⁶	2962·1	2962·1
3589·6	4258·9 ⁷ neu	2794·9	$\frac{H'}{2} = 2795·1$ (Liv. 2795·5)

¹ { Plücker 4711, }
{ Salet 4712. }

² Vergleiche Tafel Ib, 2. Colonne.

³ Schuster 4660·7.

⁴ 4647·2 im Luftspectrum von Hartley und Adeney.

⁵ Schuster: 4595·1.

⁶ 4513·7 im Luftspectrum von Hartley und Adeney.

⁷ Vergleiche Tafel IIIb, 2. Colonne.