

Spectralanalyse des Kadmiums

von

Dr. Anton Grünwald,

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

(Vorgelegt in der Sitzung am 11. October 1888.)

Einleitung.

I.

Professor W. N. Hartley in Dublin machte mich als ich ihm meine Spectralanalyse des Magnesiums und Kohlenstoffs mittheilte, auf die nahe Verwandtschaft des Zinks und des Kadmiums mit dem Magnesium aufmerksam, welche auf eine ähnliche Zusammensetzung dieser Elemente hinweist und empfahl mir deren spectralanalytische Untersuchung, da zu erwarten stehe, dass sich meine auf das Magnesium bezüglichen Rechnungen mit Leichtigkeit auf das Zink und das Kadmium würden ausdehnen lassen. Ich entschloss mich auf diese Anregung hin, die Spectra der genannten Elemente zu untersuchen und nahm gerade das complicirtere Spectrum des Kadmiums zuerst in Angriff, indem ich mich von der Erwägung leiten liess, dass die Spectralanalyse des Zinks wohl keine besonderen Schwierigkeiten mehr bieten dürfte, wenn es nur einmal gelänge, die nahe Verwandtschaft des Kadmiums mit dem Magnesium spectralanalytisch nachzuweisen, da das Zink in der Mendelejeff'schen Tafel der Elemente gerade in der Mitte zwischen dem Magnesium und dem Kadmium steht.

Meine Untersuchungen wurden von einem Erfolg gekrönt, den ich beim Beginn derselben nicht hatte hoffen, ja auch nur ahnen können. Nicht blos die Analyse des Kadmiums und später jene des Zinks gelang mir in verhältnissmässig sehr kurzer Zeit,

sondern die Resultate dieser führten mich auch noch im Wege der Induction zu einer höchst wichtigen Beziehung zwischen der Structur der bisherigen Elemente und ihrer Stellung in der Mendelejeff'schen Tafel.

Die Analyse des Kadmiums und des Zinks ergab nämlich zunächst, dass diese Substanzen, wenigstens soweit aus ihren gegenwärtig bekannten Spectren geschlossen werden kann, nur aus Condensationsformen der primären Elemente „a“, „b“ und „c“ bestehen, welche ich zuerst im Hydrogen (Volumformel $H = ba_4$) und im Oxygen (Volumformeln $O = H'.O'$, $O' = b_4O''_5$, $O'' = b_4c_5$; $O = H'.[b_4.(b_4c_5)_5]$) und später auch im Magnesium und im Kohlenstoff gefunden hatte. Unter den verschiedenen Condensationsformen, in welchen die primäre Substanz „b“ im Kadmium und im Zink vorkommen, gibt es nun beziehlich eine, in welcher die Substanz „b“ in dem betreffenden Elemente am stärksten condensirt erscheint. Diese stärkste Condensationsform ist im Kadmium diejenige, in welcher das primäre Element „b“ $\frac{7}{6}$ -mal so stark condensirt ist, als in dem chemischen Zustande „H₂O, H, b“, in welchem es sich in dem gebundenen Hydrogen des Wasserdampfes befindet, während die stärkste Condensation von „b“ innerhalb des Zinks das $\frac{5}{4}$ -fache seiner Condensation im Hydrogen des Wasserdampfes beträgt. Da nun das Zink der 5., das Kadmium der 7. Reihe der Mendelejeff'schen Tafel (jedoch derselben Gruppe wie das Magnesium, nämlich der II.) angehört, so lag die Vermuthung nahe, dass die Elemente der n ten Reihe der Mendelejeff'schen Tafel (wahrscheinlich mit Ausnahme der sogenannten typischen Elemente der 1. und 2. Reihe) das primäre Element „b“ in einer Condensationsform (wahrscheinlich der relativ stärksten unter mehreren innerhalb des betreffenden secundären Elementes) enthalten dürften, in welcher „b“ $\frac{n}{n-1}$ -mal so stark condensirt wäre, als innerhalb des im Wasserdampfe gebundenen Hydrogens.

War dieser Inductionsschluss richtig, so mussten sich namentlich unter den am stärksten gebrochenen Strahlen der betreffenden Elemente der n ten Reihe (wenigstens für $n > 2$, und falls überhaupt hinreichend stark gebrochene Strahlen in den bekannten

Spectren vorkommen) solche vorfinden, deren Wellenlängen λ sich durch Multiplication mit $\frac{n}{n-1}$ in Wellenlängen $\frac{n}{n-1} \lambda$ des Wasserspectrums verwandeln lassen.

Die letzteren müssten von dem im gebundenen Hydrogen des Wasserdampfes vorkommenden primären Elemente „b“ herühren, also der von mir mit dem Symbole ($\text{H}_2\text{O}, \text{H}, b$) bezeichneten sehr ausgedehnten Gruppe von Wellenlängen des Wasserspectrums angehören.

Dieser Inductionsschluss wurde nun in glänzender Weise bei einer grossen Anzahl von Elementen, und zwar bei den Elementen Al, Si der 3. Reihe ($n=3$), dem Elemente Fe der 4. Reihe ($n=4$) den Elementen Cu, Zn, As der 5. Reihe ($n=5$) dem Sr ($n=6$), den Elementen Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te der 7. Reihe ($n=7$), dem Ba ($n=8$) und den Elementen Au, Hg, Tl, Pb, Bi der 11. Reihe ($n=11$) **bestätigt** gefunden. Für die übrigen Elemente sind zur Zeit noch nicht Strahlen hinreichend hoher Brechbarkeit bestimmt worden, mit Ausnahme jener des Ni, Co und einiger anderen, welche von den Professoren G. D. Liveing und J. Dewar, W. N. Hartley und W. E. Adeney in der neuesten Zeit beobachtet, mir aber bis jetzt nicht bekannt geworden sind.

Nach dem von mir entdeckten Inductionsgesetze muss das der 3. Reihe angehörige Magnesium ausser den bekannten von mir analysirten Strahlen noch eine **zur Zeit unbekannte** Gruppe von Strahlen höchster Brechbarkeit besitzen, deren Wellenlängen λ kleiner als 2605 und so beschaffen sind, dass sie sich durch Multiplication mit $\frac{3}{2}$ ($\frac{n}{n-1}$ für $n=3$) in eine entsprechende Gruppe von Wellenlängen des Wasserspectrums (eine bestimmte Partialgruppe der grossen Gruppe [$\text{H}_2\text{O}, \text{H}, b$]) verwandeln lassen.

Analoges gilt von den übrigen Elementen der 3. Reihe Na, Al, Si, **P, S, Cl**; die Elemente der 4. Reihe ($n=4$) K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni müssen je eine Gruppe von sehr brechbaren Strahlen besitzen, deren Wellenlängen mit $\frac{4}{3}$ ($\frac{n}{n-1}$ für $n=4$) multiplicirt in Wellenlängen des Wasserspectrums übergehen und verschiedene Partialgruppen der oben erwähnten Gruppe ($\text{H}_2\text{O}, \text{H}, b$) bilden, u. s. f.

Correspondirende Gruppen von Wellenlängen, welche verschiedenen Elementen innerhalb einer und derselben Mendelejeff'schen Gruppe angehören, stehen, wie ich weiter gefunden habe, zu je dreien in sehr bemerkenswerthen Beziehungen zu den Atomgewichten der betreffenden Elemente.

Die ausführliche Darstellung dieser Verhältnisse ist einer besonderen späteren Publication vorbehalten, welche auch die sehr umfangreichen zugehörigen Tabellen bringen wird. Ich hoffe, dass bis dahin die von mir auf Grund des obigen Inductionsgesetzes gemachten Vorhersagungen wenigstens theilweise ihre experimentelle Bestätigung finden werden, und dass ich so in die Lage gesetzt werde, die Induction durch Einbeziehung neuer Elemente zu vervollständigen.

II.

Aber noch in einer zweiten, kaum minder wichtigen Richtung ist die Analyse des Kadmiums und insbesondere jene des Zinks, sowie die Vergleichung ihrer Spectren für mich von grosser Bedeutung, zum Ausgangspunkt einer neuen Untersuchung geworden. Sie bestärkte mich nämlich in einer Vermuthung, die ich schon lange gehegt hatte, in der Vermuthung nämlich, dass das primäre Element „c“ des Oxygens, welches ich auch im Mg und C neben dem primären Elemente „b“ vorgefunden hatte, nichts anderes sein dürfte, als eine bestimmte Condensationsform des primären Elementes „a“ des Hydrogens $H = ba_4$.

Der elektropositive Charakter der Elemente der ersten Gruppe der Mendelejeff'schen Tafel, ihre chemische Verwandtschaft mit dem Hydrogen $H = ba_4$ (dem ersten Gliede dieser Gruppe) und mit dem Radicale Ammonium NH_4 liessen es mir wahrscheinlich erscheinen, dass Condensationsformen des Elementes „a“ neben solchen des Elementes „b“ an dem Aufbaue der Elemente der I. Gruppe in hervorragender Weise betheiligt sein dürften, und zwar in der Art, dass diese Elemente als ammoniumartige Verbindungen von Radicalen (einem fünfwerthigen und vier einwerthigen) anzusehen wären, welche ihrerseits aus primären Elementen, insbesondere aus „a“ und „b“ beständen.

Die nahen Beziehungen, welche nach dem oben erwähnten Inductionsgesetze zwischen dem primären Elemente „b“ und den am stärksten brechbaren Strahlen der secundären Elemente bestehen, in Verbindung mit dem zwischen den primären Elementen „a“ und „b“ nothwendig herrschenden Gegensatze, machten es mir ferner wahrscheinlich, dass auch zwischen dem Elemente „a“ und den **am wenigsten** brechbaren Strahlen der secundären Elemente nahe Beziehungen obwalten dürften, welche sich allerdings nur bei genauerer Kenntniss der infrarother Theile ihrer Spectra genauer würden nachweisen lassen.

Beide Erwägungen zusammengenommen veranlassten mich die am wenigsten brechbaren, zur Zeit bekannten Strahlen der Elemente Li, Na, K etc. auf ihre Zugehörigkeit oder Nichtzugehörigkeit zu Condensationsformen der primären Substanz „a“ und zugleich daraufhin zu prüfen, ob sie nicht auch gleichzeitig zu gewissen Condensationsformen des primären Elementes „c“ gehören.

Wäre beides der Fall, so würde sich der Reductionsfactor, durch welchen sich die Wellenlängen des primären Elementes „c“ im O, Mg, C etc. in entsprechende Wellenlängen des primären Elementes „a“ in einer bestimmten Condensationsform des letzteren (z. B. in jener innerhalb des freien Hydrogens) transformiren liessen, leicht ermitteln lassen.

Der Erfolg rechtfertigte und bestätigte diese Muthmassung. Die rothen, von Kirchhoff, Mascart, Huggins, Lecoq, Liveing und Dewar, Roscoe und Schuster beobachteten Strahlen des Kaliums gehören z. B. meistentheils einer Gruppe an, deren Wellenlängen gleichzeitig einer Condensationsform des primären Elementes „c“ und einer anderen Condensationsform des primären Elementes „a“ angehören und so die Existenz einer rationalen Beziehung zwischen den beiden letzteren Condensationsformen beweisen.

„Das primäre Element „c“ des Oxygens, des Magnesiums, des Kohlenstoffs etc. ist also in der That nichts Anderes als eine bestimmte Condensationsform des primären Elementes „a“ des Hydrogens $H = ba_4$.“

Ich habe nun in allen, von mir bis jetzt eingehend untersuchten secundären Elementen O, Mg, C, Cd und Zn ausser den

primären Elementen des Hydrogens, „a“ und „b“, nur noch das primäre Element „c“ in verschiedenen Condensationsformen vorgefunden. Nachdem aber „c“ bloß eine bestimmte Condensationsform von „a“ ist, so folgt, dass die genannten secundären Elemente nur aus Condensationsformen von **zwei** primären Elementen, den Urbestandtheilen des Hydrogens „a“ und „b“ bestehen.

Dieses Ergebniss legt uns aber den Inductionsschluss sehr nahe, dass am Ende wohl gar auch alle übrigen bekannten und noch unbekannten secundären Elemente der Mendelejeff'schen Tafel nur aus Reihen von Condensationsformen der beiden primären Substanzen „a“ und „b“ des Hydrogens aufgebaut, somit in letzter Instanz bloß mehr oder weniger complicirte chemische Verbindungen der letzteren sind.

Bewährt sich dieser Inductionsschluss, so tritt an die Stelle der Prout'schen Hypothese (*Annals of Philosophy* by Th. Thomson, 1815, 6, 321) das nachstehende Gesetz:

„Die Atomgewichte aller secundären Elemente der Mendelejeff'schen Tafel sind aus den Atomgewichten der beiden Urbestandtheile des Hydrogens „a“ und „b“ mittelst ganzer Zahlen ableitbar; indem das Atomgewicht eines secundären Elementes, welches in letzter Instanz aus α Atomen „a“ und β Atomen „b“ besteht, durch den Ausdruck $\alpha a + \beta b$ dargestellt werden kann.“

Zugleich eröffnet sich mit dem Obigen eine grossartige Perspective und erscheint, wenn auch in unermesslicher Ferne, so doch in bestimmten Umrissen, ein hochbedeutsames Ziel für die experimentelle und theoretische spectralanalytische Forschung, oder vielmehr für das Zusammenwirken der Physik, Chemie und Astrophysik.

Auch die ausführliche Darlegung dieser hier kurz skizzirten Beziehungen behalte ich mir für eine spätere Publication vor.

III.

Ich habe bei meinen Spectralanalysen für eine und dieselbe besondere Condensationsform eines primären Elementes in verschiedenen secundären Elementen (z. B. für die Condensationsform „(H, b)“ von „b“ im H, Mg, C...) verschiedene Specialgruppen von Wellenlängen gefunden, welche in denselben rhythmischen Beziehungen zu anderen Vergleichsspectren, nament-

lich zu jenen des Wasserdampfes stehen, sonst aber fast nichts mit einander gemein haben.

Da diese verschiedenen Specialgruppen einer und derselben Condensationsform einer primären Substanz für die Vergleichung der Spectra verschiedener Stoffe von grosser Wichtigkeit sind, möge es mir hier gestattet sein, ihre Bedeutung auf eine, wie ich glaube, sehr anschauliche Weise zu erläutern.

Wenn ein Element in einer bestimmten Condensationsform, z. B. das primäre Element „b“ in dem chemischen Zustande „(H, b)“, wie innerhalb des freien Hydrogens, in zwei verschiedenen Stoffen in dem nämlichen chemischen Zustande vorkommt, so ist doch der physikalische Zustand desselben in den verschiedenen Stoffen keineswegs derselbe. Seine verschiedenen physikalischen Zustände in den verschiedenen Stoffen können sehr zutreffend mit den verschiedenen physikalischen Zuständen (Modificationen) verglichen werden, in welche eine Platte eines und desselben Metalles versetzt werden kann, wenn sie in verschiedene Formen gebracht, verschieden gehalten und auf verschiedene Art gestrichen oder geschlagen wird. Wie Platten aus demselben Stoffe durch derartige verschiedene Behandlungsweisen in verschiedene Schwingungssysteme mit verschiedenen Knotensystemen, also bei gleichbleibender chemischer Beschaffenheit in verschiedene physikalische Modificationen gebracht werden können, so kann eine und dieselbe Condensationsform eines chemischen Elementes, wenn sie in zwei verschiedenen Körpern mit verschiedenen anderen Elementen verbunden ist und in Folge dessen von verschiedenen, durch letztere erregten Wellensystemen des umgebenden Äthers bestrichen, von den Atomen oder Molekülen der anderen Componenten verschieden gestossen wird, in verschiedene, dieser Condensationsform eigenthümliche Schwingungssysteme versetzt werden, welche wieder im Wege der Reaction dem umgebenden Äther durch Übertragung aufgeprägt und durch diesen zu unserer Kenntniss gebracht werden.

Ich nenne die Gesammtheit aller Vibrationen, welche ein Element im gasförmigen Zustande und in derselben chemischen Condensationsform, jedoch unter verschiedenen physikalischen Umständen annehmen kann, „den zu dieser Condensationsform

gehörigen Schwingungscomplex“, und die Gesamtheit der dadurch im Äther erregbaren Wellenzüge „den zu ihr gehörigen Strahlencomplex“. Diese Zusammenfassung aller einzelnen, zu einer bestimmten Condensationsform eines gasförmigen Elementes gehörigen Specialgruppen zu einem Complexe ist jedoch nur eine begriffliche; es muss daher bei dieser Vorstellungsweise wohl beachtet werden, dass die erwähnte Condensationsform die sämtlichen Schwingungen des ideell zu ihr gehörigen Complexes nicht gleichzeitig ausführen kann, indem und insoferne als die verschiedenen physikalischen Umstände, welche das Auftreten der verschiedenen im Complexe enthaltenen Specialgruppen bedingen, nicht oder doch nur theilweise und unter besonderen Bedingungen gleichzeitig bestehen können.

Durch das oben Gesagte ist der gegenwärtige Stand meiner spectralanalytischen Untersuchungen, was die Anwendung meiner Theorie auf die Discussion der Spectra betrifft, hinreichend charakterisirt.

Die vorliegende Abhandlung über das Kadmium bildet ein sehr bemerkenswerthes Glied in der Kette der Publicationen, welche meine diesbezüglichen Ergebnisse zur Kenntniss der sich dafür interessirenden Fachkreise bringen sollen und enthält im Wesentlichen nur eine weitere, wenn auch sehr instructive Anwendung der Kriterien für die primären Elemente, welche ich in meiner vorjährigen, in diesen Berichten erschienenen Schrift: „Mathematische Spectralanalyse des Magnesiums und der Kohle“, S. 2 bis 5 übersichtlich zusammengestellt habe, und auf welche ich hiermit verweise.

Die in dieser sowie in allen meinen übrigen Abhandlungen ohne Angabe der Scala angeführten Wellenlängen beziehen sich auf die Angström'sche Scala, deren systemmässige Beziehungen zur Rowland'schen und Müller- und Kempf'schen Scala leicht aus den entsprechenden Angaben für die Werthe der Wellenlängen der Linien E_1 und E_2 des Sonnenspectrums abgeleitet werden können.

Nach Angström (*Recherches sur le spectre solaire; spectre normal du Soleil*, Upsala 1868), Henry A. Rowland (*On the relative wavelength of the lines of the solar-spectrum*, *Philosophical Magazine*, Vol. 23, 1887) und Müller und Kempf

(Publicationen des astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam, 1886) sind die Wellenlängen der beiden Frauenhofer'schen Linien E_1 , E_2 :

⊙	Angström's Scala	Rowland's Scala	Müller's und Kempf's Scala
E_1	5269·59	5270·43	5270·53
E_2	5268·67	5269·65	5269·80

Aus diesen Daten ergibt sich

$$\left. \begin{array}{l} \text{für } E_1: 5270·43 : 5269·59 = 1·00016 \\ \text{für } E_2: 5269·65 : 5268·67 = 1·00018 \end{array} \right\}$$

mithin im Mittel

$$\frac{1·00016 + 1·00018}{2} = 1·00017 = 1 \frac{1}{6000}$$

als systemmässiger Reductionsfactor zur Verwandlung der Angaben der Angström'schen in solche der Rowland'schen Scala, und $1 - 0·00017 = 1 - \frac{1}{6000}$ als Reductionsfactor für die Umsetzung der letzteren in die ersteren.

Ferner ergibt sich

$$\left. \begin{array}{l} \text{für } E_1: 5270·53 : 5269·59 = 1·00018 \\ \text{für } E_2: 5269·80 : 5268·67 = 1·00022 \end{array} \right\}$$

also im Mittel $\frac{1·00018 + 1·00022}{2} = 1·00020$ als systemmässiger

Reductionsfactor zur Verwandlung der Angaben der Angström'schen in entsprechende der Müller-Kempf'schen Scala, und umgekehrt $1 - 0·00020$ als Reductionsfactor für die Umsetzung der letzteren in erstere. Hiernach werden die systematischen Beziehungen der drei Scalen mit einer für unsere Zwecke hinreichenden Genauigkeit durch die Gleichungen:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda(R) = \lambda(A) + \frac{1}{6000} \lambda(A); \lambda(A) = \lambda(R) - \frac{1}{6000} \lambda(R) \\ \lambda(M.K) = \lambda(A) + 0.00020 \lambda(A); \lambda(A) = \lambda(M.K) - 0.00020 \lambda(M.K) \\ \lambda(M.K) = \lambda(R) + 0.00003 \lambda(R); \lambda(R) = \lambda(M.K) - 0.00003 \lambda(M.K) \end{array} \right.$$

ausgedrückt, in welchen $\lambda(A)$, $\lambda(R)$, $\lambda(M.K)$, beziehungsweise die Wellenlängen eines und desselben Strahles nach der Angström'schen, der Rowland'schen und der Müller-Kempfschen Scala bedeuten.

Die Symbole, welche zur Bezeichnung der verschiedenen Condensationsformen der primären Elemente innerhalb des Hydrogens, Oxygens und des Wasserdampfes (auf welche wir die übrigen Condensationsformen derselben beziehen) dienen, sind hier dieselben wie in meiner Schrift über das Magnesium und den Kohlenstoff. So stellt beispielsweise das Symbol „(O, O', O'', b)“ mit Bezugnahme auf die Volumformeln des Oxygens:

$$O = H'.O', O' = b_4 O''_5, O'' = b_4 c_5$$

das primäre Element „b“ in dem chemischen Zustande vor, in welchem es sich als Componente der Substanz $O'' = b_4 c_5$ mit dieser in der Substanz $O' = b_4 O''_5$, und mit der letzteren innerhalb des Oxygens $O = H'.O'$ befindet, während das Symbol (O, O', O'', b) die zu der genannten Condensationsform von „b“ gehörige Gruppe von Wellenlängen bezeichnet.

Da es sehr wahrscheinlich ist, dass sich manche der Wellenlängen, welche bei der Spectralanalyse des Kadmiums durch Rechnung erhalten werden, und welche zu Condensationsformen der primären Elemente innerhalb des Hydrogens oder des Oxygens gehören, in gewissen Spectren vorfinden dürften, so ist es zweckmässig und nützlich, dieselben mit den Wellenlängen der letzteren zu vergleichen. So empfiehlt sich z. B. die Vergleichung der berechneten Wellenlängen der Condensationsform „(H, b)“ des primären Elementes „b“ mit dem Sonnenspectrum, den Stern-

spectren (namentlich den Spectren weisser Sterne) und dem Spectrum der Hydroxygenflamme; so die Vergleichung der für die Condensationsformen: „(O, O', b)“, „(O, O', O'', b)“, „(O, O', O'', c)“ etc. durch Rechnung gewonnenen Wellenlängen mit jenen des Oxygens, des Luftspectrums, des Spectrums der Hydroxygenflamme etc. Denn die Sonne und die selbstleuchtenden, namentlich die weissen Sterne enthalten in ihren äusseren Atmosphären ungeheure Massen glühenden Hydrogens, senden somit gewiss die meisten Strahlen der im Hydrogen vorkommenden Condensationsformen der primären Elemente „a“ und „b“ aus. Die Oxyhydrogenflamme enthält, wenigstens unter ihren minder brechbaren Strahlen für $\lambda > 3300$ gar manche Strahlen des Hydrogens und des Oxygens neben der Hauptmasse der Strahlen des Wasserdampfes, wenn dieselben auch von sehr geringer mit der Zunahme der Brechbarkeit im Allgemeinen rasch abnehmender Intensität sind. Es können sich somit unter den Strahlen dieser Flamme, wie schon die Spectralanalyse des Magnesiums und der Kohle zum mindesten sehr wahrscheinlich gemacht hat, manche als solche noch unerkannte, mit den berechneten übereinstimmende Strahlen des Hydrogens und des Oxygens befinden, welche zu bestimmten Condensationsformen der primären Elemente innerhalb der letzteren gehören, etc.

Ich habe daher auch hier, wie in meiner Schrift über das Magnesium etc., die oben angedeuteten Vergleichen wirklich vorgenommen und ihre Ergebnisse in den Tabellen der Abhandlung ersichtlich gemacht.

Die Linien des vorzugsweise als Vergleichsspectrum benützten Wasserspectrums (oder vielmehr des Spectrums der Hydroxygenflamme, welches das letztere neben manchen äusserst schwachen Hydrogen- und Oxygenlinien als Hauptbestandtheil enthält) wurden theils den Beobachtungen von W. Huggins (Proceedings of the Royal Society of London 1880, „On the spectrum of the Hydrogen-flame“), theils dem „Report of the British Association for the advancement of science“ 1886, pag. 169 bis 171, vor Allem aber den gütigen brieflichen Mittheilungen des Herrn Professors G. D. Liveing in Cambridge entnommen. Während ich bei der Ausarbeitung meiner Schrift über das

Magnesium und die Kohle nur auf die bis zum 13. September 1887 reichenden Mittheilungen über die Wellenlängen der Hydroxygenflamme angewiesen war, wurde ich durch die briefliche Mittheilung vom 24. Jänner 1888 in die angenehme Lage gesetzt, auch die neuesten Messungen der Herren Professoren G. D. Liveing und T. Dewar, durch welche die früheren theilweise verbessert und erweitert wurden, noch vor ihrer Veröffentlichung in den *Philosophical Transactions*, London 1888, pag. 27—42 („On the spectrum of the oxy-hydrogen-flame“) benützen zu können. Ich habe übrigens auch hier bei der Vergleichung der Wellenlängen der berechneten mit jenen der beobachteten Strahlen des Wasserdampfes in einzelnen Fällen, wo die betreffenden Strahlen so schwach sind, dass sie nicht mehr auf die photographische Platte wirken, die sehr reichhaltige, dem II. oder sogenannten zusammengesetzten Linienspectrum des Hydrogens (dem H' -Spectrum, wie ich es kurz nenne) entsprechende Gruppe des Wasserspectrums zur Vergleichung herangezogen. Die Wellenlängen derselben sind bekanntlich (siehe meine Mittheilungen über das Wasserspectrum, das Hydrogen- und Oxygenspectrum in diesen Berichten und in der Nr. 2797 der „Astronomischen Nachrichten“ 1887, eventuell die demnächst erscheinenden ausführlichen Mittheilungen) die Hälften der correspondirenden Wellenlängen des H' -Spectrums, welche namentlich von Dr. B. Hasselberg in Pulkova in den Jahren 1882, insbesondere aber 1883 und 1884 mit mustergiltiger Genauigkeit und Sorgfalt gemessen worden sind. Siehe:

Mém. de l'acad. St. Pétersburg, „Untersuchungen über das II. Spectrum des Wasserstoffes“, (1. Abhandlung 1882), **2. Abhandlung** 1883 und „Zusatz zu den Untersuchungen etc.“ 1884

Sie sind in den Tafeln durch das Symbol: $\frac{H'}{2}$ angedeutet.

Endlich sei noch bemerkt, dass die brechbarste Section des Wasserspectrums von $\lambda = 2448\cdot4$ bis $2268\cdot0$, so wie die am wenigsten brechbare Section desselben von $\lambda = 3673\cdot3$ bis $4265\cdot0$ so schwach sind, dass die Professoren Liveing und Dewar die photographische Platte fünf, sage fünf Stunden lang exponiren mussten, um die betreffenden Linien messen und mehrere der von mir vorhergesagten Linien nachweisen zu können.

Die Beobachtungsfehler dieser Messungen sind daher auch grösser als die der übrigen, welche zumeist höchstens 0·2 bis 0·3 betragen dürften. Diese Umstände erklären das Auftreten einiger Lücken bei den einzelnen Kriterien entsprechenden Vergleichen, welche durch zu schwache, nicht mehr messbare Strahlen verursacht werden, deren Existenz übrigens durch die gleichzeitige Befriedigung anderer Kriterien sichergestellt ist.

Spectralanalyse des Kadmiums.

Die Linien, beziehungsweise die Strahlen des Kadmiumspectrum lassen sich in sechs Gruppen eintheilen, deren Wellenlängen ähnlich wie jene des Magnesiums und des Kohlenstoffes durch ihre rhythmischen Beziehungen zu den Wellenlängen des **Wasserdampfes**, und in mehreren Fällen auch zu jenen des **Hydrogens** und des **Oxygens** charakterisirt werden können.

Die I. Gruppe der Kadmiumstrahlen

ist:

- $\lambda =$ **6742** Kirchhoff, }
 6740 Huggins }
 6726·5 Kirchhoff, Wahrscheinlicher Werth. Siehe Anmerkung ¹.
 { **6468** Kirchhoff,
 { (6466? breit, Thalén; scheint um fast zwei Einheiten zu klein zu sein).
 { **6462** Huggins,
 *) **6056·5** Thalén,
 *) **5958** Huggins.

Anmerkung ¹. Kayser in seinem Lehrbuche Spectralanalyse (1883), Seite 254 gibt für diesen Strahl: $\lambda = 6726$, British Association Report 1884 (pag. 368) dagegen: $\lambda = 6727$.

Jede Wellenlänge λ dieser Gruppe geht durch Multiplication mit $\frac{2}{3}$ in eine Wellenlänge $\lambda' = \frac{2}{3} \lambda$ über, welche mit Hilfe der in der Einleitung zu meiner Schrift über das Magnesium und den Kohlenstoff (diese Berichte 1887), S. 4 sub III und S. 5 sub VI angeführten Kriterien, wenn dort λ' für λ genommen wird, als

eine der primären Substanz „c“ in demselben chemischen Zustande wie im Oxygen oder im Magnesium (aber in einer anderen physikalischen Modification) angehörige Wellenlänge erkannt und nachgewiesen werden kann.

Es ist nämlich $\frac{3}{5} \lambda'$ eine Wellenlänge des Wasserspectrums, welche von dem innerhalb des Wasserdampfes im Oxygen vorkommenden primären Stoffe „c“ herrührt, also eine Wellenlänge der Gruppe (H_2O , O, O', O'', c) (Hauptkriterium!). Ferner ist $\frac{5}{8} \lambda'$ eine Wellenlänge der Gruppe (H_2O , O, O', O'') des Wasserspectrums, welche von der Substanz $\text{O}'' = b_4 c_5$, die in dem Stoffe $\text{O}' = b_4 \text{O}''_5$ innerhalb des Oxygens $\text{O} = \text{H}'\text{O}'$ im Wasserdampfe vorkommt, erzeugt wird (2. Kriterium!).

Endlich ist $\frac{2}{3} \lambda'$ eine jener Wellenlängen des **Wasserspectrums**, in welche sämtliche Wellenlängen des Oxygens (ähnlich wie jene des Hydrogens) durch Multiplication mit $\frac{2}{3}$, dem mittleren Condensationsfactor des Oxygens und des Hydrogens bei ihrer Verbindung zu Wasserdampf verwandelt werden (3. Kriterium!).

Die Tafel I. gibt eine Übersicht dieser charakteristischen Beziehungen. Die 1. Colonne enthält die Wellenlängen λ der I. Gruppe, die 2. die ihnen harmonisch entsprechenden Wellenlängen der „c“-Strahlen; die 3. und 4., die 5. und 6., endlich die 7. und 8. Colonne geben einen Einblick in den Grad der Genauigkeit, mit welcher die Wellenlängen der 2. Colonne, beziehlich das 1., 2. und 3. Kriteriums der „c“-Strahlen befriedigen.

Die **fett** gedruckten Wellenlängen der 1. Colonne, welche sämtlichen Kriterien mit grosser Genauigkeit genügen, sind für die Existenz der Gruppe in erster Reihe beweisend. Der Kadmiumstrahl $\lambda = 6740$ (Huggins), welcher nur das 1. und 3. Kriterium erfüllt, führt mittelst des 2. Kriteriums zu einer neuen äusserst schwachen bis jetzt noch nicht beobachteten Linie des Wasserdampfes bei $2808 \cdot 3$. Der Kadmiumstrahl $*6056 \cdot 5$ (Thalén) ist ein empirischer Knoten- oder Verzweigungsstrahl der I. und II. Gruppe. Auch der Kadmiumstrahl bei 5958

(Huggins) kann als ein Knotenstrahl der ersten zwei Gruppen angesehen werden; doch scheint es mir wahrscheinlicher, dass er nur einer von zwei schwachen und sehr nahen Strahlen ist, welche den nebligen Kadmiumstrahl Thalén's bei 5957·5 bilden und ungefähr die Wellenlängen 5958 und 5957·5 besitzen, die beziehlich zur I. und zur II. Gruppe gehören. Denn während $\lambda = 5958$ den Kriterien der I. Gruppe vortrefflich genügt, befriedigt $\lambda = 5957·5$ besser die Mehrzahl der Kriterien der II. Gruppe (siehe diese). Die Wellenlänge $\lambda = 6466?$ des breiten Kadmiumstrahles Thaléns, welcher offenbar dem Kirchhoff'schen Strahle $\lambda = 6468$ entspricht, scheint um fast zwei Einheiten zu klein zu sein, da Kirchhoffs $\lambda = 6468$ die drei Kriterien der I. Gruppe trefflich befriedigt, während Thaléns $\lambda = 6466$ dem 1. oder Hauptkriterium und dem 3. Kriterium nicht genügt.

„Das Kadmium enthält also nach meinem bekannten Fundamentaltheoreme den primären Stoff „c“ in einem gegen seinen Zustand im Oxygen und im Magnesium im Verhältnisse von 3:2 dilatirten chemischen Zustande.“

Die II. Gruppe der Kadmiumstrahlen

enthält die Strahlen (respective die Linien):

$\lambda = 6438$ sehr stark, Thalén,

*) **6056·5** Thalén (Knotenstrahl der I. und II. Gruppe),

6004 Huggins (6003·5 Thalén),

5957·5 neblig, Thalén,

5913·5 Mittelwerth von $\left\{ \begin{array}{l} 5914 \text{ Huggins,} \\ 5913 \text{ Thalén,} \end{array} \right.$

5790 neblig, Thalén,

5687 neblig, „

5489 neblig, „

5471 neblig, „

$\left\{ \begin{array}{l} \textbf{5379} \text{ Kirchhoff,} \\ 5378 \text{ breit, neblig, Thalén,} \\ 5377 \text{ stark Huggins, Mascart,} \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} \textbf{5339} \text{ Kirchhoff,} \\ (5337·5 \text{ sehr breit, neblig, Thalén),} \end{array} \right.$

** **5337** Kirchhoff (Knotenstrahl der II. und IV. Gruppe),

5304·5 Thalén (5304 Huggins),

** 5153 Thalén, Huggins (Knotenstrahl der II. und IV. Gruppe),

- { 5086 (besser als 5085 Thalén's),
 { 5084 Mascart,
 4799·0 Hartley und Adeney.

Die Wellenlängen λ der obigen Gruppe gehen durch Multiplication mit dem Factor: $\frac{2}{3}$ in Wellenlängen: $\lambda' = \frac{2}{3}\lambda$ über, welche den, in meiner „Mathem. Spectralanalyse des Magnesiums und der Kohle“ auf S. 3 unter II und S. 5 und VI angegebenen Kriterien für die zur Condensationsform „(H, b)“ des primären Elementes „b“ gehörigen Wellenlängen genügen, also eine Specialgruppe jenes Complexes von Wellenlängen bilden, die überhaupt von der primären Substanz „b“ bei demselben chemischen Zustande wie im Hydrogen in verschiedenen physikalischen Modificationen hervorgebracht werden können. Jeder Wellenlänge λ' der Condensationsform „(H, b)“ entsprechen nämlich rhythmisch vier Wellenlängen: $\frac{4}{5}\lambda'$, $\frac{23}{32} \cdot \frac{46}{41}\lambda'$, $\frac{21}{32} \cdot \frac{70}{59}\lambda'$ und $\frac{2}{3}\lambda'$ des Wasserspectrums, und zwei Wellenlängen: $\frac{46}{41}\lambda'$ und $\frac{70}{59}\lambda'$ des Oxygenspectrums, welche zur 2. und 3. der vorhergehenden Wellenlängen des H_2O -Spectrums in näherer Beziehung stehen.

1. $\frac{4}{5}\lambda'$ ist eine, der Condensationsform (H_2O, H, b) des primären Elementes „b“ in dem Zustande wie im Hydrogen des Wasserdampfes angehörige Wellenlänge des Wasserspectrums (1. oder Hauptkriterium!).

2. $\frac{23}{32} \cdot \frac{46}{41}\lambda'$ ist eine Wellenlänge, welche der Condensationsform „ (H_2O, O, O', b) “ des primären Elementes „b“ in der Componente $O' = b_4 O''_5$ des Oxygens innerhalb des Wasserdampfes zukommt (2. Kriterium!), während

$2\alpha \cdot \frac{46}{41}\lambda'$ eine Wellenlänge ist, welche von der Condensationsform „ (O, O', b) “ von „b“ innerhalb der Componente O' des freien Oxygens $O = H'O'$ unter geeigneten physikalischen Umständen hervorgebracht werden kann (1. Nebenkriterium!).

3. $\frac{21}{32} \cdot \frac{70}{59} \lambda'$ ist eine Wellenlänge, welche zur Condensationsform „(H₂O, O, O', O'', b)“ gehört, also von der primären Substanz „b“ in dem Zustande, in dem sie sich in O'' = b₄c₅, mit diesem Stoffe in O' = b₄O''₅ und mit dem letzteren im Oxygen des Wasserdampfes befindet, erzeugt werden kann (3. Kriterium!), während

3 α. $\frac{70}{59} \lambda'$ eine Wellenlänge ist, welche der primäre Stoff „b“ in dem Zustande „(O, O', O'', b)“ erregen kann, in welchem er in der Componente O'' = b₄c₅, direct mit „c“ verbunden, in dem Stoffe O' = b₄O''₅ innerhalb des freien Oxygens O = H'O' vorkommt (2. Nebenkriterium!). Endlich ist

4. $\frac{2}{3} \lambda'$ eine jener Wellenlängen des Wasserspectrums, in welche die Wellenlängen des Hydrogens, also auch die der Condensationsform „(H, b)“, durch Multiplication mit $\frac{2}{3}$ (dem mittleren Condensationsfactor des Hydrogens bei seiner Verbindung mit dem Oxygen zu Wasserdampf) verwandelt werden können.

Die Strahlen λ der II. Gruppe haben somit den Charakter von Heliumstrahlen, und werden von dem primären Stoffe „b“ in jenem chemischen Zustande erzeugt, in welchem er nach Dissociation des Hydrogens, unter gleichzeitiger Ausdehnung des letzteren im Verhältnisse von 2:3 auftritt; wobei nach meinem Fundamentaltheoreme die Wellenlängen der Gruppe (H, b) in demselben Verhältnisse 2:3 vergrößert und dadurch in solche des Heliums transformirt werden.

Die Tafeln II, IIa, IIb, IIc, von welchen die drei letzteren mit der ersten derart zusammenhängen, dass ihre ersten Colonnen mit der zweiten Colonne der Tafel II identisch sind, zeigen, in welcher Weise die oben angeführten Kriterien von den Strahlen der in Rede stehenden Gruppe befriedigt werden, und lassen insbesondere erkennen, dass die **fett** gedruckten Wellenlängen für die Existenz dieser Gruppe vor allen anderen massgebend sind.

Der Strahl $\lambda = 6056 \cdot 5$ (Thalén) ist ein Verzweigungsstrahl der I. und II., die Strahlen $\lambda = 5337$ (Kirchhoff) und 5153 (Thalen, Huggins) sind dagegen Verzweigungsstrahlen

der II. und IV. Gruppe. Thalén's $\lambda = 5085$ scheint nur die Mitte von zwei sehr nahen, zu einer einzigen starken Linie verschwimmenden Kadmiumlinien bei $\lambda = 5086$ und $\lambda = 5084$ zu sein,¹ da die letzteren die drei ersten Kriterien der Cd-Strahlen der II. Gruppe mit grosser Genauigkeit befriedigen. Ähnliches gilt von den nebligen Linien Thalén's bei $\lambda = 5489$ und 5471 .

„Das Kadmium enthält nach dem Obigen den primären Stoff „b“ des Hydrogens in dem chemischen Zustande, wie im Helium; in dem Zustande also, in welchen er geräth, wenn sich das Hydrogen unter gleichzeitiger Ausdehnung im Verhältnisse von 2:3 bei hinreichend erhöhter Temperatur (und wohl auch bei gleichzeitig entsprechend vermindertem Drucke) dissociirt.“

Die III. Grupe der Kadmiumstrahlen

umfasst die Strahlen (respective die Linien):

$\lambda =$	* 4414.5	Hartley und Adeney	} Knotenstrahlen der III. und IV. Gruppe,
	* 4415.2	„ „ „	
	* 3986	Mascart	
	{ 3976.3	Hartley und Adeney,	
	{ 3974.5	„ „ „	
	3940.0	„ „ „	
	3851.0	„ „ „	
	3810.0	„ „ „	
	3682.6?	„ „ „	
	3611.8	stark, Hartley und Adeney.	
	{ 3609.6	sehr stark, Hartley und Adeney,	
	{ 3608	Mascart,	
	3535.0	Hartley und Adeney,	
	3466.8	stark, Hartley und Adeney,	
	3465.4	sehr stark, Hartley und Adeney,	
	3402.9	sehr stark „ „ „	
	3384.7	Hartley und Adeney,	
	3288	Mascart,	

** 3233.6 Hartley und Adeney; Knotenstrahl der III. und V. Gruppe.

Die Wellenlängen λ dieser Strahlen gehören zur Gruppe (H, b), also zu jener Condensationsform der primären Substanz „b“, in welcher sich dieselbe im freien Hydrogen und neben anderen Condensationsformen auch im Magnesium etc. befindet.

¹ Falls Mascart's 5084 nicht bloss eine fehlerhafte Bestimmung der Wellenlänge 5086 ist.

Sie genügen nämlich (siehe die Tafeln III, IIIa, IIIb und IIIc) mehr oder weniger vollständig den schon oben bei Discussion der II. Gruppe (für die dortigen Wellenlängen λ') ausführlich angegebenen Kriterien, welche sich kurz und übersichtlich durch die symbolischen Gleichungen:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{4}{5} (H, b) = (H_2O, H, b) \text{ Wasserspectrum (1. oder Hauptkri-} \\ \text{terium)} \\ \frac{23}{32} \cdot \frac{46}{41} (H, b) = (H_2O, O, Q', b) \text{ Wasserspectrum (2. Kriterium)} \\ \frac{21}{32} \cdot \frac{70}{59} (H, b) = (H_2O, O, O', O'', b) \text{ Wasserspectrum (3. Kri-} \\ \text{terium)} \\ \frac{2}{3} (H, b) = (H_2O, H) \text{ Wasserspectrum (4. Kriterium)} \\ \frac{46}{41} (H, b) = (O, O', b) \text{ Oxygen (1. Nebenkriterium)} \\ \frac{70}{59} (H, b) = (O, O', O'', b) \text{ Oxygen (2. Nebenkriterium)} \end{array} \right.$$

darstellen lassen.

Die Wellenlängen λ der 1. Columnen der obigen Tafeln, welche die vier ersten Kriterien gleichzeitig befriedigen, somit die Existenz der III. Gruppe durch ihre rhythmischen Beziehungen zu den Wellenlängen des Wasserspectrums vor allen anderen beweisen, sind durch **fetten Druck** hervorgehoben.

Die Strahlen $\lambda = 4414 \cdot 5$, $4115 \cdot 2$, 3986 verbinden als empirische Knoten- oder Verzweigungsstrahlen die III. und IV., der Strahl $\lambda = 3233 \cdot 6$ die III. und V. Gruppe der Kadmiumstrahlen.

„Das Kadmium enthält also den primären Stoff „b“ in demselben Zustande, in welchem er auch im freien Hydrogen vorkommt, jedoch in einer anderen physikalischen Modification.“

Die IV. Gruppe der Kadmiumstrahlen

besteht aus den nachstehenden Strahlen:

$$\left. \begin{array}{ll} \lambda = * \textbf{5337} & \text{Kirchhoff,} \\ * \textbf{5153} & \text{Huggins,} \\ 4798 & \text{stark Huggins,} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{empirische Knotenstrahlen der IV. und} \\ \text{II. Gruppe,} \end{array}$$

$\left\{ \begin{array}{l} 4677\cdot6 \\ 4676\cdot7 \end{array} \right.$	+	stark Liveing und Dewar, Hartley und Adeney,
$\left\{ \begin{array}{l} 4416 \\ (4415\cdot5) \end{array} \right.$		Huggins, Thalén),
** 4414·5	$\left\{ \right.$	Hartley und Adeney; empirischer Knotenstrahl der IV. und III. Gruppe,
4215·3		" " "
4158·0 ?		" " "
4141·0		" " "
4127·4		" " "
** 4115·2	$\left\{ \right.$	" " " empirischer Knotenstrahl der IV. und III. Gruppe,
3987·6		" " "
** 3986		Mascart,
3498·2		Hartley und Adeney.

Dieselben sind „c“-Strahlen, welche dem primären Stoffe „c“ in demselben chemischen Zustande, in welchem er im Oxygen¹ vorkommt, angehören, und als solche durch ihre rhythmischen Beziehungen zum Wasserspectrum erkannt und nachgewiesen werden können. Siehe **Tafel IV!** Ihre Wellenlängen λ werden nämlich durch Multiplikation mit den Faktoren: $\frac{3}{5}$, $\frac{5}{8}$

und $\frac{2}{3}$ auf entsprechende Wellenlängen des Wasserspectrums:

$\frac{3}{5}\lambda$, $\frac{5}{8}\lambda$ und $\frac{2}{3}\lambda$ reducirt, erfüllen also in der That die für „c“-Strahlen charakteristischen Bedingungen, welche sich kurz durch die symbolischen Gleichungen:

$$\frac{3}{5}(c) = (\text{H}_2\text{O}, \text{O}, \text{O}', \text{O}'', c) \quad - \quad (1. \text{ oder Haupt-Kriterium};$$

$$\frac{5}{8}(c) = (\text{H}_2\text{O}, \text{O}, \text{O}', \text{O}'') \quad - \quad (2. \text{ Kriterium!})$$

$$\frac{2}{3}(c) = (\text{H}_2\text{O}, \text{O}) \quad - \quad (3. \text{ Kriterium!})$$

ausdrücken lassen. Die physikalische Modification der chemischen Condensationsform „c“ im Kadmium scheint jener im Oxygen ähnlich zu sein, da 4 „c“-Strahlen des Kadmiums $\lambda = 4476\cdot7$, 4416, 4414·5 und 4158·0 (?) mit den entsprechenden „c“-Strahlen des Oxygens nahezu vollständig übereinstimmen.

¹ und im Magnesium.

Die in Rede stehende Gruppe hängt durch die Strahlen $\lambda = 5337$, 5153 mit der II., durch die Strahlen $\lambda = 4414\cdot5$, $4115\cdot2$ und 3986 dagegen mit der III. Gruppe zusammen.

Die Wellenlängen λ jener Strahlen, welche alle 3 Kriterien in vollkommen befriedigender Weise erfüllen, also für diese Gruppe besonders charakteristisch sind, wurden auch hier durch fetten Druck ausgezeichnet.

„Das Kadmium enthält hiernach die primäre Substanz „c“ auch noch in demselben **chemischen Condensationszustande** wie im Oxygen und im Magnesium, und in einer **physikalischen** Modification, welche jener innerhalb des Oxygens analog ist.“

Die V. Gruppe der Kadmiumstrahlen

(siehe die Tafeln V, Va, Vb, und Ve!)

ist sehr reichhaltig. Ihre Wellenlängen sind nach Hartley und Adeney:

$\lambda =$	$\lambda =$
3285·3	3123·6
3282·9	3120·9
3276·4	3117·8 ziemlich stark,
3264·1 nebelig,	3012·0
3260·2 stark,	3095·0 stark,
3251·8	3590·5
3249 5 stark,	3087·7
* 5233·6 } empir. Knotenstrahl d.	3084·3 stark,
} III. u. V. Gruppe,	3080·2
3222·6	3076·6
3219·9	3073·2
3216·0	3067·8 ziemlich stark,
3211·8	3064·0 stark,
3200·6	3058·4 ziemlich stark,
3196·8	3052·3 ziemlich stark,
3194·9	3048·2 ziemlich stark,
3185·1 stark,	3034·9
3181·5	3023·8
3176·1 + ?	3016·1 —
3172·9 stark,	3013·8
3161·0 stark,	3002·5
3156·6	2994·8
3152·7	** 2986·1 } empir. Knotenstrahl d.
3132·5	
3129·4 stark,	V. u. VI. Gruppe,

$\lambda =$		$\lambda =$	
2979·9 stark,		** 2611·0	{ empir. Knotenstrahl d.
2970·2			V. u. VI. Gruppe,
** 2964·5	{ empir. Knotenstrahl d.	2600·8	
	V. u. VI. Gruppe,	** 2598·8 $\frac{3}{2}$	{ empir. Knotenstrahl d.
2951·4			V. u. VI. Gruppe,
2947·1	ziemlich stark,	2574·2	{ Mascart; empirischer
** 2909·9	{ empir. Knotenstrahl d.		Knotenstrahl der V.
	V. u. VI. Gruppe,		und VI. Gruppe,
2880·1 stark,		** 2563·2	{ empir. Knotenstrahl d.
** 2868·0	{ empir. Knotenstrahl d.		V. u. VI. Gruppe,
	V. u. VI. Gruppe,	2551·6	
2833·0		** 2547·2	{ empir. Knotenstrahl d.
2832·3			V. u. VI. Gruppe,
** 2807·3	{ empir. Knotenstrahl d.	2499·6	+
	V. u. VI. Gruppe,	** 2488·2	{ empir. Knotenstrahl d.
** 2804·0	{ empir. Knotenstrahl d.		V. u. VI. Gruppe,
	V. u. VI. Gruppe,	** 2469·3	ziemlich { empir. Knoten-
2774·5			stark, { strahl d. V. u.
2766·5			VI. Gruppe,
** 2763·1	{ empir. Knotenstrahl d.	** 2376·6	{ empir. Knotenstrahl d.
	V. u. VI. Gruppe,		V. u. VI. Gruppe,
** 2726·9	{ empir. Knotenstrahl d.	2329·5	stark,
	V. u. VI. Gruppe,	{ 2313·6	sehr stark, breit,
** 2706·0	{ empir. Knotenstrahl d.	{ 2313·5	Cornu,
	V. u. VI. Gruppe,	** { 2288·9 Hartley etc.,	{ empir.
** 2677·2	{ empir. Knotenstrahl d.		sehr stark, breit, { Knoten-
	V. u. VI. Gruppe,	{ 2288·5 Cornu,	strahl d.
** 2645·4	{ empir. Knotenstrahl d.		V. u. VI.
	V. u. VI. Gruppe,	2268·6	Gruppe,
2632·3		2265·9	sehr stark, breit,
2630·2		** 2227·0	{ empir. Knotenstrahl d.
2618·0			V. u. VI. Gruppe,
2614·0		2206·2	
		2111·5	

Die vorstehenden Zahlen λ stimmen fast vollständig mit entsprechenden Wellenlängen des Wasserspectrums überein.

Werden sie mit $\frac{5}{4}$ multiplicirt, so gehen sie in Zahlen: $\frac{5}{4} \lambda = \lambda'$

über, welche unverkennbar die charakteristischen Merkmale der Wellenlängen der Gruppe: (H, b) besitzen. Sie gehören also der sehr ausgedehnten Gruppe von Wellenlängen: (H₂O, H, b) an, welche die primäre Substanz „ b “ in dem chemischen Zustande, in dem sie sich im Hydrogen des Wasserdampfes befindet, unter

geeigneten physikalischen Umständen zu erzeugen vermag. Die **Tafeln V, V a), V b), V c)**, welche eigentlich nur eine einzige, mehrfach verzweigte Tafel bilden, indem die 1. Columnen der Tafeln V a), V b), V c) mit der 3. Colonne der Tafel V identisch sind, geben ein klares Bild der nach Zahl und Art merkwürdigen Übereinstimmungen, welche die vorliegende Gruppe aufweist, wenn man ihre Wellenlängen mittelst der oben angedeuteten, im Folgenden der grösseren Deutlichkeit wegen übersichtlich zusammengestellten Kriterien prüft. Die Wellenlängen, welche in diesen Tafeln die besten Übereinstimmungen aufweisen, sind **fett gedruckt**.

Übersicht der Kriterien der V. Gruppe.

*) $Cd \lambda = (H_2 O, H, b)$ Wasserspectrum (1. oder Hauptkriterium).

$$\lambda' = \frac{5}{4} \lambda = (H, b) \text{ Hydrogen.}$$

*) $\frac{23}{32} \cdot \frac{46}{41} \lambda' = (H_2 O, O, O', b)$ Wasserspectrum (2. Kriterium).

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

*) $\frac{21}{32} \cdot \frac{70}{59} \lambda = (H_2 O, O, O', O'', b)$ Wasserspectrum (3. Kriterium).

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

*) $\dots \frac{2}{3} \lambda' = (H_2 O, H)$ Wasserspectrum (4. Kriterium).

Unter den Strahlen der V. Gruppe kommt ausser dem bereits bei der III. Gruppe erwähnten empirischen Verzweigungsstrahle 3233·6 eine Reihe von Strahlen vor, deren Wellenlängen:

2986·1•,	2964·5•,	2909·9•,	2868·0,	2807·3•,
2804·0•,	2763·1,	2726·9•,	2706·0•,	2677·2,
2645·4(—),	2611·0(—),	2598·8(—)	2574·2,	2563·2(—),
2547·2(—),	2488·2(—),	2469·3,	2376·6•,	2288·9,

2227·0 (—), sowohl den Kriterien dieser, als auch jenen der folgenden VI. Gruppe mehr oder weniger vollständig genügen, mithin empirische **Knotenstrahlen** der V. und VI. Gruppe sind. Die Wellenlängen 2574·2 (Mascart), 2288·9 (Hartley etc.) entsprechen auf den Photographien bestimmten Stellen sehr breiter und starker Linien. $\lambda = 2469\cdot3$ ist eine ziemlich starke Linie. Die rechts durch kurze Striche (—) und durch Punkte • hervorgehobenen Wellenlängen gehören nach Hartley und Adeney zu kurzen, beziehlich zu sehr kurzen Linien.

Die meisten dieser Strahlen dürften nur scheinbare Knotenstrahlen, in Wirklichkeit aber entweder Doppelstrahlen (Strahlenpaare) sein, von welchen der eine Strahl der V., der andere dem letzteren sehr nahe Strahl dagegen der VI. Gruppe angehört; oder aber solche Strahlen, welche sich nach noch genaueren Messungen der Wellenlängen des Kadmiums, des Wasserdampfes und der übrigen Vergleichsspectren als nur zu der einen der beiden Gruppen [so wahrscheinlich 2807·3, 2726·9, 2488·2, 2376·6, zur V. und 2909·0, 2804·0, 2706·0, 2677·2, 2611·0, 2598·8, 2574·2, 2563·2 zur VI. Gruppe] gehörig erweisen dürften.

Der Strahl 3176·1+, und die Strahlen 3402·9, 3288, welche bei der III. Gruppe angeführt wurden, gehören nach den Kriterien wahrscheinlich auch zur V. Gruppe, obschon sie bis jetzt unter den Strahlen des Wasserspectrums (wohl ihrer Schwäche wegen) nicht beobachtet wurden, also das 1. Kriterium nicht befriedigen.

„Das Kadmium enthält somit das primäre Element „b“ auch in jener chemischen Condensationsform, in welcher es sich im gebundenen Hydrogen des Wasserdampfes befindet; zugleich ist die physikalische Modification, in welcher diese Condensationsform von „b“ im Kadmium vorkommt, jener innerhalb des Hydrogens im Wasserdampfe sehr ähnlich.“

Von besonderer Bedeutung für die Structur des Kadmiums und von grosser Wichtigkeit als Ausgangspunkt für neue Untersuchungen, welche auf die Structur der bisherigen Elemente ein ungeahntes Licht werfen (siehe die Einleitung), ist die

VI. Gruppe der Kadmiumstrahlen.

Sie besteht aus den Strahlen:

$\lambda =$		$\lambda =$	
(beobachtet von Hartley u. Adeney).		(beobachtet von Hartley u. Adeney).	
3209·0		2592·0	
3177·9		2587·8	
* 2981·6	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,	85·0	
* 2964·5	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,	* 2574·2	{ Mascart; empir. Knotenstrahl der V. u. VI. Gruppe,
* 2509·9	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,	2572·2	sehr stark, breit,
* 2868·0	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,	* 2563·2	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,
2836·1	ziemlich stark,	2557·4	
* 2832·3	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,	2555·0	
* 2807·3	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,	* 2547·2	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,
* 2804·0	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,	2544·5	
2779·8		* 2488·2	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,
* 2763·1	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,	* 2469·3	ziemlich stark { empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,
2747·7	sehr stark, breit,	2418·5	
2743	Mascart,	2377·3	
* 2726·9	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,	* 2376·6	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,
* 2706·	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,	{ 2321·6	Hartley etc., sehr stark,
* 2677·2	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,	{ 2321·1	Cornu,
2658·5		2318	Mascart,
2649·4		2312·5	{ auf die Angström'sche Scalareducirter Werth von L. Bell's: 2312·83 Rowland's Scala,
2645·4		2307·0	stark,
{ 2639·7 +		{ 2288·9	sehr stark, breit, { empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,
{ 2639·5 —		{ (2288·5	Cornu),
2635·3		2249·2	
2632·7		2241·4	ziemlich stark,
2629·1		* 2227·0	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,
2624·8		(2217·1 ?	Mascart),
* 2611·0	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,	2196·4	stark, breit,
* 2598·8	{ empir. Knotenstrahl d. V. u. VI. Gruppe,	2194·5	Cornu,
2595·3		2146·8	stark, breit,
		2144·1	Cornu.

Ihre Wellenlängen λ werden durch Multiplication mit $\frac{7}{6}$ in Wellenlängen $\lambda' = \frac{7}{6} \lambda$ transformirt, welche zur Gruppe $(\text{H}_2\text{O}, \text{H}, b)$ gehören und als solche mittelst der hiefür geltenden Kriterien erkannt und nachgewiesen werden können. Die betreffenden Kriterien wurden bereits bei der Discussion der vorhergehenden Gruppe benützt und dort übersichtlich zusammengestellt, so dass wir nur dort λ' für λ , λ'' für λ' zu schreiben brauchen, um sie den jetzigen Verhältnissen anzupassen.

Die Kriterien der VI. Gruppe lauten hiernach:

$$\frac{7}{6} \text{Cd } \lambda = (\text{H}_2\text{O}, \text{H}, b) \lambda' \text{ Wasserspectrum (1. oder Hauptkriterium!)}$$

$$* \frac{5}{4} \lambda' = (\text{H}, b) \lambda'' \text{ Hydrogen.}$$

$$* \frac{23}{32} \cdot \frac{46}{41} \lambda'' = (\text{H}_2\text{O}, \text{O}, \text{O}', b) \text{ Wasserspectrum (2. Kriterium!)}$$

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

$$* \frac{21}{32} \cdot \frac{70}{59} \lambda'' = (\text{H}_2\text{O}, \text{O}, \text{O}' \text{O}'', b) \text{ Wasserspectrum (3. Kriterium!)}$$

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

$$* \frac{2}{3} \lambda'' = (\text{H}_2\text{O}, \text{H}) \text{ Wasserspectrum (4. Kriterium).}$$

Die zur Prüfung der Strahlen (Wellenlängen): λ mittelst der obigen Kriterien erforderlichen Vergleichen findet man in den **Tafeln: VI, VI a), VI b) und VI c)** übersichtlich durchgeführt. Die Tafeln VI a), VI b) und VI c) sind bloss drei verschiedene Fortsetzungen der Tafel VI, indem die ersten Colonnen jener mit der vierten Colonne der letzteren übereinstimmen. Die specielle Einrichtung der einzelnen Tafeln ist für jeden aufmerksamen Leser leicht verständlich; bedarf also keiner weiteren Erläuterung. Die **fett gedruckten Zahlen** sind auch hier die-

jenigen, welche den meisten Kriterien (mit Einschluss des Hauptkriteriums) sehr gut genügen, oder vielmehr diejenigen, für welche sich die betreffende Nachweise mittelst des zur Zeit bekannten Beobachtungsmateriales am besten führen lassen. Die zumeist wohl nur scheinbaren Knotenstrahlen der VI. und V. Gruppe sind bereits bei der Discussion der letzteren ausführlich besprochen worden.

Endlich ist noch zu erwähnen, dass die bei einzelnen Wellenlängen rechts beigefügten Zeichen: + oder — andeuten, dass die wahren Werthe derselben mit Rücksicht auf die Kriterien beziehungsweise grösser oder kleiner sein dürften.

„Die obige Discussion lehrt, dass das Kadmium nach meinem bekannten Fundamentaltheoreme die primäre Substanz „b“ auch noch in einem chemischen Zustande enthält, in welchem sie $\frac{7}{6}$ mal so condensirt ist, als in dem der vorhergehenden Gruppe (V) entsprechenden Zustande, d. h. $\frac{7}{6}$ mal so stark als im Hydrogen des Wasserdampfes. Diese Condensationsform ist sonach die stärkste unter allen Condensationsformen, in welchen „b“ überhaupt im Kadmium vorkommt; und das Element „b“ bildet in diesem Zustande gewissermassen den Kern, an welchen und um welchen herum sich die übrigen Condensationsformen der primären Elemente „b“ und „c“ bei der Bildung des Kadmiums gelagert haben.“

Fassen wir nun alle bisherigen Resultate zusammen, so erhalten wir als Gesamtresultat unserer Spectralanalyse des Kadmiums den nachstehenden Befund.

„Das Kadmium ist ein chemisch zusammengesetzter Körper, welcher bei den uns bis jetzt bekannten chemischen Processen die Rolle eines Radicales spielt. Dasselbe enthält auf Grund der Analyse seines zur Zeit bekannten Linienspectrums das primäre Element „c“ des Oxygens und Magnesiums in zwei — und das primäre Element „b“ des Hydrogens in vier verschiedenen chemischen Zuständen; und zwar

I. das primäre Element „c“

- α) in dem nämlichen chemischen Zustande wie im Oxygen, im Magnesium und Kohlenstoffe, und in einer physikalischen

Modification, welche jener innerhalb des Oxygens ähnlich ist; es emittirt in diesem Zustande die Kadmiumstrahlen der IV. Gruppe;

- β) in einem gegen den vorhergehenden im Verhältnisse 3:2 dilatirten Zustande, in welchem es die Kadmiumstrahlen der I. Gruppe erzeugt;

II. das primäre Element „b“

- α) in dem Zustande wie im „Helium“, d. h. in demjenigen Zustande, in welchen es geräth, wenn sich das Hydrogen $H = ba_4$ bei hinreichend hoher Temperatur (allenfalls auch noch bei gleichzeitig entsprechend vermindertem Drucke) unter Ausdehnung im Verhältnisse von 2:3 zu dissociiren beginnt; es strahlt in diesem Zustande innerhalb des Kadmiumdampfes die Gruppe II aus;
- β) in der nämlichen chemischen Condensationsform, in welcher es sich im freien Hydrogen befindet, jedoch in einer andern physikalischen Modification, in welcher es die Strahlengruppe III hervorbringt;
- γ) in derselben chemischen Condensation wie im gebundenen Hydrogen des Wasserdampfes und in einer sehr ähnlichen physikalischen Modification, welcher im Kadmiumdampfe die Strahlen der Gruppe V ihr Dasein verdanken; endlich
- δ) in einer $\frac{7}{6}$ mal so starken Condensation als unter γ), die Strahlen der VI. Gruppe innerhalb des Kadmiumdampfes erzeugend. In dieser relativ stärksten Verdichtung bildet es gewissermassen den Kern, an welchen und um welchen herum sich die übrigen Condensationsformen der primären Elemente „b“ und „c“ bei der ursprünglichen Entstehung des Kadmiums unter Umständen gelagert haben, welche uns der Zeit noch gänzlich unbekannt sind.“

Die unter I α) angeführte primäre Substanz „c“, sowie die drei unter II α), II β), und II γ) erwähnten Condensationsformen der primären Substanz „b“ kommen (jedoch offenbar in geringeren Gewichtsmengen) auch im Magnesiumdampfe vor und erklären die nahe (besonders von Prof. W. N. Hartley betonte)

Verwandtschaft zwischen dem Kadmium und dem Magnesium (Vergleiche die „*Mathem. Spectralanalyse des Magnesiums etc.*“ 1887 in diesen Berichten).“

Schlussbemerkungen.

1. Ich habe bei meinen Spectralanalysen der Elemente vorzüglich das Wasserspectrum als Vergleichsspectrum benützt, weil dasselbe gegenwärtig in grosser Ausdehnung und mit grosser Genauigkeit bekannt ist. Die wahrscheinlichen Fehler der von Liveing und Dewar gemessenen Wellenlängen betragen 0.2 bis 0.3, nur bei äusserst schwachen und bei nebligen oder breiten Linien dürften sie mehr betragen; auch dürften die meisten nebligen (diffusen) Linien in Wirklichkeit nur Repräsentanten von doppelten oder gar mehrfachen Linien sein. Ähnliches gilt für die von Hartley und Adeney, sowie von Liveing und Dewar gemessenen Wellenlängen der ultravioletten Strahlen der Elemente. Da nun die Linien des Wasserspectrums dicht neben einander stehen, so liegt das Bedenken nahe, dass manche der Coincidenzen oder nahen Übereinstimmungen zwischen den zu prüfenden Linien und den entsprechenden Linien des Wasserspectrums nur zufällige oder scheinbare, und nicht wirkliche sein könnten; denn je dichter die Linien eines Vergleichsspectrums (z. B. des Sonnenspectrums oder wie hier des Wasserspectrums) aneinander liegen, desto leichter kann es geschehen, dass auf Gerathewohl hingeschriebene Wellenlängen oder hingezichnete Linien mit einzelnen Wellenlängen, beziehlich Linien, des Vergleichsspectrums übereinstimmen, und die auf solche Vergleichenungen gegründeten Schlüsse ihre Beweiskraft verlieren.

Wäre dieses Bedenken, welches ich gleich bei Beginn meiner Untersuchungen ins Auge gefasst und thunlichst berücksichtigt habe, ohne alle Einschränkung berechtigt, würde es keine Mittel oder Kriterien geben, die es ermöglichen würden, zufällige von wirklichen Coincidenzen oder nahen Übereinstimmungen

- a) zwischen beobachteten und anderen beobachteten,
- b) zwischen berechneten und beobachteten, oder

c) zwischen zwei Reihen von, aus ganz verschiedenen Beobachtungsdaten durch Rechnung abgeleiteten Linien (Wellenlängen) —

zu unterscheiden, so würden die genauen und mühsamen Messungen des Sonnenspectrums, des Wasserspectrums, überhaupt aller aus dicht liegenden Linien bestehenden Spectren unnütz und die darauf verwendete Mühe und Sorgfalt zum Mindesten überflüssig sein, da man doch mit solchen Spectren nichts anzufangen vermöchte. Ja, wenn man berücksichtigt, dass die Spectra auch solcher Elemente, welche scheinbar nur wenige, oft weit von einander abstehende Linien besitzen, wahrscheinlich nur unvollständige Repräsentanten der wirklichen Spectra sind, welche aus stellenweise dicht aneinander stehenden, aber zumeist äusserst schwachen und daher mittelst der bisherigen Instrumente nicht erkennbaren Linien bestehen dürften, so muss man zugeben, dass fast der ganze so viel gepriesene Nutzen der Spectralanalyse illusorisch sein würde, wenn das obige Bedenken nicht behebbar wäre.

Zum Glücke ist dies nicht der Fall; und gerade meine Untersuchungen liefern schon jetzt und werden in ihrem weiteren Verlaufe noch mehr Mittel (Kriterien) liefern, welche geeignet sind, wirkliche Übereinstimmungen (auch für nur wenige Linien) mit grosser Wahrscheinlichkeit als solche zu erkennen und von blos zufälligen zu unterscheiden.

Da der Nachweis naturwissenschaftlicher Gesetze in letzter Instanz immer nur auf Übereinstimmungen beruht, sei es

a) auf solchen zwischen den Daten zweier Beobachtungsreihen, oder b) zwischen Daten, welche aus einer Beobachtungsreihe gesetzmässig berechnet wurden und den Daten einer anderen Beobachtungsreihe, oder endlich c) zwischen Daten, welche aus zwei verschiedenen Beobachtungsreihen nach gewissen Regeln durch Rechnung abgeleitet wurden, — so kann eine bestimmte Reihe solcher Übereinstimmungen offenbar durch andere, mit ihr nach früher sichergestellten Gesetzen nothwendig zusammenhängende Reihen anderweitiger Übereinstimmungen geprüft und dadurch ihre reale Existenz mit grösserer oder geringerer Wahrscheinlichkeit nachgewiesen werden.

Je mehr solcher mit der zu prüfenden Reihe coordinirten Reihen von Übereinstimmungen (Kriterien) gleichzeitig befriedigt werden, desto höher ist der Grad der Wahrscheinlichkeit, dass die geprüfte Reihe nicht aus bloß zufälligen, sondern aus wirklichen Übereinstimmungen bestehe.

Wo sich solche gesetzmässig coordinirte Reihen als Kriterien einer bestimmten zu prüfenden Reihe von Übereinstimmungen nicht angeben lassen (also insbesondere bei der Prüfung der selbst als Kriterien benützten Übereinstimmungen), kann, im Falle der Möglichkeit zahlreicher Reihen von Übereinstimmungen ähnlicher Art, der Nachweis der Nichtexistenz anderer, besserer Reihen von Übereinstimmungen derselben Gattung hinreichende Sicherheit gegen die blosse Zufälligkeit und Gewähr für die Wirklichkeit der geprüften Reihe von Übereinstimmungen bieten.

Besonders schlagend kann jedoch der Nachweis der Richtigkeit einer Reihe von nahen Übereinstimmungen geführt werden, wenn man durch minimale, innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler vorgenommene Correcturen die nahen Übereinstimmungen in vollständige verwandeln kann, und wenn die letzteren durch spätere genauere Messungen nachträglich bestätigt werden (*Experimentum crucis*).

Endlich kann man noch, wenn die Zahl der einzelnen in der Reihe vorkommenden nahen Übereinstimmungen gross ist, die Wahrscheinlichkeitsrechnung zu Hilfe rufen, um sich schon auf Grund des vorhandenen Beobachtungsmateriales von dem Grade der Wahrscheinlichkeit ihres nothwendigen und nicht bloß zufälligen Auftretens zu überzeugen. Insbesondere kann man (bis auf Weiteres) mit Vortheil die von E. F. J. Love (gegenwärtig „Lecturer in the University of Melbourn“ in Australien) angegebene graphische Methode benutzen. Siehe die verdienstliche und interessante Abhandlung Love's „On a method of discriminating real from accidental coincidences between the lines of different spectra; with some applications“ 1 Plate (communicated by the Physical Society; read November 26, 1887) im „Philosophical Magazine 1888, p. 1—6“.

2. Um die rationalen Zahlen zu finden, welche in den von mir benützten Kriterien vorkommen, mussten die Wellenlängen

des Hydrogens und Oxygens mit den aufeinander folgenden rationalen Zahlen von den einfachsten $\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \frac{3}{5}, \frac{4}{5}$ etc. aufwärts multiplicirt und mit den Wellenlängen des Wasserspectrums, sowie untereinander verglichen werden. Zugleich wurden die etwaigen rationalen Beziehungen zwischen einzelnen Wellenlängen der verglichenen Spectra mittelst Kettendivision aufgesucht und die eventuell erhaltenen rationalen Zahlen auf ihre Eigenschaft als Reductionsfactoren an den übrigen Wellenlängen geprüft. Wenn sich nun als Ausbeute eines ganzen Stosses, voll von solchen Proberechnungen, trotz der mitunter sehr dicht aneinander liegenden Linien des Wasserdampfes, nur einige wenige rationale Reductionsfactoren ergaben, welche die zahlreichsten und (mit Bezug auf die Fehlergrenzen) genauesten Übereinstimmungen lieferten, wenn dann diese anfänglich nur mit einem sehr unvollständig bekannten Wasserspectrum durchgeführten Rechnungen bei der Vervollständigung des letzteren durch neue mir mitgetheilte Messungen glänzend bestätigt wurden, so war alle zunächst mögliche Garantie dafür geboten, dass die wenigen gefundenen rationalen Zahlen keinem Zufalle ihr Dasein verdanken, sondern wahrhaft charakteristische oder typische Zahlen für die Beziehungen der verglichenen Spectren und der zugehörigen Stoffe sind.

Ihre innere Bedeutung und Verwendung aber ergibt sich aus theoretischen Betrachtungen, welche zu den ersten Anfangsgründen einer neuen chemischen Dynamik gehören und den letzten, vielleicht nicht am wenigsten interessanten Theil meiner spectralanalytischen Mittheilungen bilden werden.

Sind auf diese Art die Kriterien festgestellt, welche für die im H, O und im H₂O-Dampfe vorkommenden Condensationsformen der primären Elemente charakteristisch sind, so ist die Möglichkeit geboten, eventuell die Zugehörigkeit einzelner Strahlengruppen in den Spectren gegebener Elemente zu bestimmten Condensationsformen der primären Elemente nachzuweisen oder wenigstens sehr wahrscheinlich zu machen. Denn, angenommen, die einem einzelnen Kriterium entsprechenden Übereinstimmungen seien für einzelne Strahlen nur zufällig gewesen, so ist es sehr wenig wahrscheinlich, dass dieselben Strahlen gleich-

zeitig auch noch ein zweites Kriterium mit demselben Grade von Genauigkeit befriedigen werden, und noch unwahrscheinlicher, dass sie einem dritten oder gar noch einem vierten Kriterium genügen. Die grösste noch zulässige Differenz zweier mit einander verglichener Zahlen, deren wahrscheinliche Fehler numerisch δ und δ' sind, beträgt hiebei numerisch $\delta + \delta'$; also 0.4 bis 0.6, wenn die beiderseitigen wahrscheinlichen Fehler δ und δ' höchstens 0.2 bis 0.3 betragen, wie dies bei meinen Vergleichen wohl meistens der Fall ist, insoweit die Messungen von Liveing und Dewar, Hartley und Adeney, Hasselberg und Cornu in Betracht kommen.

Damit ist (soweit dies für das gegebene Beobachtungsmaterial überhaupt möglich ist) hinreichende Sicherheit für die Richtigkeit der auf solche Weise durchgeführten Spectralanalysen, wenn nicht in allen ihren Einzelheiten, so doch in ihrem Gesamtergebnisse gegeben, eine Sicherheit, welche nur noch durch neue genauere Messungen, insoferne dieselben bessere Übereinstimmungen zur Folge haben, erhöht werden kann.

3. Die neben den rhythmischen Beziehungen zum Wasserspectrum bestehenden rhythmischen Beziehungen, in welchen die zu Condensationsformen der primären Elemente gehörigen Wellenlängen zum H- und O-Spectrum stehen, sind nur in einzelnen Fällen mit als Kriterien benützbar; in den meisten Fällen sind sie Quellen für die Ermittlung noch unbekannter Wellenlängen solcher Condensationsformen der primären Elemente, welche im Hydrogen und Oxygen und in besonderen physikalischen Modificationen auch in anderen secundären Elementen vorkommen. Die so gewonnenen Wellenlängen bilden nicht bloss eine wichtige Ergänzung der zur Zeit wirklich beobachteten, sondern bieten der Experimentalforderung zugleich auch eine Handhabe zur experimentellen Prüfung meiner Theorie, indem die ihnen entsprechenden Strahlen bei weiterer Vervollkommenung der Beobachtungsmittel und Beobachtungsmethoden theils direct im Hydrogen- und Oxygenspectrum, theils in den Spectren solcher Stoffe wirklich aufgefunden werden können, welche die betreffenden Condensationsformen in geeigneten physikalischen Modificationen enthalten. Siehe die Einleitung unter III.

Die Behauptung aber, dass Strahlen einer besonderen Condensationsform eines primären Elementes, welche in der einen physikalischen Modification wegen ihrer äusserst geringen oder verschwindenden Intensitäten nicht sichtbar sind, in einer anderen physikalischen Modification derselben Condensationsform gesehen oder photographisch sichtbar gemacht werden können, und umgekehrt, ist keine Hypothese, sondern der Ausdruck einer mechanischen Nothwendigkeit.

4. Die experimentelle und theoretische Spectralanalyse im weitesten Sinne ist ein Gebiet, in welchem die Chemie, die Physik und Astronomie (Astrophysik) einander innig berühren und bildet als solches einen Central- oder Knotenpunkt des gesammten Erkenntnis- und Wissensgebietes. Diese Stellung bringt es naturgemäss mit sich, dass so wie jeder wichtigere Fortschritt auf diesem Gebiete durch das Zusammenwirken der genannten Wissenschaften entsteht, so auch umgekehrt jede neue Entdeckung auf demselben wieder auf die Chemie, die Physik und die Astronomie zurückwirkt. Die Mathematik, welche, besonders im Gewande der Mechanik, die Naturwissenschaften immer mehr zu durchdringen berufen ist, hat hier die bedeutsame Aufgabe, Ordnung in die erdrückende Fülle von hochwichtigen physikalischen Constanten (Wellenlängen etc.) zu bringen, welche die Experimentalforschung zu Tage fördert, indem sie die geheimen Beziehungen aufsucht, welche in diesem Zahlenmeere verborgen sind, und deren innere mechanische Bedeutung ermittelt. Hier ist der Boden, auf welchem sich meine Forschungen bewegen. Hierher gehören als mathematische Experimente die mühsamen und zeitraubenden Proberechnungen, durch welche ich, anfangs vollkommen im Dunkeln herumtappend, dann immer klarer sehend, einen kleinen Theil der in dem Beobachtungsmateriale verborgenen Zahlbeziehungen gefunden habe; hierher die dynamischen Untersuchungen, durch welche ich auf Grund eines Minimums von höchstwahrscheinlichen, theilweise bereits anerkannten Hypothesen das allmälige Verständnis jener Beziehungen anzubahnen suche.

Welches aber auch das endliche Schicksal der Ergebnisse meiner Untersuchungen sein mag, ob dieselben und namentlich

deren Hauptergebnis: „dass viele, vielleicht alle bisherigen Elemente (mindestens mit grosser Annäherung an die Wahrheit) aus Condensationsformen der Urelemente „a“ und „b“ des Hydrogens bestehen“ von den Chemikern dieser Generation angenommen werden oder nicht, sie verdienen es, beachtet, sowie ernstlich und unbefangen geprüft zu werden.

Ich, meines Theils, bin tief und fest überzeugt davon, dass dieselben, und insbesondere das soeben erwähnte Endergebnis, wenn auch erst nach mehreren Decennien, so schliesslich doch allgemein als höchst wahrscheinlich werden anerkannt werden!

TAFELN

zur

Spectralanalyse des Kadmiums.

Tafeln zur Spectral-

I. Gruppe der

$$\frac{2}{3}(\text{Cd})$$

T a -

Kadmium $\lambda =$	c — Strahlen $\frac{2}{3} \lambda = \lambda' =$	Wasserdampf (H ₂ O, O, O', O'', c) $\frac{3}{5} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
{ 6742 Kirchhoff	4494·7	2696·8	$\frac{H'}{2} = 2697·07$
{ 6740 Huggins	4493·3	2696·0	2696·1
† 6726·5 Kirchhoff	4484·3	2690·6	2690·6
{ 6468 Kirchhoff	4312·0	2587·2	2587·1
{ 6466 ? breit, Thalén			
{ 6462 Huggins	4308	2584·8	2584·4
* 6056·5 Thalén	4037·7	2422·6	2422·4
** 5958 Huggins	3972·0	2383 2	2383·0

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

** Der neblige Kadmiumstrahl Thaléns bei $\lambda = 5957·5$ besteht bei $\lambda = 5958$ (Huggins) der I. Gruppe, der andere $\lambda = 5957·5$ (Thalén) der

† Wahrscheinlicher Werth. Kayser, in seinem „Lehrbuche der Spec- (p. 368) dagegen 6727.

st. = starker Strahl im Vergleiche mit den benachbarten.

analyse des Kadmiums.

Kadmiumstrahlen

= (c).

f e l I.

Wasserdampf (H ₂ O, O, O', O'') $\frac{5}{8} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar	Wasser- dampf $\frac{2}{3} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
2809·2	$\frac{H'}{2} = 2809·5$	2996·5	2996·6
2808·3 neu		2995·5	$\frac{H'}{2} = 2995·97$
2802·7	2802·9	2989·5	{ 2989·4 Brit. Ass. Report 1886
2695·0	$\left\{ \begin{array}{l} 2695·4 \\ \frac{H'}{2} = 2695·2 \end{array} \right\}$	2874·7	2875·0
2692·5	2692·5	2872·0	2871·9
2523·6	$\frac{H'}{2} = 2523·55$	2691·8	2691·7
2482·5	2482·6	2648·0	2648·2 st.

böchstwahrscheinlich aus mindestens zwei Strahlen, von welchen der eine II. Gruppe angehört.

tralanalyse gibt (S. 254): 6726, Britisch Association, Report 1884

II. Gruppe der Kadmiumstrahlen

$$\frac{2}{3}(\text{Cd}) = (\text{H}, b)$$

Tafel II.

Kadmium $\lambda =$	Hydrogen (H, <i>b</i>) $\frac{2}{3} \lambda = \lambda' =$	Wasserdampf (H ₂ O, H, <i>b</i>) $\frac{4}{5} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
6438 st. Thalén	4292	3433·6	3433·5
* 6056·5 " "	4037·7	3230·2	3230·3
{ 6004 Huggins 6003·5 Thalén }	4002·7	3202·2	3201·9
{ 5957·5 neblig Thalén }	3971·7	3177·3	3177·2
{ 5914 Huggins 5913·5 Mittel 5913 Thalén }	3942·3	3153·8	3154·0
{ 5790 neblig Thalén }	3860 ¹	3088·0	{ 3087·9 Brit. Ass. Report 1886
{ 5687 neblig Thalén }	3791·3	3033·0	3033·1
† { 5489 neblig Thalén }	3659·3 ²	2927·4	{ 2927·6 2927·1
† { 5471 neblig Thalén }	3647·3	2917·8	{ $\frac{\text{H}'}{2} = 2917·7$ 2918·2

* Knotenstrahl der I. und II. Gruppe.

¹ Siehe „Math.-Spectralanal. des Mg-s und der C“ III. Gruppe der Mg-Strahlen: (Mg) = (H, *b*), scharfer Rand eines Bandes bei 3860.

² Liveing und Dewar in der Hydroxygenflamme: 3659·1.

† 5489 und 5471 scheinen bloß die Mitten von Doppellinien zu sein, welche als neblige Einzelinien erscheinen.

st. = stark.

Tafel II (Fortsetzung und Schluss).

Kadmium $\lambda =$	Hydrogen (H, b) $\frac{2}{3} \lambda = \lambda' =$	Wasserdampf (H ₂ O, H, b) $\frac{4}{5} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
5379 Kirchhoff	3586·0	2868·8	$\left\{ \frac{H'}{2} = 2868·9 \right.$
$\left. \begin{array}{l} 5378 \text{ nebl. breit} \\ \text{st. Thalén} \end{array} \right\}$	3585·3 ¹	2868·2	2868·3
$\left\{ \begin{array}{l} 5377 \text{ st. Huggins} \\ \text{Mascart} \end{array} \right\}$	3584·7 ²	2867·8	$\left\{ \begin{array}{l} 2867·8 \\ \text{Brit. Ass.} \\ \text{(Report 1886)} \end{array} \right.$
$\left(\begin{array}{l} \mathbf{5339} \text{ Kirchhoff} \\ (5337·5 \text{ Thalén st.} \\ \text{sehr breit nebl.}) \end{array} \right)$	3559·3 ²	2847·4	2847·4
** $\left\{ \begin{array}{l} 5337 \text{ Kirchhoff} \end{array} \right\}$	3558·0 ²	2846·3	2846·3
$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{5304·5} \text{ Thalén} \\ (5304 \text{ Huggins}) \end{array} \right\}$	3536·3 ²	2829·0	2829·2
** $\left\{ \begin{array}{l} 5153 \text{ Huggins} \\ \text{Thalén} \end{array} \right\}$	3435·3 ²	2748·3	2748·3
† $\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{5086} \\ (5085 \text{ st. Thalén}) \end{array} \right\}$	3390·7 ²	2712·5	$\left\{ \frac{H'}{2} = 2712·5 \right.$
$\left\{ \begin{array}{l} 5084 \text{ Mascart} \end{array} \right\}$	3389·3	2711·5	2711·6
$\left\{ \begin{array}{l} 4799·0 \text{ Hartley} \\ \text{u. Adeney} \end{array} \right\}$	3199·3	2559·5	2559·6 st.

† Die Kadmiumlinie Thaléns bei $\lambda = 5085$ scheint eine, als eine einzige starke Linie erscheinende Doppellinie zu sein, welche aus zwei Linien bei $\lambda = 5086$ und 5084 besteht. Die letzteren befriedigen nämlich, wie aus dieser und den zugehörigen Tafeln IIa und IIb zu ersehen ist, mit grosser Genauigkeit die Kriterien der Cd-Strahlen der II. Gruppe

** $\lambda = 5337$ und 5153 sind Knotenstrahlen der II. und IV. Gruppe.

¹ Huggins Sternspectren: „Arcturus“ 3585.

² Liveing und Dewar in der Hydroxygenflamme: 3584·3, 3559·3, 3557·8, 3536·7, 3435·4, 3390·3.

st. = stark.

Tafel II a.

Hydrogen (H, b) (Siehe Tafel II, 2. Colonne) $\lambda' =$	Oxygen (O, O', b) $\frac{46}{41} \lambda' =$	Wasser- dampf (H ₂ O, O, O', b) $\frac{23}{32} \cdot \frac{46}{41} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
4292	4815·4	3461·1	3461·0
4037·7	4530·1	3256·0	3256·4
4002·7	4490·8	3227·8	Huggins 3228
3971·7	4456·0 ¹	3202·7 neu	Mitte v. { 3203·5 3201·9
3942·3	4423·1	3179·1	{ $\frac{H'}{2} = 3179·27$ 3179·6
3860	4330·7 ²	3112·7	3112·8
3791·3	4253·7 ²	3057·3	3057·4
3659·3	4105·6	2950·9	{ 2950·7 2951·2
3647·3	4092·1 ²	2941·2	{ 2941·2 nebl. Brit. Ass. Report 1886
3586·0	4023·3	2891·75	{ 2892·0 Brit. Ass. Report 1886
{ 3585·3	4022·6	2891·2 neu	—
3584·7	4021·8	2890·7	2890·8
{ 3559·3	3993·4	2870·2	$\frac{H'}{2} = 2869·77$
{ 3558·0	3991·9	2869·2	{ 2869·5 2869·2 Report 1886
3536·3	3967·6 ²	2851·7	{ 2852·2 st. $\frac{H'}{2} = 2851·1$
3435·3	3854·2	2770·2	2770·0
3390·7	3804·2 ²	2734·2	2734·3
{ 3389·3	3802·7	2733·2	2733·0
3199·3	3589·5 ²	2579·9 neu	—

¹ Mittel von O 4455 Salat und O 4457 Plücker.

² Hartley und Adeney, im Luftspectrum: 4330·8, 4253·4, 4092·6 ?
3967·3, 3804·0, 3589·6.

st. = stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

Tafel II b.

Hydrogen (H, <i>b</i>) (Siehe Tafel II, 2. Colonne) $\lambda' =$	Oxygen (O, O', O'', <i>b</i>) $\frac{70}{59} \lambda' =$	Wasser- dampf (H ₂ O, O, O' O'', <i>b</i>) $\frac{21}{32} \cdot \frac{70}{59} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
4292	5092·2	3341·7 neu	—
4037·7	4790·5	3143·8	3143·5 st.
4002·7	4749·0	3116·5	3116·6
3971·7	4712·1 ¹	3092·3	{ 3092·0 * $\frac{H'}{2} =$ diffus
3942·3	4677·3 ¹	3069·5	$\frac{H'}{2} = 3069·4$
3860	4579·7	3005·4	3005·6
3791·3	4498·2	2951·9	2951·7
3659·3	4341·6 ¹	2849·1	2948·8
3647·3	4327·3 ¹	2839·8	2840·1
3586·0	4254·6	2792·1	
{ 3585·3	4253·7	2791·5	2791·7
{ 3584·7	4253·0 ²	2791·0	2790·5
{ 3559·3	4222·9 ²	2771·3	{ $\frac{H'}{2} =$ 2770·9 2771·1
{ 3558·0	4221·3	2770·2	2770·0
3536·3	4195·6	2753·4	2753·1
3435·3	4075·8 ^{1 3}	2674·7 neu	—
{ 3390·7	4022·8	2640·0	2640·5 st.
{ 3389·3	4021·2	2638·9	{ $\frac{H'}{2} =$ 2638·89 2638·5
3199·3	3795·8	2491·0	2491·1

¹ Im Oxygenspectrum: 4712 Salet, 4677 Huggins, 4341·4 Schuster, 4327 Plücker.

Im Oxygenspectrum: 4076 Salet, zugleich in der Hydroxygenflamme 4075·6 Liveing und Dewar.

² Hartley und Adeney, im Luftspectrum: 4253·4, 4222·6 (neblig).

³ In der Hydroxygenflamme von Liveing und Dewar: 4075·6.
st. = stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

Tafel II c.

Hydrogen (H, <i>b</i>) (Siehe Tafel II, 2. Colonne) $\lambda' =$	Sonnnenspectrum		Wasser- dampf $\frac{2}{3} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
	Müller und Kempf, Potsdamer Publicationen 1886. Eigene Scala	Müller und Kempfs, reducirt auf Angström's Scala. Cornu		
4292	4292·84	4292	2861·3	2861·7
4037·7	{ 4038·56	$\frac{4037·76}{C: 4037·7}$	2691·8	2691·7
4002·7	4003·32	$\frac{4002·5}{C: 4002·4}$	2668·5	2668·1
3971·7	3972·44	3971·6	2647·8	2648·2 st.
3942·3	3943·24	3942·4	2628·2	2628·3
3860	—	—	2573·3	2573·4
3791·3	—	—	2527·5	$\frac{H'}{2} = 2527·1$
3659·3	—	{ C: 3659·0	2439·5 neu	Mitte { $\frac{2440·3}{2438·7}$
3647·3	—	{ C: 3647·3 Rand eines Bandes	2431·5	Mitte { $\frac{2431·8}{2431·2}$
3586·0	—	{ C: 3586·0 Rand eines Bandes	2390·7	{ $\frac{H'}{2} = 2390·6$ $\frac{H'}{2} = 2390·8$
3585·3	—	{ C: Band bei 3585 Fe	2390·2 neu	
3584·7	—	{ C: Band bei 3885 Fe	2389·8	$\frac{H'}{2} = 2389·88$
{ 3559·3	—	—	2372·9	2372·8
3558·0	—	C: 3558 Fe	2372·0 neu	—
3536·3	—	C: 3536·5	2357·6	2357·7
3435·3	—	C: 3435·0	2290·2	$\frac{H'}{2} = 2290·4$
{ 3390·7	—	C: 3390·7	2260·4	$\frac{H'}{2} = 2260·2$
3389·3	—	—	2259 6 neu	—
3199·3	—	C: 3199·3	2132·9 neu	—

C = Cornu „Spectre normal du soleil, Partie ultraviolette 1881“.

st. = stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

III. Gruppe der Kadmiumstrahlen

(Cd) = (H, b).

Tafel III.

Kadmium (H, b) $\lambda =$, beobachtet von Hartley und Adeney	Hydrogen- Flamme, beobachtet von Liveing und Dewar	Wasserdampf (H ₂ O, H, b) $\frac{4}{5} \lambda =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing und Dewar
* 4414 5		3531·6	3531·8
* 4115·2 ?		3292·6	3291·8
* 3986 Mascart		3188·8	Hugg. 3189·0
{ 3976·3		3181·0	{ 3181·0}
{ 3974·5		3179·6	{ 3179·6}
3940·0		3152·0	3151·7
3851·0	3850·8	3080·8	3081·0 st.
3810·0 †		3048·0	3048·3
(3682·6?) †		2946·1	2946·5
{ 3611·8		2889·4	2889·2
{ 3609·6 †	3609·0 ?	2887·7	2887·5
{ 3608 Mascart		2886·4	2886·3
3535·0	3534·7	2828·0	2828·3
{ 3466·8 †		2773·4	{ $\frac{H'}{2} = 2773·8$
{ 3465·4	3465·9	2772·3	2772·3
(3402·9)		2722·3 neu	($\frac{H'}{2} = 2722·9$)
3384·7	3384·7	2707·8 neu	(2707·2)
3288 Mascart		2630·4	$\frac{H'}{2} = 2630·47$
* 3233·6		2586·9	2587·1

* Knotenstrahlen der III. und IV. Gruppe.

* Knotenstrahl der III. und V. Gruppe.

† W. Huggins, Sternspectra. Arcturus: 3810, 3682·5, 3610, 3467.

? Die Linie $\lambda = 3682·6$ ist nach Hartley zweifelhaften Ursprunges.

st. = stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

Tafel III a.

Kadmium (H, <i>b</i>) $\lambda =$, beobachtet von Hartley und Adeney	Oxygen (O, O', <i>b</i>) $\frac{46}{41}\lambda =$	Wasserdampf (H ₂ O, O, O', <i>b</i>) $\frac{23}{32} \cdot \frac{46}{41}\lambda =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing und Dewar
4414·5	4952·8 ¹	3559·8	3559·3
4115·2	4617·0	3318·5	diffus: 3318·0
3986 Mascart	4472·1	3214·3	3214·4
3976·3	4461·2	3206·5	diffus: 3205·7 st.
3974·5	4459·2	3205·0	
3940·0	4420·5	3177·2	3177·2
3851·0	4320·6 ¹	3105·4	diffus: 3105·3
3810·0	4274·6 ²	3072·4	3072·6
(3682·6 ?)	4131·7	2969·7	2970·0
3611·8	4052·3	2912·6	Brit. Ass. Rep. 1886 { 2912·5 nbl.
3609·6	4049·8 ³	2910·8	1886 { 2910·9
3608·0 Mascart	4048	2909·5	2909·4
3535·0	3966·1 ³	2850·6	2850·7
3466·8	3889·1	2795·6	2795·7
3465·4	3888·0	2794·5	$\left\{ \frac{H'}{2} = 2795·1 \right.$ 2793·8
(3402·9)	3817·9	2744·1 neu	
3384·7	3797·5	2729·4	2729·9
3288·0 Mascart	3688·9	2651·4	2651·3 st.
3233·6	3627·9	2607·5 neu	$\left\{ \frac{H'}{2} = 2606·8 \right.$ 2608·4

¹ Im Oxygenspectrum: 4953 Huggins, 4320 Plücker.

² Im Luftspectrum von Hartley und Adeney: 4274·3.

³ Im Spectrum der Hydroxygenflamme von Liveing und Dewar: 4049·7, 3966·4.

st. = stark, verglichen mit den benachbarten Zahlen.

Tafel III b.

Kadmium (H, δ) $\lambda =$, beobachtet von Hartley und Adeney	Oxygen (O, O', O'', δ) $\frac{70}{59} \lambda =$	Wasserdampf (H ₂ O, O, O', O'', δ) $\frac{21}{32} \frac{70}{59} \lambda =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing und Dewar
4414·5	5237·5	3437·1	3437·4
4115·2	4882·4	3204·1	(3203·5)
3986 Mascart	4729·15	3103·5 neu	
3976·3	4717·6	3095·9	3095·8
3974·5	4715·5	3094·5	{ 3094·8 3094·2
3940·0	4674·6 ^{1, 2}	3067·7	{ diffus: 3068·2 diffus: 3067·2 st.
3851·0	4569·0	2998·4	2998·7
3810·0	4520·3	2966·5	2966·5
(3682·6 ?)	4369·2	2867·3	{ $\frac{H'}{2} = 2867·38$ Report 1886: 2867·8 2812·1
3611·8	4285·2	2812·1	
3609·5	4282·6	2810·4	$\frac{H'}{2} = 2810·6$
3608·0 Mascart	4280·7	2809·2	$\frac{H'}{2} = 2809·5$
3535·0	4194·1 ³	2752·3	$\frac{H'}{2} = 2752·25$
3466 8	4113·1	2699·2	{ $\frac{H'}{2} = 2699·28$ Mitte { 2699·7 von { 2698·8 2697·8
3465·4	4111·5	2698·1	
(3402·9)	4037·3 ³	2649·5 neu	{ Vergl. Tafel III c, 3. Col. 2635·7 2634·8
3384·7	4015·7	2635·3	
3288·0 Mascart	3901·0 ³	2560·0	2559·6 st.
3233·6	3836·5	2517·7	2517·5

¹ Im Oxygenspectrum: 4675 Plücker und Salet.² Im Luftspectrum von Hartley und Adeney: 4674·2.³ Im Spectrum der Hydroxygenflamme von Liveing und Dewar: 4193·7, 4036·8, 3900·6.

st. = stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

Tafel III c.

Kadmium (H, b) $\lambda =$, beobachtet von Hartley und Adeney	Sonnenspectrum		Wasser- dampf $\frac{2}{3} \lambda =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und Dewar
	Müller und Kempf, Pots- damer Publica- tionen 1886	Müller und Kempf's, reducirt auf Angströms Scala, Cornu		
4414·5	4415·59	4414·7	2943·0	Huggins: 2943
4115·2	4116·2	4115·4	2743·5 neu	
3986 Mascart		C:3986·0	2657·3	2657·4
3976·3 }		C:3976·6	2650·9	2650·7
3974·5 {			2649·7	Vgl. Taf. III b, 3. Col.
3940·0		C:3940·0	2626·7	2627·2
3851·0		C:3851·0	2567·3	2567·0
3810·0			2540·0	2540·2
(3682·6 ?)		C:3682·6	2455·1	2554·7
3611·8		C:3612·0	2407·9	2407·6
3609·6		C:3609·6	2406·4	2406·6
3608·0 Mascart		(C:3608·3 ?)	2405·3	2405·4
3535·0		(C:3535·4 ?)	2356·7	2356 6
3466·8			2311·2 neu	
3465·4		(C:3465·6 ?)	2310·3	2310·1
(3402·9)		C:3403·1 Fe)	2268·6	$\frac{H'}{2} = 2268·5; 2268·0$
3384·7			2256·5	\dagger bei $\frac{H'}{2} = 2257·4$
3288 Mascart		C:3287·5	2192 neu	
3233·6		(C:3233·3 ?)	2155·8 neu	

C = Cornu, „Spectre normal du soleil, 1881“.

4. Colonne \dagger . Zwischen $\frac{H'}{2} = 2257·4$ und $\frac{H'}{2} = 2254·9$ liegt eine Anzahl von Wellenlängen, welche einer Reihe von feinen, von Dr. Hasselberg nicht gemessenen Linien des II. oder zusammengesetzten H-Spectrums entsprechen.

IV. Gruppe der

T a-

Kadmium = (c) $\lambda =$ (Hartley und Adeney)	Oxygen „c“-Strahlen	Wasser- dampf (H ₂ O, O, O', O'', c) $\frac{3}{5} \lambda =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
* 5337 Kirchhoff		3202·2	3201·9
* 5153 Huggins		3091·8	diffus: 3092·0 st.
4798 Huggins		2878·8	2878·3
{ 4677·6 Liveing und Dewar }		2806·6	2806·8
{ 4676·7 Hartley etc. }	4677 Huggins	2806·0 neu	(bei 2805·4)
{ 4416 Huggins { (4415·5 Thalén) }	4416 Huggins	2649·6 neu	{ Vergl. Taf. III c, } 3. Colonne }
‡ 4414·5	4414·5 Schuster	2648·7	2648·2 st.
4215·3		2529·2	2529·2
4158·0 ?	4158 ? Pflücker	2494·8	$\frac{H'}{2} = 2494·76$
4141·0		2484·6	2384·9
4127·4		2476·4	$\frac{H'}{2} = 2476·0$
‡ 4115·2		2469·1	2469·6
3987·6		2392·6	$\frac{H'}{2} = 2392·5$
‡ 3986 Mascart		2391·6	2391·6
3498·2		2098·9	$\frac{H'}{2} = 2098·8$

* Knotenstrahlen der II. und IV. Gruppe.

‡ Knotenstrahlen der III. und IV. Gruppe.

Kadmiumstrahlen (Cd) = (c).

fel IV.

Wasser- dampf (H ₂ O, O. O', O'')	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar	Wasser- dampf $\frac{2}{3} \lambda =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
3502·4	3502·1	3558·0	3557·8
3220·6	3221·0	3435·3	3435·4
2998·7	2998·7	3198·7	3198·7
2923·5	2923·8	3118·4	$\frac{H'}{2} = 3118·63$
2922·9	Report 1886 { 2922·8 nebl.	3117·8	3117·4 st.
2760	2759·8	2944	$\left\{ \begin{array}{l} 2944·2 \\ \frac{H'}{2} = 2943·9 \end{array} \right.$
2759·1	2759·0	2943·0	Hugg.: 2943
2634·6	2634·8	2810·2	$\frac{H'}{2} = 2810·6$
2598·7	2598·6	2772·0	2772·3
2588·1 neu		2760·7	$\frac{H'}{2} = 2760·26$
2579·6 neu		2751·6	2751·0
2572·0 neu		2743 5 neu	(bei 2742·7)
2492·2	2592·3	2658·4	$\frac{H'}{2} = 2658·6$
2491·2	2491·1	2657·3	2657·4 st.
2186·4 neu		2332·1	2332·2

st. = stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

V. Gruppe der Kadmiumstrahlen

(Cd) = (H₂O, H, b).

Tafel V.

Kadmium (H ₂ O, H, b), $\lambda =$, beobachtet von Hartley und Adeney	Wasserdampf, beobachtet von Liveing und Dewar	Hydrogen (H, b) $\frac{5}{4} \lambda = \lambda' =$	Hydrogen- flamme, beobachtet von Liveing und Dewar
		Siehe Tafeln Va, b, c, 1. Colonne)	
3285·3	3285·7	4106·6	
3282·9	3282·9	4103·6	
3276·4	3276·3	4095·5	
3264·1 neblig	3263·6	4080·1	
3260·2	3260 7	4075·25 ¹	4075·6
3251·8	3252·0	4064·75	
3249·5	3249·8	4061·9	4061·7
* 3233·6 III, V	3233·2	4042·0	
3222·6	3222·8	4028·25	
3219·9	3220·0	4024·9	
3216·0	3215·9	4020·0	4019·9
3211·8	3212·0	4014·75	
3200·6	3200·4	4000·7 ¹	
3196·8	$\frac{H'}{2} = 3197·16$	3996·0	
3194·9	3194·5	3993·6	
3185·1	3185·6	3981·4	3981·1
3181·5	3181·0	3976·9	
(3176·1 † ?)		3970·1 † ?	
3172·9	3172·8	3966·1	3966·4
3161·0	3161·5	3951·3	
3156·6	3156·4	3945·75	
3152·7	3152·7	3940·9	3940·7

¹ Huggins, Sternspectra: „Arcturus“ 4075, „ α Aquilae“ 4000?

* Knotenstrahl der III. und V. Gruppe.

? Die sehr kurze und schwache Linie Cd $\lambda = 3176·1$ gehört mit Rücksicht auf die übrigen Kriterien hierher, obsehon eine ihr entsprechende Linie bis jetzt im H₂O-Spectrum nicht beobachtet wurde. Ihre wahrscheinlichste Wellenlänge dürfte 3176·4 sein.

Tafel V (Fortsetzung).

Kadmium (H ₂ O, H, b), $\lambda =$, beobachtet von Hartley und Adeney	Wasserdampf, beobachtet von Liveing und Dewar	Hydrogen (H, b) $\frac{5}{4} \lambda = \lambda'$	Hydrogen- flamme, beobachtet von Liveing und Dewar
		Die Tafeln Va, b, c, 1. Colonne	
3132·5	3132·6	3915·6 ¹	3915·5
3129·4	3129·9 st.	3911·75	
3123·6	3123·5	3904·5 ²	
3120·9	3121·3	3901·1	3900·6
3117·8	3117·4 st.	3897·25	
	$\left\{ \begin{array}{l} 3111·5 \\ \frac{H'}{2} = 3111·98 \end{array} \right\}$	3890·0	
3095·0	3094·8	3868·75	3868·2
3090·5	3090·6	3863·1	
3087·8	Report 1886 } 3087·9	3859·6	3859·1
3084·3	3084·6 st.	3855·4 ^{1, 2}	3855·5
3080·2	Huggins: 3080 st.	3850·25 ¹	3850·8
3076·7	3076·6	3845·9	3846·3
3073·2	Report 1886 } 3073·4	3841·5	3841·1
3067·8	diffus: 3068·2	3834·75 ¹	3834·4
3064·0	3063·9	3830·0	
3058·4	neu 3058·4 †	3823·0 ¹	3822·7
3052·3	3052·7	3815·4 ¹	3815·2
3048·2	3048·3	3810·25 ¹	
3034·9	$\frac{H'}{2} = 3034·78$	3793·6	3794·0
3023·8	3023·4	3779·75	(3779·0?)
	3016·6		
3016·1	Mitte $\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 3015·5 \end{array} \right\}$	3770·1	3769·5
3013·8	$\frac{H'}{2} = 3013·6$	3767·3 ¹	
3002·5	$\frac{H'}{2} = 3002·1$	3753·1	3753·0
2994·8	2994·8	3743·5	3743·7

¹ Huggins, Sternspectra: „ α Aquilae“ 3915?, „Arcturus“ 3856?, „Arcturus“ 3850, 3835, 3822·5, 3815, 3810; „ η Ursae majoris, α Virginis, α Cygni, Sirius“ 3767·5.

² H. W. Vogel im Hydrogenspectrum: 3904, 3856.

† (2. Colonne.) Siehe „Mathematische Spectralanalyse des Magnesiums und der Kohle“, Taf. V c, S. 63.

Tafel V (Fortsetzung).

Kadmium (H_2O , H, b); $\lambda =$, beobachtet von Hartley und Adeney	Wasserdampf, beobachtet von Liveing und Dewar	Hydrogen (H, b) $\frac{5}{4}\lambda = \lambda' =$	Hydrogen- flamme, beobachtet von Liveing und Dewar
		(Siehe Tafeln V a, b , c, 1. Colonne)	
** 2986·1 V, VI	2985·7	3732·6¹	
2979·9	diffus: 2980·2 st.	3724·9	
2970·2	2970·0	3712·75	
** 2964·5 V, VI	Report } 2964·5	3705·6	
	1886 }		
2951·4	2951·2	3689·25	
2947·1	2947·5	3683·9	3683·8
** 2909·9 V, VI	2909·4	3637·4 ¹	3637·4 z.st.
2880·1	diffus: 2880·3	3600·1	3600·4
** 2868·0 V, VI	2868·3 st.	3585·0¹	(3584·3 ?)
{ 2833·0	2833·3	3541·25	} 3540·7
{ 2832·3	Report } 2832·3	3540 4	
	1886 }		
** 2807·3 V, VI	$\frac{H'}{2} = 2807·66$	3509·1	
** 2804·0 V, VI	2804 2	3505·0 ¹	
2774·5	2774·9	3468·1	3467·7 z.st.
2766·5	2766·3	3458·1	3458·2
** 2763·1 V, VI	$\left\{ \frac{H'}{2} = 2762·99 \right\}$ 2762·6	3453·9 —	
** 2726·9 V, VI	$\frac{H'}{2} = 2726·98$	3408·6	
** 2706·0 V, VI	2706·2	3382·5	
** 2677·2 V, VI	2677·3 st.	3346·5	3346·2
** 2645·4 V, VI	2645·7	3306·75	

** Empirische Knotenstrahlen der V. und VI. Gruppe.

¹ Huggins' Sternspectra „Areturus“: 3732·5, 3637·5, 3585, (3504·5 ?).

† 3540·7 dürfte die Mitte einer Doppellinie im Spectrum der Hydrogenflamme sein, welche als eine einzige relativ ziemlich starke Linie erscheint.

st. = stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

z. st. = ziemlich stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

Tafel V (Fortsetzung).

Kadmium (H ₂ O, H, <i>b</i>); $\lambda =$, beobachtet von Hartley und Adeney	Wasserdampf, beobachtet von Liveing und Dewar	Hydrogen (H, <i>b</i>) $\frac{5}{4} \lambda = \lambda' =$
2632·3	2632·4	(Siehe Tafeln V <i>a</i> , <i>b</i> , <i>c</i> , 1. Colonne 3290·4
2630·2	$\frac{H'}{2} = 2630·47$	3287·75
2618·0	2618·1	3272·5
2614·0	$\frac{H'}{2} = 2614·0$	3267·5
** 2611·0 V, VI	2611·0	3263·75
2600·8	2600·9	3251·0
** 2598·8 V, VI	2598·6	3248·5
** 2574·2 $\left\{ \begin{array}{l} \text{V, VI} \\ \text{Mascart} \end{array} \right\}$	2574·5	3217·75
** 2563·2 V, VI	Mitte von $\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2563·6 \\ 2562·6 \end{array} \right\}$	3204·0
2551·6	$\frac{H'}{2} = 2551·39$	3189·5
** 2547·2 V, VI	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2547·1 \\ 2547·7 \end{array} \right\}$	3184·0
2499·6	2499·8	3124·5
** 2488·2 V, VI	Mitte von $\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2488·6 \\ \frac{H'}{2} = 2487·8 \end{array} \right\}$	3110·2

** Empirische Knotenstrahlen der V. und VI. Gruppe.

Tafel V (Fortsetzung und Schluss).

Kadmium (H_2O , H, b); $\lambda =$, beobachtet von Hartley und Adeney	Wasserdampf, beobachtet von Living und Dewar	Hydrogen (H, b) $\frac{5}{4} \lambda = \lambda' =$
		(Siehe Tafeln V a, b, c, 1. Colonne)
** 2469·3 V, VI	2469·6	3086·6
** 2376·6 V, VI	2376·6	2970·75
2329·5	$\frac{H'}{2} = 2329·79$	2911·9
2313·5 Cornu	$\frac{H'}{2} = 2313·4$	2891·9
** 2288·9 V, VI } (2288·5 Cornu) }	$\frac{H'}{2} = 2288·56$	2861·1
2268·6	$\frac{H'}{2} = 2268·5$	2835·75
2265·9	$\frac{H'}{2} = 2266·0$	2832·4
** 2227·0 V, VI	$\frac{H'}{2} = 2226·8$	2783·75
2206·2	$\frac{H'}{2} = 2205·8$	2757·75
2111·5	$\frac{H'}{2} = 2111·68$	2639·4

** Empirische Knotenstrahlen der V. und VI. Gruppe.

Tafel V a.

Hydrogen (H, b) $\lambda' =$ (siehe Tafel V, 3. Colonne)	Oxygen (O, O', b) $\frac{46}{41} \lambda' =$	Wasser- dampf (H ₂ O, O, O', b) $\frac{23 \cdot 46}{32 \cdot 41} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing und Dewar
4106·6	4607·4 ¹	3311·6	3311·4
4103·6	4604·0	3309·2	3308·9
4095·5	4594·95 ^{1, 2}	3302·6 neu	
4080·1	4577·7	3290·2	3289·9
4075·25	4572·2	3286·3 neu	Mitte von $\begin{cases} 3286·9 \\ 3285·7 \end{cases}$
4064·75	4560·4	3277·8	diffus: 3278·3
4061·9	4557·2	3275·5	3275·5 st.
4042·0	4534·9	3259·5 neu	
4028·25	4519·5	3248·4	3248·4
4024·9	4515·7	3245·7	Huggins: 3246
4020·0	4510·2	3241·7 neu	(3242·3)
4014·75	4504·3	3237·5	3237·9
4000·75	4488·6	3226·2	3225·9
3996·0	4483·3	3222·4	3222·8
3993·6	4480·6	3220·4	3220·0
3981·4	4466·9 ¹	3210·6	Huggins: 3211
3976·9	4461·9	3207·0	Huggins: 3207·5
(3970·1 +?)	4454·3 + ¹	3201·5 +	3201·9
3966·1	4449·8 ¹	3198·3	3198·7
3951·3	4433·1 ²	3186·3	(bei 3185·6
3945·75	4426·9	3181·8	Mitte von $\begin{cases} 3182·6 \\ 3181·0 \end{cases}$
3940·9	4421·5	3177·9 neu	(3177·2)

¹ Im Oxygenspectrum: Schwaches Band bei 4608 Schuster; 4595·1 Schuster; 4467 Huggins, Salet; 4455 Salet; 4450 Pflücker, Salet.

² Im Luftspectrum von Hartley und Adeney: 4595·0, 4432·6 (nebligtes Band).

Tafel V a (Fortsetzung).

Hydrogen (H, b); $\lambda' =$ (siehe Tafel V, 3. Colonne)	Oxygen (O, O', b) $\frac{46}{41} \lambda' =$	Wasser- dampf (H ₂ O, O, O', b) $\frac{23 \cdot 46}{32 \cdot 41} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing und Dewar
3915·6 3911·75	4393·1 4388·8	3157·6 3154·4	3157·3 3154·0 st.
3904·5	4380·6	3148·6	$\left\{ \frac{H'}{2} = 3148·45 \right.$ 3148·0
3901·1 3897·25	4376·8 4372·5 ¹	3145·8 neu 3142·7	(bei 3145·1) 3142·5
3890·0	4364·4 ¹	3136·9	$\left\{ \frac{H'}{2} = 3136·5 \right.$ 3136·3
3868·75 3863·1	4340·5 ¹ 4334·2 ¹	3119·7 3115·2 § neu	3119·2 (bei 3114·3 st.)
3859·6 3855·4 3850·25 3845·9	4330·3 ² 4325·5 4319·8 ¹ 4314·9	3112·4 3109·0 3104·8 3101·3	3112·8 st. 3108·8 st. diffus: 3105·3 st. 3101·6
3841·5	4310·0	3097·8	$\left\{ \frac{H'}{2} = 3098·0 \right.$ 3098·3
3834·75	4302·4 ²	3092·3	diffus: 3092·0 st.
3830·0	4297·1	3088·5	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Report} \\ 1886 \end{array} \right\} 3087·9$
3823·0 3815·4 3810·25	4289·2 4280·7 4274·9 ²	3082·9 3076·7 3072·6	3082·6 st. 3076·6 3072·6
3793·6 3779·75	4256·2 4240·7 ²	3059·2 3048·0	$\frac{H'}{2} = 3059·2$ 3048·3 st.
3770·1 —	4229·2	3040·2	$\left\{ \frac{H'}{2} = 3040·0 \right.$ 3039·9
3767·3	4226·7	3037·9	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Report} \\ 1886 \end{array} \right\} 3037·9$
3753·1 3743·5	4210·8 4200·0	3026·5 3018·7 neu	$\frac{H'}{2} = 3026·0$

¹ Im Oxygenspectrum: 4372 H. C. Vogel; 4364 Huggins; 4341 Pflücker; 4334 Pflücker; 4320 Pflücker.

² Im Luftspectrum von Hartley und Adeney: 4330·8, 4302·0, 4275·3 neblig, 4240·6 stark, neblig.

§ Vergl. Tafel V b, 3. Colonne.

Tafel V a (Fortsetzung).

Hydrogen (H, b); $\lambda' =$ (siehe Tafel V, 3. Colonne)	Oxygen (O, O', b) $\frac{46}{41} \lambda' =$	Wasser- dampf (H ₂ O, O, O', b) $\frac{23 \cdot 46}{32 \cdot 41} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing und Dewar
3732·6	4187·8	3010·0	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 3010·2 \\ \text{Huggins: } 3010·0 \end{array} \right.$
3724·9	4179·1	3003·7	$\frac{H'}{2} = 3003·2$
3712·75	4165·5	2994·0	Huggins: 2994·0
3705·6	4157·5 ^{1, 2, 3}	2988·2	2988·5
3689·25	4139·1	2975·0	2975·1
3683·9	4133·1²	2970·7	2970·7
3637·4	4081·0	2933·2	2933·5
3600·1	4039·2	2903·1	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Report} \\ 1886 \end{array} \right\} 2902·9$
3585·0	4022·2	2891·0	2890·8
$\left\{ \begin{array}{l} \textbf{3541·25} \\ 3540·4 \end{array} \right.$	3973·1	2855·7	2855·4
	3972·1 ²	2855·0	2854·9
3509·1	3937·0	2829·75	2829·8
3505·0	3932·4 ²	2826·4	2826·3
3468·1	3891·0	2796·7	2796·9
3458·1	3879·8	2788·6	2788·3
3453·9 —	3875·1—	2785·2—	2784·7
3408·6	3824·3²	2748·7	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2749·2 \\ 2748·3 \text{ st.} \end{array} \right.$
3382·5	3795·0	2727·7	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2728·2 \\ 2728·09 \end{array} \right.$
3346·5	3754·6	2698·6	2698·8
3306·75	3710·0 ³	2666·6	bei 2666·0

¹ Im Oxygenspectrum: 4158? Pfücker.² Im Luftspectrum von Hartley und Adeney: 4157·9 neblig, 4132·8, 3972·5, 3932·9, 3824·0.³ In der Hydroxygenflamme von Liveing und Dewar: 4157·4 (dürfte doppelt sein und die eine Linie dem Oxygen-, die andere dem Wasserspectrum gehören), 3710·3.

Tafel V a (Fortsetzung und Schluss).

Hydrogen (H, δ); $\lambda' =$ (siehe Tafel V, 3. Colonne)	Oxygen (O, O', δ) $\frac{46}{41} \lambda' =$	Wasser- dampf (H ₂ O, O, O', δ) $\frac{23 \cdot 46}{32 \cdot 41} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing und Dewar
3290·4 3287·75	3691·6 ³ 3688·7	2653·3 2651·2	2653·7 2651·3 st. 2638·5
3272·5	3671·6	2638·9	$\left\{ \begin{array}{l} H' \\ \frac{H'}{2} = 2638·89 \end{array} \right.$
3267·5	3666·0	2634·9	2634·8
3263·75	3661·8	2631·9	$\left\{ \begin{array}{l} \text{diffus: } 2631·3 \\ \frac{H'}{2} = 2631·8 \end{array} \right.$
3251·0	3647·5³	2621·6	2621·4
3248·5	3644·6	2619·6 neu	(bei 2618·9)
3217·75	3610·15 ²	2594·8	2594·6
3204·0	3594·7 ²	2583·7 neu	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2584·0 \\ 2584·4 \end{array} \right.$
3189·5	3578·5 ³	2572·0 neu	(bei 2572·9)
3184·0	3572·3	2567·6	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2568·3 \\ 2567·0 \end{array} \right.$
3124·5	3505·5	2519·6	2519·8
3110·25	3489·5 ³	2508·1	2508·1
3086·6	3462·9 ³	2489·0	2489·3
2970·75	3333·0	2395·6 neu	$\left\{ \begin{array}{l} 2396·3 \\ 2394·8 \end{array} \right.$
2911·9	3267·0	2348·1	2347·5
2891·9	3244·5	2332·0	2332·2
2861·1	3210·0	2307·2	2307·5
2835·75	3181·6	2286·7 neu	(bei $\frac{H'}{2} = 2287·4$)
2832·4	3177·8	2284·0	2283·6
2783·75	3123·2	2244·8	$\frac{H'}{2} = 2244·87$
2757·75	3094·1	2223·8	$\frac{H'}{2} = 2223·6$
2639·4	2961·2	2128·4 neu	

² Im Luftspectrum von Hartley und Adeney: 3610·0, 3595·0.³ In der Hydroxygenflamme von Liveing und Dewar: 3691·3, 3647·7, 3578·7, 3489·5, 3462·6.

st. = stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

Tafel V b.

Hydrogen (H, δ); $\lambda' =$ (siehe Tafel V, 3. Colonne)	Oxygen (O, O', O'', δ) $\frac{70}{59} \lambda' =$	Wasser- dampf (H ₂ O, O, O', O'', δ) $\frac{21}{32} \cdot \frac{70}{59} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
4106·6	4872·3 ¹	3197·4	$\frac{H'}{2} = 3197·16$
4103·6	4868·7	3195·1 neu	(bei 3194·5)
4095·5	4859·2	3188·8	Huggins: 3189
4080·1	4840·8 ¹	3176·8	3177·2
4075·25	4835·0	3173·0	3172·8
4064·75	4822·6	3164·8	(diffus: 3163·9)
4061·9	4819·2	3162·6	3162·8
4042·0	4795·6	3147·1	diffus: 3146·9 st.
4028·25	4779·3	3136·4	3136·3 st.
4024·9	4775·3	3133·8	3133·7 st.
4020·0	4769·5	3130·0	3129·9 st.
4014·75	4763·3	3125·9	3126·0
4000·75	4746·6	3115·0 § neu	(bei 3114·3 st.)
3996·0	4741·0 ¹	3111·3	3111·5 st.
3993·6	4738·2	3109·4	3109·7 st.
3981·4	4723·7	3099·9	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 3100·38 \\ \frac{H'}{2} = 3099·33 \end{array} \right.$
3976·9	4718·3	3096·4	3096·3 st.
(3970·1+?)	4710·3+ ¹	3091·1+	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 3099·38 \\ \frac{H'}{2} = 3091·09 \end{array} \right.$
3966·1	4705·5 ¹	3088·0	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Report} \\ 1886 \end{array} \right\} 3087·9$
3951·3	4687·9	3076·4	3076·6
3945·75	4681·4	3072·15	$\left\{ \begin{array}{l} 3072·6 \\ 3071·5 \text{ st.} \end{array} \right.$
3940·9	4675·6 ¹	3068·4	diffus: 3068·2

¹ Im Oxygenspectrum: 4872 Huggins; 4840·8† liegt am Rande eines sehr schwachen Bandes bei 4841·6 (Schuster: 4841·6 bis 4850·0); 4740·9 Schuster; 4711? Pflücker (4705 Huggins, 4706 Sallet); 4675·4 Schuster.

§ Vergl. Tafel V a, 3. Colonne.

Tafel V b (Fortsetzung).

Hydrogen (H, b), $\lambda' =$ (siehe Tafel V, 3. Colonne)	Oxygen (O, O', O'', b) $\frac{70}{59} \lambda' =$	Wasser- dampf (H ₂ O, O, O' O'', b) $\frac{21}{32} \cdot \frac{70}{59} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
3915·6	4645·6	3048·7	3048·3 st.
3911·75	4641·1 ^{1, 2}	3045·7	Huggins: 3046
3904·5	4632·45	3040·0	$\left\{ \frac{H'}{2} = 3040·0 \right.$ 3039·9
3901·1	4628·4 ²	3037·4	{Report} 1886 } 3037·9
3897·25	4623·85	3034·4	Report } 3034·1 1886 } Mitte eine Doppellinie
3890·0	4615·25	3028·7	Huggins: 3029
3868·75	4590·0 ¹	3012·2 neu	(bei 3012·9)
3863·1	4583·4 ¹	3007·8	3008·2
3859·6	4579·2	3005·1	3005·0
3855·4	4574·2	3001·8	3001·9
3850·2	4568·1	2997·8	2997·8
3845·9	4562·9	2994·4	2994·8
3841·5	4557·7	2991·0	$\left\{ \frac{H'}{2} = 2991·08 \right.$ 2990·5
3834·75	4549·7	2985·7	2985·7
3830·0	4544·1	2982·0	2982·2
3823·0	4535·8	2976·6 neu	—
3815·4	4526·7	2970·6	2970·7
3810·25	4520·6	2966·6	2966·5
3793·6	4500·9	2953·7	2953·2
3779·75	4484·4	2942·9	Huggins: 2943
3770 ¹ —	4473·0	2935·4	2935·2
3767·3	4469·6 ¹	2933·3	2933·5
3753·1	4452·8 ¹	2922·2	Huggins: 2922·5
3743·5	4441·4	2914·7 neu	—

¹ Im Oxygenspectrum: 4640·6 Schuster (doppelt nach Huggins), 4589·9 Schuster, 4583 H. C. Vogel, 4469·2 Schuster, 4452·7 Schuster.

² Im Luftspectrum von Hartley und Adeney: 4641·2, 4628·9 stark.

Tafel V b (Fortsetzung).

Hydrogen (H, δ), $\lambda' =$ (siehe Tafel V, 3. Colonne)	Oxygen (O, O', O'', δ) $\frac{70}{59} \lambda' =$	Wasser- dampf (H ₂ O, O, O', O'', δ) $\frac{21}{32} \cdot \frac{70}{59} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
3732·6	4428·5	2906·2	2906·0
3724·9	4419·3	2900·2	2900·2
3712·75	4404·95	2890·7	2890·8
3705·6	4396·5	2885·2	2885·3
3689·25	4377·1	2872·4	Huggins: 2872·5
3683·9	4370·7	2868·3	2868·3
3637·4	4315·4	2832·1	{ Report } 2832·3 1886 { Mitte einer Doppellinie
3600·1	4271·3	2803·0	2802·9
3585·0	4253·4 ²	2791·3	2791·7
3541·25	4201·5	2757·2	{ 2757·0 st. wahrscheinl. doppelt
3540·4	4200·4	2756·5	
3509·1	4163·3	2732·2	2732·1
3505·0	4158·5 ¹	2729·0 neu	{ 2728·2 } { 2729·9 }
3468·1	4114·7	2700·3	$\frac{H'}{2} = 2700·24$
3458·1	4102·8 ²	2692·5	2692·5
3453·9—	4097·8—	2689·2—	2688·9
3408·6	4044·1	2653·9	2653·7
3382·5	4013·1	2633·6	2633·4
3346·5	3970·4	2605·6	2605·2
3306·75	3923·2 ³	2574·6	2574·5
3290·4	3903·8	2561·9	Mitte { 2562·6 von { $\frac{H'}{2} = 2561·28$
3287·75	3900·7 ³	2559·8	2559·6 st.
3272·5	3882·6	2547·9	2547·7 z. st.
3267·5	3876·7	2544·1 neu	(bei $\frac{H'}{2} = 2544·77$)

¹ Im Oxygenspectrum: 4158 ? Plücker.² Im Luftspectrum von Hartley und Adeney: 4253·4, 4102·6.³ In der Hydroxygenflamme von Liveing und Dewar: 3923·5 doppelt, oder eine Gruppe; 3900·6.

Tafel V b (Fortsetzung und Schluss).

Hydrogen (H, δ), $\lambda' =$ (siehe Tafel V, 3. Colonne)	Oxygen (O, O', O'', δ) $\frac{70}{59} \lambda' =$	Wasser- dampf (H ₂ O, O, O', O'', δ) $\frac{21}{32} \frac{70}{59} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
3263·75	3872·2	2541·1 neu	(bei $\frac{H'}{2} = 2540·5$)
3251·0	3857·1	2531·2	2531·4
3248·5	3854·2	2529·3	2529·2
3217·75	3817·7	2505·3	2505·2
3204·0	3801·3	2494·6	$\frac{H'}{2} = 2494·76$
3189·5	3784·2 ³	2483·3	2483·7
3184·0	3777·6	2479·1	2479·3
3124·5	3707·0 ³	2432·7 neu	Mitte { 2433·3 von { 2431·8
3110·25	3690·1	2421·6	2421·6
3086·6	3662·1	2403·2	2403·2
2970·75	3524·6	2313·0	$\frac{H'}{2} = 2313·43$
2911·9	3454·8	2267·2	$\frac{H'}{2} = 2266·86$
2891·9	3431·0	2251·6	—
2861·1	3394·5 ³	2227·6	$\frac{H'}{2} = 2227·6$
2835·75	3364·4	2207·9	$\frac{H'}{2} = 2208·3$
2832·4	3360·4	2205·3	Mitte { $\frac{H'}{2} = 2205·8$ von { $\frac{H'}{2} = 2204·9$
2783·75	3302·7	2167·4	—
2757·75	3271·9	2147·2	—
2639·4	3131·5	2055·0	$\frac{H'}{2} = 2054·71$

³ In der Hydroxygenflamme, von Liveing und Dewar: 3784·7?, 3707·0, 3394·5.

st. = stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

s. st. = sehr stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

z. st. = ziemlich stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

Tafel V c.

Hydrogen (H, b), $\lambda' =$ (siehe Tafel V, 3. Colonne)	Sonnenspectrum		Wasserdampf $\frac{2}{3} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
	Müller und Kempf, Potsdamer Publication 1886. Eigene Scala	Müller und Kempf's reducirt auf Angström's Scala. Cornu		
4106·6	4107·76	4106·9	2737·7	2737·8 z. st.
4103·6	4104·40	4103·8	2735·7	2735·5
4095·5	4096·29	4095·5	2730·3	2730·6 z. st.
4080·1	4080·47	4079·7	2720·1	2719·8 z. st.
4075·25	4076·21	4075·4	2716·8	2717·2 z. st.
4064·75	4065·66	4064·8	2709·8	2709·6 z. st.
4061·9	4062·73	4061·9	2707·9 neu	(bei 2707·2)
4042·0	4042·67	4041·9	2694·7 neu	(bei 2695·4)
4028·25	4029·17	4028·3	2685·5	2685·5
4024·9	4025·84	4025·0	2683·3	Band {2683·7 2683·0}
4020·0	4020·64	4019·8	2680·0 neu	(bei 2680·9 z. st.)
4014·75	4015·34	4014·5	2676·5 neu	—
4000·75	4001·51	4000·7	2667·2 neu	bei $\frac{H'}{2} = 2667·9$
3996·0	3996·89	3996·1	2664·0	2663·9 st.
3993·6	3994·38	3993·6	2662·4 neu	—
3981·4	3982·31	3981·5	2654·3	2654·3
3976·9	3978·02	3977·2	2651·3	2651·3 st.
(3970·1+?)	{ 3971·27 (3970·61)	{ 3970·5 (3969·8)}	2646·7+	—
3966·1	3966·82	2966·0	2644·1	2644·2
3951·3	3952·11	3951·3	2634·2	(bei 2634·8)
3945·75	3946·72	3945·9	2630·5	$\frac{H'}{2} = 2630·47$
3940·9	3941·62	3941·8	2627·3	2627·2

Tafel V c (Fortsetzung).

Hydrogen (H, δ), $\lambda' =$ (siehe Tafel V, 3. Colonne)	Sonnenspectrum		Wasserdampf $\frac{2}{3} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
	Müller und Kempf, Potsdamer Publication 1886. Eigene Scala	Müller und Kempfs reducirt auf Angström's Scala. Cornu		
3915·6	3916·42	3915·6	2610·4	Deslannes 2610·5 st.
3911·75	3912·52	3911·7	2607·8	(bei 2608·4) st.
3904·5	3905·50	3904·7	2603·0	2603·2
3901·1	3901·90	3901·1	2600·7	2600·9
3897·25	3998·32	3897·5	2598·2	$\left\{ \frac{H'}{2} = 2597·95 \right\}$ 2598·6
3890·0	Cornu:	3890·0	2593·3	$\left\{ \frac{H'}{2} = 2592·8 \right\}$ 2593·77
3868·75	"	3868·9	2579·1 neu	—
3863·1	"	3863·0	2575·4 neu	—
3859·6	"	3859·6	2573·1	2573·4
3855·4	" Band	$\left\{ \begin{array}{l} \text{von } 3855·7 \text{ Fe} \\ \text{bis } 3855·0 \end{array} \right.$	2570·3	2570·4
3850·2	"	3850·0 Fe	2566·8	2567·0
3845·9	"	3845·9 Fe	2563·9	$\frac{H'}{2} = 2563·64$
3841·5	"	3841·4	2561·0	$\frac{H'}{2} = 2561·28$
3834·75	"	3834·6	2556·5	2556·4 z. st.
3830·0	"	3830·0	2553·3	2553·4 st.
3823·0	"	3823·0	2548·7 neu	—
3815·4	"	3815·3	2543·6 neu	—
3810·25	"	(3810·6 ?)	2540·2	2540·2
3793·6	"	3793·4	2529·1	2529·2
3779·75	"	3779·8	2519·8	2519·8
3770·1—	"	3770·0	2513·4	2513·1
3767·3	"	3767·0	2511·5	2511·1
3753·1	"	3753·0	2502·1 neu	—
3743·5	" Rand eines Bandes	3743·5	2495·7	2495·7

Tafel V c (Fortsetzung).

Hydrogen (H, δ), $\lambda' =$ (siehe Tafel V, 3. Colonne)	Sonnenspectrum		Wasserdampf $\frac{2}{3} \lambda' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
	Müller und Kempf, Potsdamer Publication 1886. Eigene Scala	Müller und Kempf's reducirt auf Angström's Scala. Cornu		
3732·6	Cornu:	3732·4 Fe	2488·4	$\frac{H'}{2} = 2488·6$
3724·9	"	3725·0	2483·3	$\left\{ \begin{array}{l} 2483·7 \\ \frac{H'}{2} = 2483·06 \end{array} \right.$
3712·75	"	3713·0	2475·2 neu	—
3705·6	"	3705·6 Ca	2470·4	$\frac{H'}{2} = 2470·8$
3689·25	"	3689·1	2459·5	2459·2
3683·9	"	3683·9 Fe	2355·9	2456·0 z. st.
3637·4	"	3637·6 Fe	2424·9 neu	(bei $\frac{H'}{2} = 2424·28$)
3600·1	"	3600·4	2400·1 neu	(bei 2399·4
3585·0	"	3585·0 Fe	2390·0	$\frac{H'}{2} = 2389·88$
(3541·25	"	(3541·5 Fe)	2360·8}	2360·6 }
3540·4	"	3540·0	2360·3}	$\frac{H'}{2} = 2360·2$ }
3509·1			2339·4	$\frac{H'}{2} = 2339·15$
3505·0			2336·7	$\frac{H'}{2} = 2337·0$
3468·1	"	3467·7	2312·1	$\frac{H'}{2} = 2312·17$
3458·1	"	3458·0 Ni	2305·4 neu	—
3453·9—	"	(3453·3 Co)	2302·6 neu	—
3408·6	"	3408·7	2272·4	2272·2
3382·5	"	3383·0 ?	2255·0	$\frac{H'}{2} = 2254·92$
3346·5	"	3346·7 Ti	2231·0	$\left(\frac{H'}{2} = 2231·55 \right)$

Tafel V c (Fortsetzung und Schluss).

Hydro- gen (H, δ) $\lambda' =$ (siehe Tafel V, 3. Colonne)	Sonnenspectrum		Wasser- dampf $\frac{2}{3} \lambda' =$	Wasserdampf beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
	Müller und Kempf, Potsdamer Publication 1886. Eigene Scala	Müller und Kempf's reducirt auf Angström's Scala. Cornu		
3306·75	Cornu:	3306·6	2204·5	$\frac{H'}{2} = 2204·93$
3290·4			2193·6 neu	$\frac{H'}{2} = 2193·43$
3287·75	"	3287·5	2191·8 neu	
3272·5	"	3272·5	2181·7 neu	
3267·5	"	3267·5	2178·3 neu	
3263·75	"	3263·8 Fe	2175·8 neu	
3251·0	"	3251·1	2167·3 neu	
3248·5	"	3248·6 Ni	2165·7 neu	
3217·75	"	{3218·0} {3217·5}	2145·2 neu	
3204·0	"	3204·0	2136·0 neu	
3189·5	"	3189·5	2126·3 neu	
3184·0	"	3184·3	2122·7 neu	
3124·5	"	3124·6	2083·0 neu	$\frac{H'}{2} = 2083·4$
3110·25	"	3110·0	2073·5 neu	
3086·6	"	3086·5	2057·7 neu	
2970·75	"	2970·7 Fe	1980·5 neu	
2911·9			1941·2 neu	
2891·9			1927·9 neu	
2861·1			1907·4 neu	
2835·75			1890·5 neu	
2832·4			1888·3 neu	
2783·75			1855·8 neu	
2757·75			1838·5 neu	
2639·4			1759·6 neu	

VI. Gruppe der Kadmiumstrahlen.

Tafel VI.

Kadmium (beobachtet von Hartley und Adeney) $\lambda =$	Wasser- dampf (H ₂ O, H, b) $\lambda' = \frac{7}{6} \lambda =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar	Hydrogen (H, b) $\lambda'' = \frac{5}{4} \lambda' =$ $= \frac{5}{4} \cdot \frac{7}{6} \lambda =$
3209·0	3743·8	3743·7	4679·75
3177·0	3707·5	3707·0	4634·4
* 2986·1 V. VI.	3483·8	3483·9 st.	4345·7
* 2964·5 V. VI.	3458·6	3458·2	4323·25
* 2909·9 V. VI.	3394·9	3394·5	4243·6
* 2868·0 V. VI.	3346·0	3346·2	4182·5 ³
2836·1	3308·8	3308·9	4136·0
* 2832·3 V. VI.	3304·35	3304·2	4130·4 ²
* 2807·3 V. VI.	3275·2	3275·5 st.	4094·0 ³
* 2804·0 V. VI.	3271·3	3271·4	4089·15
2779·8	3243·1	{Huggins: 3242·5} {Liveing: 3243·7}	4053·9
* ? 2763·1 V. VI.	3223·6	(bei 3222·8	4029·5
* 2747·7	3205·65	diffus: 3205·7 st.	4007·1 ³
2743 Mascart	3200·2	3200·4	4000·2 ²
* 2726·9 V. VI.	3181·4	3181·0	3976·7
* 2706·0 V. VI.	3157·0	3157·3	3946·25
* 2677·2 V. VI.	3123·4	3123·5 st.	3904·25 ¹
2658·5	3101·6	3101·6 st.	3877·0 ¹
2649·4	3091·0	3090·6 st.	3863·7
2645·4	3086·3	3086·7 st.	3857·9

¹ Hydrogenspectrum, H. W. Vogel: 3904, 3877.² Huggins' Sternspectra „ α Aquilæ“: 4131, 4000.³ Liveing und Dewar, in der Hydroxygenflamme: 4182·0
4094·2, 4006·7.

* Empirische (zumeist wohl nur scheinbare) Knoten- oder Verzweigungsstrahlen der V. und VI. Gruppe.

st. = stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

Tafel VI (Fortsetzung).

Kadmium (beobachtet von Hartley u. Adeney) $\lambda =$	Wasser- dampf (H ₂ O, H, b) $\lambda' = \frac{7}{6} \lambda =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar	Hydrogen (H, b) $\lambda'' = \frac{5}{4} \lambda' =$ $= \frac{5}{4} \cdot \frac{7}{6} \lambda =$
$\left\{ \begin{array}{l} 2639 \cdot 7 + \\ 2639 \cdot 5 - \\ 2635 \cdot 3 \\ 2632 \cdot 7 \\ 2629 \cdot 1 \\ 2624 \cdot 8 \\ * 2611 \cdot 0 \text{ V. VI.} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3079 \cdot 65 + \\ 3079 \cdot 4 - \\ 3074 \cdot 5 \\ 3071 \cdot 5 \\ 3067 \cdot 3 \\ 3062 \cdot 3 \\ 3046 \cdot 2 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Report} \left\{ \begin{array}{l} 1886 \end{array} \right\} : 3079 \cdot 8 \text{ st.} \\ 3079 \cdot 3 \text{ st.} \\ 3074 \cdot 4 \\ 3071 \cdot 5 \text{ st.} \\ \text{diffus: } 3067 \cdot 2 \text{ st.} \\ \text{Huggins: } 3062 \text{ st.} \\ \text{Huggins: } 3046 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3849 \cdot 6 +^2 \\ 3849 \cdot 3 -^1 \\ 3843 \cdot 1 \\ 3839 \cdot 4 \\ 3834 \cdot 1^{1,2} \\ 3827 \cdot 8 \\ 3807 \cdot 7^2 \end{array} \right.$
$* 2598 \cdot 8 \text{ V. VI.}$	3031·9	$\frac{H'}{2} = 3031 \cdot 44$	$3789 \cdot 9^3$
2595·3	3027·8	§ 3027·8	3784·75
2592·0	3024·0	$\frac{H'}{2} = 3023 \cdot 6$	3780·0
2587·8	3019·1	Huggins: 3019·5	3773·9
2585·0	3015·8	$\frac{H'}{2} = 3015 \cdot 53$	$3769 \cdot 8^{1,3}$
$* 2574 \cdot 2 \left\{ \begin{array}{l} \text{V. VI.} \\ \text{Mascart} \end{array} \right.$	3003·2	$\frac{H'}{2} = 3003 \cdot 2$	$3754 \cdot 0$
2572·2	3000·9	$\frac{H'}{2} = 3001 \cdot 1$	$3751 \cdot 1^3$
$* 2563 \cdot 2 \text{ V. VI.}$	2990·4	2990·5	$3738 \cdot 0^1$
2557·4	2983·6	diffus: 2983·8	$3729 \cdot 5^{2,3}$
2555·0	2980·8	$\left\{ \begin{array}{l} \text{diffus: } 2980 \cdot 2 \text{ st.} \\ \frac{H'}{2} = 2981 \cdot 3 \end{array} \right.$	$3726 \cdot 0$
$* 2547 \cdot 2 \text{ V. VI.}$	2971·7	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Report} \left\{ \begin{array}{l} 1886 \end{array} \right\} : 2971 \cdot 8 \\ 2968 \cdot 5 \end{array} \right.$	$3714 \cdot 6$
2544·5	2968·6		$3710 \cdot 75^{1,3}$
$* 2488 \cdot 2 \text{ V. VI.}$	2902·9	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Report} \left\{ \begin{array}{l} 1886 \\ 1888^3 \end{array} \right\} : 2902 \cdot 9 \\ 2902 \cdot 5 \end{array} \right.$	$3628 \cdot 6$

¹ Hydrogenspectrum. H. W. Vogel: 3849, 3834; Cornu: 3769·4, 3738·3 (Nebelbild Nr. 1), 3710·7.

² Huggins Sternspectra: „Arcturus“: 3850; „ α Aquilae“, „ α Virginis“, „ α Lyrae“ etc. 3834; „ α Aquilae“: 3807·5; „Arcturus“: 3730.

³ Liveing u. Dewar in der Hydroxygenflamme: 3789·6, 3769·5, 3751·0, 3729·3, 3710·3.

* Empirische Knotenstrahlen der V. und VI. Gruppe.

§ Nach Brit. Assoc. Report. 1886 ist 3027·8 die Mitte einer Doppellinie.

Tafel VI (Fortsetzung und Schluss.)

Kadmium (beobachtet von Hartley und Adeney) $\lambda =$	Wasserdampf (H ₂ O, H, b) $\lambda' = \frac{7}{6} \lambda =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar	Hydrogen (H, b) $\lambda'' = \frac{5}{4} \lambda' =$ $= \frac{5}{4} \cdot \frac{7}{6} \lambda =$
* 2469·3 V. VI.	2880·85	2881·1	3601·1
2418·5	2821·6	2821·8 st.	3527·0 ³
2377·3	2773·5	2773·8	3466·9 ²
* 2376·6 V. VI.	2772·7	2772·3	3465·9 ³
{ 2321·6 2321·8 Cornu }	2708·5	$\frac{H'}{2} = 2708·68$	3385·7
{ 2318 Mascart 2312·5 }	2704·3	2704·3	3380·4 ³
(L. Bell's 2312·83 in Rowland's Scala)	2697·9	2697·8	3372·4
2307·0	2691·5	2691·7	3364·4
* 2288·9 (V. VI.) }	2670·4 †	(bei 2671·1)	3338·0
2288·5 Cornu }			
2249·2	2624·1	diffus: 2624·3 st.	3280·1
2241·4	2615·0	2614·6 z. st.	3268·7
* { 2227·0 V. VI. (2217·1 ? Mascart)	2598·2 (2586·6?)	2598·6 2597·1	3247·7 (3233·25?)
2196·4	2562·5	2562·6	3203·1
2194·5 Cornu	2560·25	$\frac{H'}{2} = 2560·3$	3200·3
{ 2146·8 (breit) 2144·1 Cornu }	2504·6 2501·45	2504·4 2501·4	3130·75 3126·8

² Huggins Sternspectra. „Arcturus“: 3467.

³ Liveing u. Dewar in der Hydroxygenflamme: 3527·3, 3465·9, 3380·2.

* Empirische Knotenstrahlen der V. und VI. Gruppe.

† Vergleiche den zur Gruppe (H₂O, H, b) gehörigen Strahl 2670 des Magnesiums in meiner Schrift: „Math. Spectralanalyse des Magnesiums und der Kohle“. Tafel IV. S. 32.

Tafel VI a.

Hydrogen (H, b) $\lambda'' =$ (Siehe Tafel VI, 4. Colonne)	Oxygen (O, O', b) $\frac{46}{41} \lambda'' =$	Wasser- dampf (H ₂ O, O, O', b) $\frac{23}{32} \cdot \frac{46}{41} \lambda'' =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing und Dewar
4679·75	5250·45 ¹	3773·8 neu	
4634·4	5199·6	3737·2	3736·7
4354·7	4885·8	3511·6	3511·6
4323·25	4850·5 ¹	3486·3	3486·2
4243·6	4761·1	3422·0	—3421·5?
4182·5	4692·6	3372·8	3373·2
4136·0	4640·35 ¹	3335·2 neu	(bei 3335·9)
4130·4	4634·15	3330·8 neu	
4094·0	4593·2 ¹	3301·4	3301·3 §
4089·15	4587·8¹	3297·5 neu	
4053·9	4548·2	3269·0	3268·5 st.
4029·5	4520·9	3249·4	3249·8
4007·1	4495·7	3231·3	3230·9
4000·2	4488·0	3225·8	3225·9 z. st.
3976·7	4461·7	3206·8 neu	(bei Hugg.: 3207·5)
3946·25	4427·5	3182·3	3182·6 z. st.
3904·25	4380·4	3148·4	3148·0
3877·0	4349·8¹	3126·4	3126·0
3863·7	4334·9 ¹	3115·7	$\frac{H'}{2} = 3116·0$
3857·9	4328·3	3111·0	{ 3111·5 s. st. Huggins: 3111

¹ Im Oxygenspectrum: 5249·6 Schuster (negativer Pol, 4. Band im Grün von 5292 bis 5205); 4850 Schuster (am Rande eines sehr schwachen Bandes von 4850 bis 4841·6); 4640·6 Schuster (doppelt nach Huggins): 4593 Plücker; 4588 Huggins, (4349·0? Schuster), (4334? Plücker).

§ Der Strahl 3301·3 wurde laut brieflicher Mittheilung vom 13. September 1887 von Prof. Liveing in der Oxyhydrogenflamme beobachtet; er erscheint jedoch in den Philos. Transact., London 1888, p. 34 nicht angeführt; wahrscheinlich, weil er nicht in allen Photographien vertreten ist.

Tafel VIa (Fortsetzung).

Hydrogen (H, b) $\lambda'' =$ (Siehe Tafel VI, 4. Colonne)	Oxygen (O, O', b) $\frac{46}{41} \lambda'' =$	Wasser- dampf (H ₂ O, O, O', b) $\frac{23}{32} \cdot \frac{46}{41} \lambda'' =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing und Dewar
{ 3849·6+ 3849·3— 3843·1 3839·4 3834·1 3827·8	4319·0 + ¹ 4318·7 — ^{1, 2} 4311·8 4307·6 4301·7 ² 4294·6	3104·3+ neu } 3104·1— neu } 3099·1 3096·1 3091·8 3086·7	{ diffus: 3105·3 st. Huggins: 3105 3099·0 st. 3096·3 st. diffus: 3092·0 st. 3086·7 st. $\left\{ \frac{H'}{2} = 3070·3 \right\}$ 3070·0 } { Report } : 3055·9 1886 } bei 3052·7 } { Report } : 3051·2 } 1886 } 3048·3 3043·9 3039·9 3027·6 3025·2 (bei 3013·6 * (bei 3008·2) 3005·0 bei 2994·9 * { Report } : 2992·2 1886 } 2926·3 { Report } : 2925·6 1886 }
3807·7	4272·1	3070·5	
3789·9	4252·1	3056·2	
3784·75	4246·3	3052·0 neu	
3780·0	4241·0 ²	3048·2	
3773·9	4234·1	3043·3	
3769·8	4229·5 ²	3039·9	
3754·0	4211·8	3027·2	
3751·1	4208·55	3024·9	
3738·0	4193·85 ³	3014·3 neu	
3729·5	4184·4 ¹	3007·5 neu	
3726·0	4180·4	3004·7	
3714·6	4167·6	2995·5 neu	
3710·75	4163·25	2992·3	
3628·6	4071·1 ²	2926·1	

¹ Im Oxygenspectrum: 4319·2 Schuster; 4318 Huggins, Salet; 4184 Salet.)

² Im Luftspectrum von Hartley und Adeney: 4318·7, 4302·0, 4240·6 neblig; 4228·9? neblig; 4071·4.

³ Liveing und Dewar, in der Oxyhydrogenflamme: 4193·7.

|| Der neblige Strahl des Wasserdampfes bei 3105 scheint ein mindestens dreifacher zu sein und aus 3105·3 und den sehr schwachen Strahlen 3104·3, 3104·1 zu bestehen.

* Mitten von Doppelstrahlen nach Brit. Assoc. Report. 1886, p. 170.

Tafel VIa (Fortsetzung und Schluss).

Hydrogen (H, b) $\lambda'' =$ (Siehe Tafel VI, 4. Colonne)	Oxygen (O, O', b) $\frac{46}{41} \lambda'' =$	Wasserdampf (H ₂ O, O, O', b) $\frac{23}{32} \cdot \frac{46}{41} \lambda'' =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing und Dewar
3601·1	4040·2	2903·9	2903·7 s. st.
3527·0	3957·1	2844·2	2841·4
3466·9	3889·7	2795·7	2795·7
3465·9	3888·6	2794·9	$\frac{H'}{2} = 2795·1$
3385·7	3798·5	2730·2	$\left\{ \begin{array}{l} 2729·9 \\ (2730·6) \end{array} \right\}$
3380·4	3792·6	2725·9	2726·1
3372·4	3783·6	2719·5	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2719·49 \\ 2719·8 \text{ st.} \end{array} \right\}$
3364·4	3774·65 ³	2713·0	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2712·5 \\ 2713·6 \end{array} \right\}$
3338·0	3745·1 ³	2691·8	2691·7
3280·1	3680·1	2645·1	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2645·39 \\ 2645·7 \end{array} \right\}$
3268·7	3667·3	2635·9	2635·7
$\left\{ \begin{array}{l} 3247·7 \\ (3233·25?) \end{array} \right\}$	3643·8	2618·9	2618·9
	3627·6 ³	2607·3	$\left(\frac{H'}{2} = 2606·8 \right) ?$
3203·1	3593·7	2583·0	2582·8
3200·3	3590·6	2580·7	2580·9
3130·75	3512·5	2524·6	2524·2
3126·8	3508·1	2521·4	2521·7

³ Liveing und Dewar, in der Oxyhydrogenflamme: 3774·8, 3745·1, 3627·6.

st. = stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

s. st. = sehr stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

z. st. = ziemlich stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

Tafel VIb.

Hydrogen (H, b) $\lambda'' =$ (Siehe Tafel VI, 4. Colonne)	Oxygen (O, O', O'', b) $\frac{70}{59} \lambda'' =$	Wasserdampf (H ₂ O, O, O', O'', b) $\frac{21}{32} \cdot \frac{70}{59} \lambda'' =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing und Dewar
4679·75	5552·2 ¹	3643·6	3643·0 (§)
4634·5	5498·5	3608·35 neu	—
4354·7	5166·6	3390·6	3390·3
4323·25	5129·3	3366 1 neu	—
4243·6	5034·8	3304·1	3304·2
4182·5	4962·3	3256·5	3256·4
4136·0	4907·1 ¹	3220·3	3220·0
4130·4	4900·5 ¹	3216·0	3215·9
4094·0	4857·3	3187·6	3187·6
4089·15	4851·5	3183·8	Huggins: 3184
4053·9	4809·7	3156·3	3156·4
4029·5	4780·8	3137·4	3137·4
4007·1	4754·1 ¹	3119·9 neu	(bei 3119·2)
4000·2	4746·0	3114·6	3114·3
3976·7	4718·1	3096·3	3096·3 st.
3946·25	4682·0	3072·5	3072·6
3904·25	4632·2	3039·9	3039·9
3877 0	4599·8 ¹	3018·6 neu	—
3863·7	4584·1	3008·3	3008·2
3857·9	4577·1	3003·7 neu	$\frac{H'}{2} = 3003·2$

¹ Im Oxygenspectrum: 5552·3 Schuster, am Rande des dritten Bandes im Grün, (von 5552 bis 5630) im Spectrum des negativen Poles; 4907, 4900, 4754, 4600 Plücker.

(§) Die Linie 3643·0 wurde laut brieflicher Mittheilung vom 13. September: 1887 von Professor Liveing beobachtet; sie erscheint jedoch nicht in den Phil. Transact. 1888 angeführt; wahrscheinlich, weil sie nicht in allen Photographien vorkommt.

Tafel VI b (Fortsetzung).

Hydrogen (H, λ); $\lambda'' =$ (Siehe Tafel VI, 4. Colonne)	Oxygen (O, O', O'', λ) $\frac{70}{59} \lambda'' =$	Wasserdampf (H ₂ O, O, O', O'', λ) $\frac{21}{32} \cdot \frac{70}{59} \lambda'' =$	Wasserdampf, beobachtet von Liveing und Dewar
3849·6 +	4567·3 +	2997·3 +	2997·8
3849·3 —	4566·9 —	2997·0 —	2996·6
3843·1	4559·6	2992·2	{Report} 2992·2 1886 } neben 2992·9
3839·4	4555·2	2989·4	{Report} 2989·4 1886 }
3834·1	4548·9	2985·2	2985·7
3827·8	4541·5	2980·3	diffus: 2980·2 st.
3807·7	4517·6	2964·7	{ {Report} 2964·5 1886 } die mehr gebrochene eines Paares
3789·9	4496·5	2950·8	2950·7
3784·75	4490·4	2946·8	$\left\{ \frac{H'}{2} = \right.$ 2947 2946·5
3780·0	4484·7	2943·1	Huggins 2943
3773·9	4477·5	2938·4	2938·5
3769·8	4472·6	2935·1	2935·2
3754·0	4453·9	2922·85	{Report} 2922·8 1886 } neblig
3751·1	4450·45 ¹	2920·6 neu	Mitte v. { 2919·8 2921·5
3738·0	4434·9	2910·4	Huggins 2910
3729·5	4424·9	2903·8	2903·7 s. st.
3726·0	4420·7	2901·1	2900·9
3714·6	4407·2	2892·2	Report { 2892·0 1886 }
3710·75	4402·6 ²	2889·2	2889·2
3628·6	4305·1	2825·2	2825·2

¹ Im Oxygenspectrum: 4450 Plücker.² Hartley u. Adeney im Luftspectrum: 4402·6.

Tafel VI b (Fortsetzung und Schluss).

Hydrogen (H, δ); $\lambda'' =$ (Siehe Tafel VI, 4. Colonne)	Oxygen (O, O', O'', δ) $\frac{70}{59} \lambda'' =$	Wasserdampf (H ₂ O, O, O', O'', δ) $\frac{21}{32} \cdot \frac{70}{59} \lambda'' =$	Wasserdampf, beobachtet von Living und Dewar
3601·1	4272·4	2803·8	$\left\{ \begin{array}{l} 2804·2 \\ \frac{H'}{2} = 2803·92 \end{array} \right\}$
3527·0	4184·6 ¹	2746·1	2745·9
3466·9	113·3	2699·3	$\left\{ \begin{array}{l} 2699·7 \\ \frac{H'}{2} = 2699·28 \end{array} \right\}$
3465·9	4112·1	2698·6	2698·8
3385·7 *	4016·9	2636·1	$\left\{ \begin{array}{l} 2635·7 \\ \frac{H'}{2} = 2636·0 \end{array} \right\}$
3380·4	4010·6	2631·9	$\left\{ \begin{array}{l} \text{diffus: } 2631·3 \text{ st.} \\ \frac{H'}{2} = 2631·82 \end{array} \right\}$
3372·4	4001·1	2625·7	2625·7
3164·4	3991·6	2619·5 neu	(bei 2618·9)
3338·0	3960·3 ²	2598·9	2598·6
3280·1	3891·6	2553·9	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2554·2 \\ 2553·4 \text{ st.} \end{array} \right\}$
3268·7	3878·1	2545·0	$\left\{ \begin{array}{l} 2545·6 \\ \frac{H'}{2} = 2544·77 \end{array} \right\}$
$\left\{ \begin{array}{l} 3247·7 \\ (3233·25 ?) \end{array} \right\}$	3853·2	2528·7	2529·2
	3836·1	2517·4	2517·5
3203·1	3800·3	2493·9	2493·8
3200·3	3797·0	2491·8	2492·3
3130·75	3714·4	2437·6	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2437·6 \\ 2437·2 \end{array} \right\}$
3126·8	3709·8	2434·5	$\frac{H'}{2} = 2434·4$

¹ Im Oxygenspectrum: 4184 Salet.² Living und Dewar in der Oxy-Hydrogenflamme: 3960·1.
st. = stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

s. st. = sehr stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

z. st. = ziemlich stark.

Tafel VI c.

Hydrogen (H, δ); $\lambda'' =$ (Siehe Tafel VI, 4. Colonne)	Sonnenspectrum		Wasser- dampf $\frac{2}{3}\lambda'' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
	Müller und Kempf. Potsdamer Publication 1886. Eigene Scala	Müller und Kempf's — reducirt auf Angström's Scala. Cornu		
4679·75	4680·63	4679·7	3119·8	bei 3119·2 z. st.
4634·4	4635·04	4634·1	3089·6	3089·8
4354·7	4355·46	4354·6	2903·1	Report } 2902·9 1886 }
4323·25	4324·32	4323·6	2882·2	2882·5
4243·6	4244·65	4243·8	2829·1	2829·2
4182·5	4183·63	4182·8	2788·3	2788·3
4136·0	4136·82	4136·0	2757·3	2757·0 z. st.
4130·4	4130·94	4130·1	2753·6	$\left\{ \frac{H'}{2} = 2753·4 \right\}$ 2753·1
4094·0	4094·68	4093·9	2729·3 neu	bei 2729·9
4089·15	4090·28	4089·46	2726·1	2726·1
4053·9	4054·50	4053·7	2702·6	$\frac{H'}{2} = 2702·2$
4029·5	4030·59	4029·8	2686·3	2686·5
4007·1	4007·68	4006·9	2671·4	2671·1
4000·2	4000·80	4000·0	2666·8 neu	(bei 2666·0)
3976·7	3977·16	3976·4	2651·15	$\left\{ \begin{array}{l} 2650·7 \\ 2651·3 \text{ st.} \end{array} \right\}$
3946·25	3947·14	3946·35	2630·8	diffus: 2631·3 st.
3904·25	3905·09	8904·3	2602·8	2603·2
3877·0	Cornu:	3877·2	2584·7	2584·4
3863·7	"	3863·5	2575·8 neu	—
3857·9	"	3858·0	2571·9 neu	$\left(\frac{H'}{2} = 2571·4 \right)$

st. = stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

z. st. = ziemlich stark, verglichen mit den benachbarten Strahlen.

s. st. = sehr stark,

" " " " "

Tafel VI c (Fortsetzung).

Hydrogen (H, b); $\lambda'' =$ (Siehe Tafel VI, 4. Colonne)	Sonnenspectrum		Wasser- dampf $\frac{2}{3} \lambda'' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
	Müller und Kempf. Potsdamer Publication 1886. Eigene Scala	Müller und Kempf's — reducirt auf Angström's Scala. Cornu		
$\left\{ \begin{array}{l} 3849 \cdot 6 + \\ 3849 \cdot 3 - \end{array} \right.$	Cornu:	$\left. \begin{array}{l} 3850 \\ 3849 \cdot 7 \\ 3849 \end{array} \right\}$ Band	$2566 \cdot 4 +$	$\left\{ \begin{array}{l} 2567 \cdot 0 \\ \frac{H'}{2} = 2566 \cdot 8 \end{array} \right\}$
	"		$2566 \cdot 2 -$	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2565 \cdot 77 \\ 2565 \cdot 6 \end{array} \right\}$
3843·1	"	3842·9	2562·1	2562·6
3839·4	"	3839·2	2559·6	2559·6 st.
3834·1	"	3834·5	2556·1	2556·4 z. st.
3827·8	" bei Fe	3827·7	2551·9 neu	$\left(\frac{H'}{2} = 2551 \cdot 39 \right)$
3807·7	"	3807·9	2538·5	2538·9
3789·9	" Fe	3789·9	2526·6 neu	$\left(\frac{H'}{2} = 2527 \cdot 1 \right)$
3784·75	" $\left\{ \begin{array}{l} \text{Rand} \\ \text{eines} \\ \text{Bandes} \end{array} \right\}$	3785·3	2523·2	$\frac{H'}{2} = 2523 \cdot 55$
3780·0	"	$\left\{ \begin{array}{l} (3780 \cdot 2) \\ 3779 \cdot 8 \end{array} \right\}$	2520·0	2519·8
3773·9	"	3773·5	2515·9 neu	bei 2515·1
3769·8	"	3769·8	2513·2	2513·1
3754·0	"	3754·4	2502·7	2503·1
3751·1	"	$\left\{ \begin{array}{l} (3751 \cdot 0) \\ 3751 \cdot 4 \end{array} \right\}$	2500·7	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2501 \cdot 35 \\ 2501 \cdot 4 \end{array} \right\}$
3738·0	"	(3737·6?)	2492·0	2492·3
3729·5	"	3729·9	2486·3	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2485 \cdot 25 \\ 2485 \cdot 8 \end{array} \right\}$
3726·0	"	3726·3 (v)	2484·0	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2484 \cdot 22 \\ 2483 \cdot 7 \end{array} \right\}$
3714·6	"		2476·4	$\frac{H'}{2} = 2476 \cdot 0$
3710·75	"	3711	2473·8 neu	bei 2474·5
3628·6	"		2419·1 neu	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2418 \cdot 66 \\ (2419 \cdot 8) \end{array} \right\}$

(v) am stärker gebrochenen Rande eines Bandes.

Tafel VI c (Fortsetzung und Schluss).

Hydrogen (H, δ); $\lambda'' =$ (Siehe Tafel VI, 4. Colonne)	Sonnenspectrum		Wasser- dampf $\frac{2}{3} \lambda'' =$	Wasserdampf, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar
	Müller und Kempf, Potsdamer Publication 1886. Eigene Scala	Müller und Kempf's — reducirt auf Angström's Scala. Cornu		
3601·1			2400·7 neu	—
3527·0	Cornu:	3527·0 Fe	2351·3	2351·6
3466·9	"	(3467·6?)	2311·3 neu	—
3465·9	"	3465·6 Fe	2310·6	2310·1
3385·7	"	3385·8	2257·1	$\frac{H'}{2} = 2257·4$
3380·4	"	3380·5	2253·6 neu	—
3372·4	"	3372·5	2248·3	$\frac{H'}{2} = 2248·67$
3364·4	"	$\left\{ \begin{array}{l} 3364·5 \text{ Ni} \\ 3364·0 \text{ Ni} \end{array} \right\}$	2242·9	$\frac{H'}{2} = 2242·6$
3338·0	"	(3338·3 Ti?)	2225·3	$\frac{H'}{2} = 2225·16$
3280·1	"	3280·4	2186·7 neu	—
3268·7	"	3268·5	2179·1 "	—
{ 3247·7	"	$\left\{ \begin{array}{l} 3248·0 \\ 3247·6 \end{array} \right\}$	2165·1 "	—
(3233·25?)	"	3233·3	2155·5 "	—
3203·1	"	$\left\{ \begin{array}{l} 3203·4 \\ 3203·0 \end{array} \right\}$	2135·4 "	—
3200·3	"	3200·3	2133·5 "	—
3130·75	"	3130·7	2087·2 "	$\frac{H'}{2} = 2087·25$
3126·8	"	3126·9	2084·5 "	—