

Spectralanalytischer Nachweis von Spuren eines neuen, der eilften Reihe der Mendelejeff'schen Tafel angehörigen Elementes, welches besonders im Tellur und Antimon, ausserdem aber auch im Kupfer vorkommt

VON

Dr. Anton Grünwald,

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

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. October 1889.)

I.

Vor etwa zwei Jahren wurde ich von Professor W. N. Hartley in Dublin auf eine Reihe von sehr nahen Übereinstimmungen zwischen Wellenlängen verschiedener Elemente im Ultraviolett aufmerksam gemacht, welche er in seinen „Measurements of the wavelengths of lines of high refrangibility in the spectra of elementary substances“ Philos. Transact. London. Part I. 1884, p. 134 u. 135 in zwei Tafeln zusammengestellt hatte. Er bemerkte jedoch dabei zugleich, dass er unter mehr als 3000 Linien nur sehr wenige Coincidenzen gefunden habe.

Da ich damals gerade durch andere Arbeiten ganz in Anspruch genommen war, konnte ich dieser Sache, so interessant sie auch war, nicht näher treten. Ich wurde jedoch in der neuesten Zeit bei Gelegenheit von Vergleichen verschiedener Spectra wiederholt auf mehrere sehr nahe Übereinstimmungen zwischen gewissen Wellenlängen, namentlich des Tellur-, Antimon-, und Kupfer-Spectrums geführt, fand aber dabei, dass ihre Zahl eine viel grössere war, als Hartley meinte. Ich erkannte auch bald den Grund davon. Hartley hatte, gleich Anderen, nur solche Linien verschiedener Spectra als wirklich mit einander ver-

gleichbar angesehen, welche nicht nur in ihren Wellenlängen, sondern auch in ihrer äusseren Erscheinung übereinstimmen.

So richtig und nothwendig aber die letztere Anforderung bei der Identificirung von Linien eines und desselben Stoffes ist, welcher sich bei zwei verschiedenen Beobachtungen und Messungen unter gleichen Umständen befunden hat, so unrichtig und unberechtigt ist sie bei der Vergleichung von Linien von übereinstimmenden Wellenlängen, welche demselben Stoffe unter verschiedenen Umständen gehören.

Angenommen, ein Element  $X$  befinde sich in zwei verschiedenen Stoffen  $A$  und  $B$ , welche Legirungen oder Gemische, ja selbst chemische Verbindungen der in ihnen enthaltenen Elemente sein können, wenn nur das Element  $X$  in ihnen keine chemische Volumänderung (Condensation oder Dilatation) erfährt.

Dann wird das Element  $X$  in beiden Stoffen zwar Strahlen von gleichen Wellenlängen aussenden; dieselben werden jedoch im Spectrum des Stoffes  $A$  meistens sowohl  $a)$  nach Intensität, als auch  $b)$  nach anderen Merkmalen ihrer äusseren Erscheinung von den entsprechenden Strahlen im Spectrum des Stoffes  $B$  verschieden sein.

- $a)$  Nach ihrer Intensität verschieden, weil die Amplituden der Atomtheilchen, welche im umgebenden Äther Strahlen von irgend einer Wellenlänge erzeugen, von anderen mit ihnen rhythmisch schwingenden Atomtheilchen der übrigen Componenten in dem Stoffe  $A$  anders modificirt werden können, als im Stoffe  $B$ .

(Bezüglich der „Atomtheilchen“ siehe die Definition der chemischen Atome in meiner „Mathematischen Spectralanalyse des Magnesiums und des Kohlenstoffes“ S. 5, 6 und beachte, dass die Bezeichnung „Atomtheilchen“ zwar einen philologischen, aber keinen realen Widerspruch in sich enthält, weil die chemischen Atome eben nur relativ, während der bekannten Prozesse, ungetheilt bleibende Körperchen, nicht absolut untheilbare Wesen: *ἄτομοι* sind.)

- $b)$  Nach anderen Merkmalen ihrer Erscheinung verschieden; weil die Componenten, welche in  $A$  und  $B$  neben  $X$  vorkommen, Linien erzeugen können, die verschieden vertheilt,

unmittelbar neben eine bestimmte Linie  $\lambda$  des Elementes  $X$  fallen, und der letzteren im Spectrum von  $A$  ein Aussehen geben können, welches von dem der gleich brechbaren Linie  $\lambda$  desselben Elementes im Spectrum des Stoffes  $B$  gänzlich verschieden ist, so dass sie z. B. im Spectrum von  $A$  auf der Seite grösserer Brechbarkeit neblig erscheint, während sie im Spectrum von  $B$  zu beiden Seiten von Nebel umgeben ist, oder mit den sie zunächst umgebenden Linien zu einem Bande verschimmt etc.<sup>1</sup>

Würde man nun zwei derartige Strahlen gleicher Brechbarkeit, deren Linien in den Spectren der Stoffe  $A$  und  $B$  verschiedene äussere Merkmale bezüglich ihrer Intensität und nächsten Umgebung aufweisen, nicht als zu demselben Elemente  $X$  gehörig ansehen, und als nicht mit einander vergleichbar erklären, so würde man sich offenbar im Irrthume befinden, und sich selbst die Analyse und das Verständniss der Spectren der erwähnten Stoffe unmöglich machen.

„Bei der Vergleichung der Spectra verschiedener Stoffe  $A$ ,  $B$  . . ., welche in der Absicht vorgenommen wird, etwaige Spuren gemeinsamer Elemente in denselben zu entdecken, sind nur die Wellenlängen der Linien massgebend; die äussere Erscheinung der letzteren kommt erst bei der Untersuchung der Beziehungen zwischen den verschiedenen in den obigen Stoffen vorkommenden Elementen in Betracht.“

Stellen wir uns jetzt vor, der Stoff  $A$  enthalte eine gewisse Gewichtsmenge des Elementes  $X$ . Diese werde nun allmählig vermindert, ohne die Gewichtsantheile der übrigen Componenten von  $A$ , welche von  $X$  chemisch unabhängig sind, zu ändern. Nur in dem Falle, wenn  $X$  innerhalb  $A$  auch in chemischen Verbindungen mit anderen Elementen, etwa mit  $Y$ , von der Form  $XY$  vorkommen sollte, welche mit keiner chemischen Condensation von  $X$  verbunden sind, soll auch der Gewichtsantheil des jeweilig

---

<sup>1</sup> Ja es ist sogar nicht ausgeschlossen, dass kleine, bloss physikalische Variationen einer und derselben chemischen Condensation von  $X$  in  $A$  und  $B$  kleine, von einander verschiedene Variationen der zu  $X$  gehörigen Wellenlängen, und dadurch kleine Differenzen der letzteren von mehreren Hundertsteln bis zu wenigen Zehnteln einer Angström'schen Einheit in  $A$  und  $B$  erzeugen können.

mit  $X$  verbundenen Elementes  $Y$  proportional zugleich mit  $X$  vermindert werden, eine Voraussetzung, welche für den Fortbestand der Verbindungen von der Form  $XY$  bei Verminderung des Gewichtsantheiles von  $X$  nothwendig ist. Verbindungen des Elementes  $X$  mit anderen, welche nur unter Condensation (also unter chemischer Volumänderung) der Componenten zu Stande kommen, sollen, wie bereits früher angenommen wurde, nicht in  $A$  vorkommen. Die Gewichtsverminderung von  $X$  soll unter den obigen Voraussetzungen so weit gehen, dass schliesslich nur mehr Spuren von  $X$  in dem so veränderten Stoffe  $A$ , welcher dann  $A'$  heissen möge, übrig bleiben.

Welchen Einfluss werden derartige Veränderungen auf das Spectrum von  $A$  haben? Oder mit andern Worten, welche Unterschiede werden zwischen den Spectren der Stoffe  $A$  und  $A'$  zu erwarten sein?

Es ist bereits von den Professoren G. D. Liveing und J. Dewar in Cambridge, England, auf Grund einschlägiger Beobachtungen bemerkt worden, dass in solchen Fällen in der Regel alle sichtbaren Strahlen (überhaupt die Strahlen geringerer Brechbarkeit) rascher an Intensität bis zum Verschwinden abnehmen, als die Strahlen grosser Brechbarkeit, insbesondere die ultravioletten; so dass schliesslich, wenn schon alle sichtbaren Strahlen von  $X$  im Spectrum des Stoffes  $A'$  ganz verschwunden sind, doch noch die ultravioletten, namentlich die brechbarsten) Strahlen von  $X$  im Spectrum  $A'$  auf der photographischen Platte sichtbar und messbar sind, selbst dann, wenn sich in  $A'$  nur mehr eine so geringe Spur des Elementes  $X$  befindet, dass sie durch directe chemische Analyse nur bei fabrikmässiger Aufarbeitung sehr grosser Mengen des Stoffes  $A'$  in wägbarer Menge nachgewiesen werden könnte.

Meine Erklärung dieser Erscheinung ist sehr einfach. **Bei gleicher Amplitude** der Schwingungen werden die **schnelleren** Schwingungen der Strahlen grösserer Brechbarkeit, insbesondere der ultravioletten, eine grössere Energie besitzen, also auch unter sonst gleichen Umständen eine grössere Wirksamkeit auf die photographische Platte ausüben, als die langsameren Schwingungen von Strahlen geringerer Brechbarkeit, wie die sichtbaren oder gar die infrarothern.

Ein etwas abweichendes Verhalten können unter den angegebenen Verhältnissen einzelne minder brechbare Strahlen  $\lambda$  des Elementes  $X$  in dem Falle aufweisen, wenn die übrigen Componenten, welche in  $A'$  neben einer Spur von  $X$  vorkommen, Atomtheilchen enthalten, die mit grosser Intensität und rhythmisch mit dem Strahle  $\lambda$  schwingen. In einem solchen Falle können die Atomtheilchen von  $X$ , welche im umgebenden Äther den Strahl  $\lambda$  erzeugen, durch die rhythmisch verwandten Strahlen, welche die erwähnten Componenten dem Äther einprägen, eine solche Verstärkung ihrer Schwingungsamplitude erfahren, dass die von ihnen ausgehenden intensiveren Strahlen  $\lambda$  mit der Abnahme der Gewichtsmenge von  $X$  in  $A$  nicht so rasch verblassen und schliesslich erlöschen, als es sonst der Fall wäre, und als es vielleicht bei benachbarten Strahlen von  $X$ , die eine solche Verstärkung wegen Mangel an ihnen rhythmisch verwandten Strahlungen der übrigen Componenten von  $A$  nicht erfahren, wirklich der Fall ist.

Hieraus folgt, dass „für die Aufsuchung von Spuren bekannter oder noch unbekannter Elemente  $X$  im Spectrum eines Stoffes  $A$  die Untersuchung des brechbarsten, insbesondere also des ultravioletten Theiles des Spectrums von  $A$ , eventuell seine Vergleichung mit anderen bekannten Spectren massgebend ist.“

## II.

Professor W. N. Hartley und W. E. Adeney haben in den bereits erwähnten „Measurements of the wavelenghts etc.“ Phil. Transact. London. Part. I. 1884 ihre Messungen der Wellenlängen der brechbarsten Strahlen der Luft, des Mg, Zn, Cd, Al, Jn, Tl, Cu, Ag, C, Sn, Pb, **Te**, As, **Sb**, Bi und Hg mitgetheilt. Ihre Methode war im Wesentlichen die alte Cornu'sche (p. 66). Als Bezugslinien wurden die wohldefinierten Linien einer Kadmium-Zinn-Legirung benützt; so dass die für die verschiedenen Metalle erhaltenen Wellenlängen untereinander vollkommen vergleichbar sind. (p. 88).

Wenn es daher nothwendig werden sollte (siehe weiter unten!), die von den Verfassern in ihren Tafeln gegebenen Wellenlängen zu rectificiren, so könnte dies mit Hülfe einer Interpolationcurve geschehen, welche aus den Angaben ihrer Mikrometer-

scala und aus den zugehörigen verbesserten Wellenlängen abzuleiten wäre (p. 90).

Eine einfachere Methode, welche ich „die Methode der Fehlerdifferenzencurven“ nennen will, führt jedoch in diesem und in ähnlichen Fällen leichter und rascher zu demselben Ziele.

Nach dieser Methode stellt man sich zunächst innerhalb des correcturbedürftigen Wellenlängengebietes die fehlerhaften Wellenlängen  $\lambda_a$  von möglichst vielen, nahe aneinanderliegenden Linien, nebst deren genaueren Werthen  $\lambda_w$  zusammen, und bestimmt die relativen Fehler der ersteren gegen die letzteren:  $\lambda_w - \lambda_a = \lambda_{a,w}$ , welche offenbar die Differenzen ihrer unbekanntenen wahren Fehler sind. Die zu corrigirenden Wellenlängen  $\lambda_a$  (z. B. Hartley's Zahlen) werden zu **Abcissen**, die relativen Fehler oder Abweichungen  $\lambda_{a,w}$  dagegen nach einem, im Vergleiche zu dem für die Abcissen gewählten, stark vergrößerten Massstabe zu **Ordinaten** genommen, auf Millimeterpapier die zu den gegebenen Coordinaten  $\lambda_a, \lambda_{a,w}$  gehörigen Punkte construiert, und dieselben durch eine stetig gekrümmte Linie so verbunden, dass die Bögen zwischen zwei aufeinander folgenden Punkten möglichst wenig von geraden Linien abweichen.

Will man nun für irgend eine (zwischen den ursprünglich gegebenen fehlerhaften liegende) Wellenlänge  $\lambda_a$  des correcturbedürftigen Gebietes deren genaueren Werth ermitteln, so entnehme man aus der Zeichnung die zur Abscisse  $\lambda_a$  gehörigen Ordinate  $\lambda_{a,w}$  und addire diese zu der gegebenen fehlerhaften Wellenlänge  $\lambda_a$ . Die so gefundene Zahl  $\lambda_a + \lambda_{a,w} = \lambda_w$  ist dann die gesuchte richtigere Wellenlänge.

Ähnlich wie Hartley und Adeney haben auch die Professoren G. D. Liveing und J. Dewar die ultravioletten Spectren einer Reihe von Elementen mit grosser Sorgfalt und Genauigkeit beobachtet, und die Ergebnisse ihrer Messungen in den Philos. Transact. London 1883. Vol. 174. Part I. „On the ultraviolet spectra of the elements“ (**Fe, Cu, K, Na, Li, Ba, Sr, Ca, Zn, Au, Tl, Al, Pb, Sn, Sb, Bi, C**) und den Phil. Transact. 1888 („Cobalt und Nickel“) mitgetheilt.

Diese Messungen setzen uns nun in den Stand, die von Hartley und Adeney einerseits, von Liveing und Dewar andererseits bestimmten Wellenlängen identischer Linien in ver-

schiedenen Spectren, (Cu, Zn, Tl, Al, Pb, Sn, Sb, Bi, C . . .) mit einander zu vergleichen, deren relative Fehler (Abweichungen) zu ermitteln, und die Fehlerdifferenzcurve für den Übergang von den Hartley-Adeney'schen zu den entsprechenden Liveing-Dewar'schen Zahlen zu construiren.

Die Bestimmungen

1. der Wellenlängen des Kadmiums nach Rowland's Methode durch L. Bell in Baltimore („The ultraviolet spectrum of cadmium“ American Journal of Science 1886. 3. series. Vol. 31. p. 426—431), von welchen neuestens mehrere auch von Liveing und Dewar gemessen wurden (siehe deren obige Schrift über Kobalt und Nickel, p. 232, 233)

2. der Wellenlängen des Kupfers im Ultraviolett von 2369·9 bis 1944·1 Rowl. Scala, und deren Zusammenstellung mit entsprechenden Messungen von Liveing und Dewar, sowie von Hartley und Adeney durch J. Trowbridge und W. C. Sabine („On wavelengths of metallic spectra in the ultraviolet“ Proceed. of the American Academy, auch Philos. Magazine 1888, p. 342—353), endlich

3. die werthvollen Messungen der Eisenlinien durch Kayser und Runge („Über die Spectra der Elemente.“ Berlin 1888) und deren Zusammenstellung mit entsprechenden Messungen von Liveing und Dewar, Cornu, Thalén und Vogel dürften schon jetzt die Reduction der nach der älteren Cornu'schen Methode ausgeführten Messungen mehrerer Beobachter auf die letzterwähnten nach der genaueren und verlässlicheren Rowland'schen Methode durchgeführten ermöglichen.

Von besonderem Interesse ist in dieser Beziehung die Construction der Fehlerdifferenzcurven für den Übergang von den Hartley-Adeney'schen und Liveing-Dewar'schen Zahlen zu den von L. Bell, Trowbridge und Sabine und von Kayser und Runge angegebenen.

Die Vergleichung der Wellenlängen der sowohl von Liveing und Dewar, als auch von Hartley und Adeney gemessenen und mit Sicherheit identifizirbaren Linien verschiedener Elemente lehrt, dass die Wellenlängen  $\lambda$  von Hartley und Adeney für  $\lambda > 2370$  gut mit den entsprechenden von Liveing und Dewar gegebenen stimmen. Die Abweichungen übersteigen selten 0·4.

Für  $\lambda \leq 2370$  dagegen sind die Wellenlängen von Hartley und Adeney mit starken Fehlern behaftet, welche hauptsächlich in der fehlerhaften Bestimmung der als Bezugslinien verwendeten Kadmiumlinien dieser Region ihren Grund haben. Ihre in verschiedenen Spectren innerhalb der genannten Region gemessenen Wellenlängen sind jedoch wegen des letzteren Umstandes bis auf Weiteres immer noch brauchbar, wenn man sie nur vor ihrer Benützung mit Hilfe einer — auf Grund der in der **Tabelle I** übersichtlich zusammengestellten Zahlen für die Kadmium- und Kupferlinien (von Hartley-Adeney, Liveing-Dewar, L. Bell und Trowbridge-Sabine) — construirten Fehlerdifferenzencurve corrigirt.

Die Messungen von Liveing und Dewar sind aber auch in dieser Region sehr genau und verlässlich, wie aus der Vergleichung der von ihnen und von Trowbridge und Sabine gemessenen Wellenlängen der Kupferlinien deutlich hervorgeht. (Siehe Tafel I.) Die Fehlerhaftigkeit der Wellenlängen von Hartley und Adeney für  $\lambda \leq 2370$  hat glücklicherweise keinen wesentlichen Einfluss auf meine bisherigen vergleichenden Untersuchungen und gar keinen auf deren Endergebnisse, da ich fast durchwegs die sehr verlässlichen Messungen von Liveing und Dewar und die mit ihnen für  $\lambda > 2370$  wirklich vergleichbaren von Hartley und Adeney benützt habe.

Der ganze diesbezügliche Einfluss besteht darin, dass in meiner „Spectralanalyse des Kadmiums“ (diese Berichte 1888) 8 unter 49 Wellenlängen der VI. Gruppe, sowie 8 unter 72 Wellenlängen der V. Gruppe, also zusammen 16 unter 121 Wellenlängen durch deren, auf die oben angegebene Art bestimmten verbesserten Werthe zu ersetzen, und in die Gruppen, zu denen sie gehören, einzureihen sind, wobei 4 von ihnen (darunter L. Bell's 2288·01 und 2264·42) in die V. Gruppe, die übrigen 12 dagegen (darunter L. Bell's 2329·22, 2321·14, 2264·88, 2193·98 und 2143·75) in die VI. Gruppe der Kadmiumstrahlen fallen.

Ich hoffe, dass es mir, falls ich von hiezu berufener Seite die nöthige materielle Unterstützung finde, möglich sein wird, mit geeigneten Hilfskräften nicht nur die Fehlerdifferenzcurven, beziehungsweise Tafeln für den Übergang von den Liveing-Dewar'schen, sowie von den Hartley-Adeney'schen Zahlen in



verschiedenen Spectren zu deren möglichst verbesserten Werthen nach Rowland's Scala zu construiren, und meine bisherigen Vergleichen (insolange als nicht noch genauere Messungen vorhanden sind) mit den letzteren zu wiederholen, sondern auch rascher in der Verfolgung und Aufdeckung neuer, höchst wichtiger Beziehungen, denen ich auf der Spur bin, fortzuschreiten. Denn nicht bloss die maximale, in einem Elemente der Mendelejeff'schen Tafel vorkommende Condensationsform des primären Elementes „b“ steht, wie ich bereits gefunden habe, in einer einfachen Beziehung zu seiner Stellung in der Mendelejeff'schen Tafel (siehe unten!), sondern es gilt auch Ähnliches für die minimale in einem Elemente vorkommende Condensationsform von „b“, sowie für die minimalen und maximalen darin auftretenden Condensationsformen des primären Elementes „a“, so dass es möglich sein wird, bloss durch die Untersuchung des Spectrums eines noch unbekanntes secundären Elementes nicht nur die Reihe, sondern auch die Gruppe der Mendelejeff'schen Tafel, welcher es angehört, und damit das approximativ Atomgewicht und die sonstigen allgemeinen Eigenschaften desselben zu bestimmen.

### III.

Ich habe bereits in der Einleitung zu meiner „Spectralanalyse des Kadmiums“ (diese Berichte 1888, S. 2—5) einen wichtigen, von mir im Wege der Induction gefundenen Zusammenhang zwischen den Spectren der Elemente und ihrer Stellung in der Mendelejeff'schen Tafel mitgetheilt, von dessen Richtigkeit man sich nach den dortigen Angaben durch wirkliche Ausführung der erforderlichen Vergleichen der Spectren mit dem Wasserspectrum von Liveing und Dewar überzeugen kann.

Die vergleichenden Zahlentabellen selbst, aus welchen dieses Inductionsgesetz hervorgeht, können, da mir zu meinen Arbeiten keine Hilfskräfte zur Verfügung stehen, erst später nach und nach publicirt werden. Inzwischen hoffe ich, durch die direct experimentell controlirbaren Ergebnisse der vorliegenden, sowie der in Aussicht genommenen Publication über meine „Vergleichende Spectralanalyse des Kobalts und Nickels“ die grosse Wichtigkeit des Gesetzes darthun zu können.

Es hat sich nämlich durch Vergleichung der Wellenlängen einer grossen Anzahl von Elementen mit den Wellenlängen des Wasserspectrums herausgestellt, dass das Spectrum eines Elementes der  $n^{\text{ten}}$  Reihe der Mendelejeff'schen Tafel für  $n > 2$  eine Gruppe meist sehr brechbarer Strahlen enthält, deren Wellenlängen  $\lambda$  durch Multiplication mit dem Reductionsfactor  $\frac{n}{n-1}$  in entsprechenden Wellenlängen  $\frac{n}{n-1} \lambda = \lambda'$  des Wasserspectrums übergehen. Die letzteren gehören dem primären Elemente „b“ des Hydrogens  $H = ba_x$  in dem condensirten Zustande an, in sich dasselbe im Hydrogen des Wasserdampfes befindet. Die sehr reichhaltige Gruppe von Wellenlängen jener Strahlen, welche das primäre Element „b“ in dem erwähnten Zustande innerhalb des Wasserdampfes aussendet, und welche von mir durch das Symbol ( $H_2O, H, b$ ) bezeichnet wird, kann als solche durch eine Reihe von Kriterien erkannt werden, die ich bei meinen vergleichenden Untersuchungen der Spectren des Hydrogens, Oxygens und des Wasserdampfes (Astronomische Nachrichten Nr. 2797 und diese Berichte, 1887) gefunden und in der Einleitung zu meiner „Spectralanalyse des Magnesiums und der Kohle“ (diese Berichte, 1887, S. 3) übersichtlich zusammengestellt habe. Nach diesen Kriterien müssen alle Wellenlängen  $\lambda'$  dieser Gruppe ( $H_2O, H, b$ ), wenn sie mit  $\frac{5}{4}$  multiplicirt werden, in virtuelle Wellenlängen  $\frac{5}{4} \lambda' = \lambda''$  des Hydrogens übergehen, welchen dem primären Stoffe „b“ in jener chemischen Condensationsform angehören, in welcher er auch im freien Hydrogen vorkommt. Die zu diesen Wellenlängen gehörigen Strahlen hängen hinsichtlich ihrer Sichtbarkeit von der jeweiligen physikalischen Modification der betreffenden Condensationsform ab. Die Gruppe, zu welcher die Strahlen  $\lambda''$  gehören, wird von mir durch das Symbol ( $H, b$ ) dargestellt. Alle Wellenlängen  $\lambda''$  derselben lassen sich durch Multiplication mit  $\frac{46}{41}$  und  $\frac{70}{59}$  in virtuelle Wellenlängen des Oxygens verwandeln, welche, beziehungsweise mit  $\frac{23}{32}$  und  $\frac{21}{32}$  multiplicirt, in homologe Wellenlängen  $\frac{23}{32} \cdot \frac{46}{41} \lambda''$  und  $\frac{21}{32} \cdot \frac{70}{59} \lambda''$  des Wasser-

dampfes übergehen. Die Wellenlängen  $\frac{46}{41} \lambda''$  und  $\frac{70}{59} \lambda''$  gehören ganz bestimmten Condensationsformen des primären Elementes „b“ an, welche in individuellen physikalischen Modificationen auch im Oxygen vorkommen. Das Oxygen ist nämlich nach meinen vergleichenden Untersuchungen ein zusammengesetzter Körper, welcher zunächst aus einem für dieses secundäre Element besonders charakteristischen Stoffe  $O'$  und aus dem Hydrogen in der modificirten Form  $H'$  besteht, in der es das sogenannte zusammengesetzte Linienspectrum erzeugt:  $O = H' \cdot O'$ . (Sollten die namentlich in den O-Spectren älterer Beobachter, wie Plücker etc., vorkommenden  $H'$ -Strahlen nur von sehr verdünntem, dem Oxygen bloss beigemischtem Hydrogen herrühren, so würde O einfach mit  $O'$  identisch sein). Der Stoff „ $O'$ “ besteht aus vier Volumen des primären Elementes „b“ und fünf Volumen eines Stoffes  $O''$ , welcher seinerseits merkwürdiger Weise ganz ähnlich zusammengesetzt ist, indem er wieder vier Volumtheile von „b“ und fünf Volumtheile des primären Elementes „c“ enthält.

Das letztere ist, wie ich erst unlängst gefunden habe, nur eine bestimmte chemische Condensationsform des primären Elementes „a“ des Hydrogens  $H = ba_4$ .

- a) Die Wellenlängen  $\frac{46}{41} \lambda''$ , welche durch Multiplication mit  $\frac{46}{41}$  aus den Wellenlängen  $\lambda''$  der Gruppe (H, b) gewonnen werden, gehören dem primären Elemente „b“ in dem Zustande an, in welchem es, mit dem Stoffe  $O''$  verbunden, in dem Stoffe  $O' = b_4 O''_5$  innerhalb des Oxygens enthalten ist. Diese Gruppe von Wellenlängen wird von mir mit dem Symbole (O,  $O'$ , b) bezeichnet. Der in diesem Zustande befindliche Stoff wird, wenn sich das Oxygen mit dem Hydrogen zu Wasserdampf verbindet, in bestimmtem Vershältnisse condensirt, und sendet dann Strahlen innerhalb des Wasserdampfes aus, deren Wellenlängen durch Multiplication mit  $\frac{23}{32}$  aus den entsprechenden Wellenlängen der Gruppe (O,  $O'$ , b) abgeleitet werden können. Die Wellenlängen dieser Gruppe des Wasserspectrums werde von mir durch das Symbol ( $H_2O$ , O,  $O'$ , b) angedeutet.

b) Die Wellenlängen  $\frac{70}{59} \lambda''$ , welche durch Multiplication mit  $\frac{70}{59}$  aus den Wellenlängen  $\lambda''$  der Gruppe (H, *b*) erhalten werden, gehören dem primären Elemente „*b*“ in dem von dem vorigen ganz verschiedenen chemischen Zustande an, in welchem es mit „*c*“ zum Körper  $O'' = b_4 c_5$  vereinigt, innerhalb des Körpers  $O' = b_4 O''_5$  im Oxygen vorkommt. Die Gruppe dieser Wellenlängen wird von mir durch das Symbol (O, O', O'', *b*) dargestellt.

Werden die Wellenlängen  $\frac{70}{59} \lambda''$  dieser Gruppe (O, O', O'', *b*) mit  $\frac{21}{32}$  multiplicirt, so werden sie dadurch in rhythmisch entsprechende Wellenlängen  $\frac{21}{32} \cdot \frac{70}{59} \lambda''$  des Wasserspectrums transformirt, und bilden eine von mir mit (H<sub>2</sub>O, O, O', O'', *b*) bezeichnete Gruppe, welche dem Elemente „*b*“ des Stoffes  $O'' = b_4 c_5$  in dem Zustande angehört, in welchem es sich im Stoffe  $O' = b_4 O''_5$  des Oxygens innerhalb des Wasserdampfes befindet. Zum besseren Verständnisse der sogenannten virtuellen Strahlen, welche zum Hydrogen und Oxygen, oder vielmehr zu verschiedenen physikalischen Modificationen solcher Condensationsformen der primären Elemente *a* und *b* des Hydrogens  $H = b a_4$  gehören, die in individuellen physikalischen Modificationen auch im H und O vorkommen, verweise ich auf die Einleitung zu meiner „Spectralanalyse des Kadmiums“. (Diese Berichte, 1888, S. 6—8.)

Kehren wir nach dieser kleinen, zum leichteren Verständnisse des Folgenden dienenden Erläuterung wieder zu unserem Hauptgegenstande zurück.

Das in Rede stehende Inductionsgesetz, betreffend den Zusammenhang zwischen den Spectren der Elemente und ihrer Stellung in der Mendelejeff'schen Tafel, kann in eine Form gebracht werden, in welcher es direct experimentell geprüft, und eventuell eine werthvolle Directive für Experimentaluntersuchungen werden kann, welche auf Entdeckung noch unbekannter secundärer Elemente abzielen, deren Existenz, approximatives Atomgewicht und allgemeine Eigenschaften zwar durch das periodische Gesetz angezeigt werden, deren Plätze in der

Mendelejeff'schen Tafel jedoch zur Zeit noch leer stehen und ihrer künftigen Inhaber harren.

Angenommen, ein Element  $X$  der  $n$ ten Reihe der Mendelejeff'schen Tafel komme in einem Stoffe  $A$  ohne chemische Volumänderung, d. h. ohne chemische Condensation oder Dilatation vor; es sei z. B. „ $A$ “ ein bekanntes, aber nicht ganz reines Element und „ $X$ “ eine Spur von einem noch unbekanntem Elemente, durch welches das erstere verunreinigt wird. Dann muss das Spectrum des Stoffes  $A$ , insbesondere der ultraviolette Theil desselben, nach dem obigen Inductionsgesetze eine Gruppe von Strahlen enthalten, deren Wellenlängen  $\lambda$  mit  $\frac{n}{n-1}$  multiplicirt, in Wellenlängen des Wasserspectrums übergehen, welche eine Partialgruppe der sehr ausgedehnten Gruppe  $(H_2O, H, b)$  bilden, und als solche mittelst der Kriterien  $\frac{5}{4}(H_2O, H, b) = (H, b)$

$$\frac{23}{32} \cdot \frac{46}{41} (H, b) = (H_2O, O, O', b) \text{ Wasserspectrum,}$$

$$\frac{21}{32} \cdot \frac{70}{59} (H, b) = (H_2O, O, O', O'', b) \text{ Wasserspectrum}$$

erkannt werden können.

Würde das Element  $X$  im Stoffe  $A$  nicht, wie oben vorausgesetzt wurde, ohne Condensation, sondern in einer chemischen Verbindung mit einem andern Elemente  $Y$  vorkommen, welche nur unter Condensation der beteiligten Elemente im Verhältnisse  $m:p$   $\left(\frac{m}{p} = \frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{2}{5}, \frac{2}{7} \dots\right)$  zu Stande kommen kann, so würden sämmtliche Wellenlängen  $\lambda$  desselben [also auch die der charakteristischen Gruppe  $\frac{n}{n-1}\lambda = (H_2O, H, b)$  Wasserspectrum] nach meinem Fundamentalsetze über die Veränderung der Wellenlängen von Componenten bei Bildung einer chemischen Verbindung, rational im Verhältnisse  $m:p$  geändert, und in Wellenlängen von der Form  $\frac{m}{p}\lambda = l$  übergeführt werden, abgesehen von anderen gesetz-

mässigen rationalen Veränderungen untergeordneter Gruppen von Wellenlängen.

Die charakteristische Gruppe des freien oder wenigstens ohne Condensation gebundenen Elementes  $X: \frac{n}{n-1} \lambda = (\text{H}_2\text{O}, \text{H}, b)$  würde sich in eine Gruppe  $\frac{n}{n-1} \cdot \frac{p}{m} l = (\text{H}_2\text{O}, \text{H}, b)$  von Wellenlängen  $l$  verwandeln, welche mit  $\frac{n}{n-1} \cdot \frac{p}{m}$  (und nicht mit  $\frac{n}{n-1}$ ) multiplicirt, in Wellenlängen der Gruppe  $(\text{H}_2\text{O}, \text{H}, b)$  übergehen würden.

Der hier auftretende Factor  $\frac{n}{n-1} \cdot \frac{p}{m}$  könnte nicht die Form  $\frac{n'}{n'-1}$  ( $n' = 3, 4, 5, \dots, 12, \dots, n' \leq n$ ) annehmen; denn wäre  $\frac{n}{n-1} \cdot \frac{p}{m} = \frac{n'}{n'-1}$ , so müsste  $\frac{n}{n-1} : \frac{n'}{n'-1} = \frac{m}{p}$  einer der einfachen chemischen Condensationsfactoren  $\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{2}{5}, \frac{2}{7}, \dots$  sein, was nicht der Fall ist, wie man sich leicht durch wirkliche Division zweier verschiedener Zahlen der Reihe  $\frac{3}{2}, \frac{4}{3}, \frac{5}{4}, \frac{7}{5}, \frac{8}{6}, \frac{9}{7}, \frac{10}{8}, \frac{11}{9}, \frac{12}{10}, \frac{12}{11}$  überzeugen kann.

Daraus folgt, dass man das Inductionsgesetz auch umkehren, und demselben die nachstehende, für die Anwendung sehr zweckmässige Fassung geben kann:

„Wenn ein Stoff  $A$  ein Linienspectrum liefert, in welchem besonders im Ultraviolett mehr oder weniger zahlreiche Strahlen vorkommen, deren Wellenlängen  $\lambda$  durch Multiplication mit einem Bruche von der Form  $\frac{n}{n-1}$  ( $n > 2, \frac{n}{n-1} = \frac{3}{2}, \frac{4}{3}, \frac{5}{4}, \frac{6}{5}, \frac{7}{6}, \frac{8}{7}, \frac{9}{8}, \frac{10}{9}, \frac{11}{10}, \frac{12}{11}$ ) in rhythmisch entsprechende

Wellenlängen  $\lambda' = \frac{n}{n-1} \lambda$  des Wasserspectrums verwandelt werden können, die sich mittelst der bekannten Kryterien als zur Gruppe  $(\text{H}_2\text{O}, \text{H}, b)$  gehörig nachweisen lassen, so enthält der Stoff  $A$  zum Mindesten eine **Spur** eines bekannten oder noch unbekanntes Elementes  $X$  der  $n^{\text{ten}}$  Reihe der Mendelejeff'schen Tafel **ohne** chemische Condensation“.

## IV.

Vergleicht man die von Hartley und Adeney gemessenen Wellenlängen der Spectren des Tellurs, des Antimons und des Kupfers im Ultraviolett ohne Rücksicht auf die äussere Erscheinung der zugehörigen Linien (siehe Nr. I!), so findet man die in der **Tabelle II** zusammengestellten Übereinstimmungen. Die ersten zwei Columnen der Tafel geben die betreffenden Wellenlängen des Tellurs und Antimons, die dritte die eventuell übereinstimmenden des Kupfers, die vierte die Mittelwerthe der in einer und derselben Zeile stehenden entsprechenden Zahlen, die fünfte endlich die adoptirten Werthe  $\lambda$  der Wellenlängen jener Strahlen, welche zugleich im Spectrum des Tellurs und Antimons, eventuell auch im Spectrum des Kupfers vorkommen. Für  $\lambda > 2370$  (Angst. Sc.) stimmen die adoptirten Wellenlängen mit den Mittelwerthen der von Hartley und Adeney gegebenen Zahlen überein; für  $\lambda \leq 2370$  dagegen sind statt der Mittelwerthe der vierten Colonne deren auf die oben in Nr. II angegebene Weise corrigirte Werthe als die der Wahrheit am nächsten kommenden Wellenlängen adoptirt worden.

Die obigen Übereinstimmungen sind so genau, die Zwischenräume zwischen den Linien, welche in den Spectren des Tellurs, Antimons und Kupfers den übereinstimmenden zunächst liegen, relativ so gross, dass eine blosser Zufälligkeit der Coincidenzen sehr unwahrscheinlich ist. Überdies dürften das Tellur und andere damit nahe verwandte Metalle häufig Begleiter des atom-analogen Schwefels in den schwefelhaltigen Antimon- und Kupfererzen (Grauspiessglanzerz  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ , Kupferglanz  $\text{Cu}_2\text{S}$ , Kupferkies oder Buntkupfererz  $\text{CuFeS}_2$  etc.) sein; das Vorkommen von Spuren des Tellurs und ihm ähnlicher, vielleicht noch unbekannter Metalle in dem aus solchen Erzen gewonnenen Antimon und Kupfer, sowie das Auftreten gemeinsamer Strahlen in den Spectren der letzteren Elemente und in jenem des Tellurs wären nothwendige Folgen davon, somit leicht erklärlich. Endlich ist noch zu beachten, dass das Atomgewicht des Tellurs nach seiner Stellung in der siebenten Reihe der Mendelejff'schen Tafel (Gruppe VI!) ungefähr 125 betragen sollte, während es mittelst verschiedener Methoden verschieden, u. zw. meist viel grösser, zu 128 und mehr, gefunden wird.

Berzelius fand es 1812 und 1818 zu 128·9, 1832 zu 128·3, indem er Tellur mittelst Salpetersäure oxydirte und das beim Glühen zurückgebliebene Telluriumdioxyd wog; v. Hauer erhielt dafür 1857 mittelst der Analyse des Kaliumtellurumbromides 127·9. Dr. B. Brauner endlich erhielt es aus der Synthese des Telluriumdioxydes und des Telluriumsulfates zu 125—126, dagegen aus der Analyse des Telluriumtetrabromides und Telluriumdibromides zu 128 und mehr ( $O = 16$ ).

Dieses eigenartige Verhalten des Tellurs bei den Versuchen, sein Atomgewicht mittelst verschiedener Methoden zu bestimmen, gibt viel zu denken, und spricht namentlich dafür, dass das bisherige „Tellur“ noch kein einheitlicher Körper ist, sondern aus einem noch unbekanntem **ganz reinen** Tellur und kleinen Beimengungen besteht, welche dem reinen Tellur nahe verwandt und deshalb von ihm sehr schwer zu trennen sind (siehe Dr. B. Brauner: „Experimental researches on the periodic law“, Part I, Tellurium, im Journal of the Chemical Society, July 1889).

Die erwähnten Beimengungen dürften zugleich mit dem reinen Tellur als hartnäckige Begleiter des Schwefels in den Antimon- und Kupfererzen vorkommen und aus diesen in das gewonnene Antimon und Kupfer übergehen.

Erwägungen dieser Art, welche es wahrscheinlich machen, dass die gemeinsamen Strahlen des Tellurs, Antimons und Kupfers im Ultraviolett theils dem noch unbekanntem reinen Tellur, theils den ebensowenig oder vielmehr noch weniger bekannten Begleitern desselben gehören, haben mich bestimmt, die genannten Strahlen eingehend zu prüfen.

Indem ich nun die Wellenlängen derselben auf Grund des in Nr. III besprochenen, von mir entdeckten Inductionsgesetzes zunächst daraufhin untersuchte, ob und welche derselben sich durch Multiplication mit rationalen Zahlen von der Form  $\frac{n}{n-1}$  ( $n = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12$ ) in Wellenlängen der Gruppe ( $H_2O, H, b$ ) des Wasserspectrums transformiren lassen, fand ich unter Anderem, dass die nachstehenden Wellenlängen  $\lambda$  unter ihnen eine charakteristische Gruppe bilden, deren Zahlen  $\lambda$  durch Multiplication mit  $\frac{11}{10}$  in rhythmisch entsprechende Wellenlängen



$\lambda' = \frac{11}{10} \lambda$  des Wasserspectrums übergehen, welche sich durch die bekannten Kriterien als zur Gruppe ( $H_2O$ , H, *b*) gehörig erweisen.

### Charakteristische Gruppe I

übereinstimmender Strahlen des Tellurs und Antimons, eventuell auch des Kupfers.

#### Adoptirte Wellenlängen. Angstr. Scala<sup>1</sup>:

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| $\lambda = 2768 \cdot 87$ auch Cu | } Identisch mit den in dieser Region nur wenig fehlerhaften Mittelwerthen der betreffenden übereinstimmenden Wellenlängen nach Hartley und Adeney. |
| 2702·53 auch Cu                   |  |
| 2700·33 auch Cu                   |  |
| 2613·7                            |  |
| ? 2485·5 auch Cu                  |  |
| 2438·0                            |  |
| 2403·75                           |  |

Adoptirte Wellenlängen, erhalten durch Correctur der rechts stehenden entsprechenden Mittelwerthe übereinstimmender Wellenlängen nach Hartley und Adeney (siehe Nr. II und Tafel I):

Mittelwerthe übereinstimmender Wellenlängen von Hartley und Adeney, welche in dieser Region den links stehenden richtigeren Werthen entsprechen:

|                                  |           |           |
|----------------------------------|-----------|-----------|
| $\lambda = 2369 \cdot 5$ auch Cu | (2370·13) |           |
| 2279·32                          | (2280·7)  |           |
| ? 2241·76 auch Cu?               | (2243·43) |           |
| 2229·73 auch Cu                  | (2231·72) |           |
| 2227·43 auch Cu                  | (2229·03) |           |
| 2221·83                          | (2223·35) |           |
| { 2214·93 auch Cu                | (2216·5)  | } (Mittel |
| { 2214 03 auch Cu                | (2215·8)  |           |
| 2159·71                          | (2159·55) | 2216·15)  |

Die Genauigkeit, mit welcher die obigen Wellenlängen den sie kennzeichnenden rhythmischen Beziehungen zum Wasserspectrum genügen, ist aus den ohne weitere Erläuterung verständlichen Tabellen III, III *a*) und III *b*) ersichtlich, wenn man nur beachtet, dass die Tabellen III *a*) und III *b*) eigentlich blosse Abzweigungen und Fortsetzungen der Tabelle III bilden, indem

<sup>1</sup> Die obigen, auf Angström's Scala bezüglichen Wellenlängen  $\lambda$  können leicht auf die Rowland'sche Scala reducirt werden, indem man zu jeder derselben  $\frac{1}{6000}$  ihres Betrages hinzufügt.

ihre ersten Columnen mit der vierten Colonne der letzteren identisch sind.

Aus dem Vorhergehenden folgt sofort auf Grund des in Nr. III ausgesprochenen Satzes über den Zusammenhang zwischen den Spectren der Elemente und ihrer Stellung in der Mendelejeff'schen Tafel, dass

„die Strahlen der charakteristischen Gruppe (I) einem Elemente  $X$  der 11. Reihe der Mendelejeff'schen Tafel angehören, welches im bisherigen Tellur und Antimon und zugleich auch im Kupfer ohne chemische Condensation enthalten ist“.

Die Elemente der 11. Reihe sind aber, wenn wir überhaupt ein Element der  $m$ ten Gruppe und  $n$ ten Reihe mit  $R^{m,n}$  bezeichnen, die folgenden:  $R^{1,11} = \text{Au Gold}$ ,  $R^{2,11} = \text{Hg Quecksilber}$ ,  $R^{3,11} = \text{Tl Thallium}$ ,  $R^{4,11} = \text{Pb Blei}$ ,  $R^{5,11} = \text{Bi Wismuth}$ ,  $R^{6,11} = 212$  ungefähr (unbekannt, Dr. B. Brauner's *Austriacum*?),  $R^{7,11} = 215$  ungefähr (unbekannt) und  $R^{8,11} = 119$  ungefähr (unbekannt, Dahl's *Norwegium*?).

Das gefundene, vorläufig nur spectralanalytisch durch die zugehörige charakteristische Strahlengruppe (I) definirte Element  $X$  der 11. Reihe kann nun, wie leicht nachgewiesen werden kann, keines der bereits bekannten Elemente dieser Reihe sein. Denn wenn  $X$  mit einem der bekannten Elemente derselben identisch wäre, so müssten sämtliche Linien der charakteristischen Gruppe im ultravioletten Spectrum des letzteren **deutlich** sichtbar sein, nachdem schon eine blosse Spur von  $X$  im Tellur und Antimon die betreffenden Linien auf der photographischen Platte erzeugt.

Dem entgegen enthält jedoch das **Gold**-Spectrum im Ultraviolett überhaupt keinen der übereinstimmenden Strahlen des Tellurs, Antimons und Kupfers, welche wir in der Tafel II übersichtlich zusammengestellt haben; das **Quecksilber**-Spectrum hat nach Hartley und Adeney nur einen einzigen Strahl  $\lambda 2231.0$ , dessen nach den Angaben in Nr. II mit Hilfe der Tafel I rectificirte Wellenlänge  $2229.46$  der adoptirten Wellenlänge  $2229.73$  der charakteristischen Gruppe sehr nahe liegt; das **Thallium**-Spectrum hat nur zwei Strahlen:  $2700.1$ ,  $2243.7$  rectificirt:  $2242.03$ , nach Hartley etc., welche den adoptirten Strahlen  $2700.33$  und  $2241.76$  der charakteristischen Gruppe sehr nahe kommen; das **Bleispectrum** hat nur einen derartigen

Strahl: 2613·7 nach Liveing und Dewar, 2613·4 nach Hartley; und das **Wismuth**-Spectrum wieder **nur zwei**: 2231·4, 2229·1 nach Hartley, rectificirt: 2229·86 und 2227·5, welche mit adoptirten Strahlen der charakteristischen Gruppe 2229·73 und 2227·43 nahezu übereinstimmen.

„Das Element *X* kann daher nur eines der noch unbekanntten Elemente der elften Reihe:  $R^{6,11} = 212$  ungefähr (Dr. B. Brauner's Austriacum?),  $R^{7,11} = 215$  ungefähr,  $R^{8,11} = 219$  ungefähr (Dahl's Norwegium?) sein“.

Berücksichtigen wir nun noch, dass das Element *X*, welches nach dem Obigen der VI., VII. oder VIII. Gruppe der Mendelejeff'schen Tafel angehört, jedenfalls dem **Antimon** =  $R^{5,7}$  (in der V. Gruppe), besonders aber dem **Tellur** =  $R^{6,7}$  (in der VI. Gruppe) nahe verwandt sein muss, weil es sonst nicht so hartnäckig die meisten für das Antimon und Tellur als charakteristisch angesehenen Reactionen mit den letzteren mitmachen könnte, so erkennen wir, dass *X* höchstwahrscheinlich derselben VI. Gruppe wie das **Tellur** angehören, also mit dem Elemente  $R^{6,11} = 212$  ungefähr, Dr. B. Brauner's Austriacum?, identisch sein dürfte.

Im **Kupfer** spielt *X* jedenfalls die Rolle eines elektro-negativen Elementes. Das **Kupfer** ist höchst wahrscheinlich eine Verbindung oder vielmehr eine Legirung eines stark alkalisch reagirenden noch unbekanntten Elementes  $R^{1,5}$ , welchem eigentlich der jetzt noch dem Kupfer provisorisch zugewiesene Platz in der I. Gruppe der Mendelejeff'schen Tafel gebührt, mit anderen elektronegativen metallischen Elementen, unter welchen sich nach dem Obigen jedenfalls das Element *X* (Brauner's Austriacum?) befindet. Da das unbekanntte alkalische Element  $R^{1,5}$  des Kupfers zufolge seiner Stellung zwischen Kalium und Rubidium und seiner besonders nahen Verwandtschaft mit dem Natrium sehr leicht, und zwar leichter als das Kalium schmelzbar sein muss, das uns bekannte Kupfer jedoch erst bei circa 1000° schmilzt, **so muss** (indem hier von dem im Kupfer wohl nur in sehr geringer Menge vorkommenden Elemente *X* abgesehen werden kann) **der elektronegative Hauptbestandtheil des Kupfers<sup>1</sup> ein schwer schmelzbares Element sein.** Für das

<sup>1</sup> mindestens.

Vorkommen eines solchen elektronegativen Bestandtheiles im Kupfer neben dem eigentlichen, stark alkalischen Hauptbestandtheil  $R^{1,5}$  (= 55 ungefähr?; wegen der Beziehung:  $R^{1,5}$  zu  $K$ , wie  $Na$  zu  $Li$ ) spricht auch deutlich die Existenz des Kupferwasserstoffes, welcher nur deshalb zu Stande kommen kann, weil der elektronegative Bestandtheil des Kupfers die sonst sehr geringe Affinität des stark alkalischen Elementes  $R^{1,5}$  gegen Wasserstoff durch Induction soweit erhöht, dass auch dieser alkalische Bestandtheil den Wasserstoff, allerdings nur höchstens bis zu einer Temperatur von circa  $60^\circ$  C. festzuhalten vermag.<sup>1</sup>

Die bis jetzt näher betrachteten Strahlen der charakteristischen Gruppe (I) bilden nur einen Theil der Strahlen des Elementes  $X$ , von welchen sich noch manche andere unter den gemeinsamen Strahlen des Tellurs und Antimons befinden dürften.

Insbesondere dürften die Strahlen:  $\lambda = 2611 \cdot 3$ ,  $2549 \cdot 75$ ,  $2479 \cdot 5$  und  $2462 \cdot 0$  auch noch Strahlen des Elementes  $X$  sein. Dieselben bilden mit dem Strahle  $\lambda = 2613 \cdot 7$  eine bemerkenswerthe Gruppe, welche wir die Gruppe II nennen wollen.

Ihre Wellenlängen  $\lambda$  besitzen alle Merkmale von Strahlen, welche einer ganz bestimmten Condensationsform des primären Elementes „ $a$ “ angehören. Sie gehen nämlich mit  $\frac{3}{2}$  multiplicirt in Wellenlängen  $\frac{3}{2}\lambda = \lambda_1$  der Gruppe (H,  $a$ ) über, welche dem primären Elemente „ $a$ “ des Hydrogens  $H = ba_4$  in dem Zustande gehören, in welchem es sich im freien Hydrogen befindet. Die letzteren Wellenlängen  $\lambda_1$  genügen in der That den diesbezüglichen Kriterien; indem  $\frac{19}{30}\lambda_1$ ,  $\frac{3}{4}\lambda_1$  und  $\frac{56}{75}\lambda_1$  rhythmisch entsprechende Wellenlängen des Wasserspectrums und überdies  $\frac{2}{3}\lambda_1 = \lambda$  Wellenlängen sind, welche mit homologen Zahlen des Wasserspectrums übereinstimmen. (S. meine „Mathem. Spectralanalyse des Magnesiums und der Kohle“, diese Berichte 1887, S. 2, 3 und 5!)

<sup>1</sup> Das alkalische Element  $R^{1,5}$  würde für sich allein bloß  $R\frac{1}{2}H$  bilden können, ähnlich wie das  $Na$  bloß  $Na_2H$  bildet, während  $Cu : Cu_2H_2$  liefert.

Die oben angeführten Beziehungen der Wellenlängen  $\lambda$  zum Wasserspectrum sind aus den Tabellen IV und IV $\alpha$  ersichtlich, von welchen die letztere nur eine Fortsetzung der ersteren bildet, indem die 1. Colonne der Tabelle IV $\alpha$  mit der 3. Colonne der Tabelle IV identisch ist.

Da nun der Strahl  $\lambda = 2613 \cdot 7$  sowohl dieser, als auch der charakteristischen Gruppe (I) angehört, mithin ein empirischer Knotenstrahl (Verzweigungsstrahl) der beiden Gruppen ist, so wird er, im Falle er auch ein wirklicher Knotenstrahl ist, von einem Atomtheilchen erzeugt, welches die den beiden Gruppen entsprechenden Condensationsformen der primären Elemente „a“ und „b“ materiell mit einander verbindet; dies ist aber nur möglich, wenn beide Condensationsformen als integrirende Bestandtheile an der Structur eines und desselben secundären Elementes, also hier des Elementes X betheiligt sind. Ist dies aber der Fall, so gehören die beiden entsprechenden Strahlengruppen I und II diesem Elemente an, wie oben behauptet wurde.

Wenn wir schliesslich alles bisher Gefundene zusammenfassen, so können wir als Endergebniss unserer Analyse den nachstehenden

### B e f u n d

aussprechen: „Die bisherigen Elemente Tellur, Antimon und Kupfer enthalten **Spuren** eines neuen, noch unbekanntes Elementes X der 11. Reihe der Mendelejeff'schen Tafel. Das letztere ist einerseits dem Tellur, andererseits dem Wismuth nahe verwandt und höchst wahrscheinlich identisch mit dem Elemente der VI. Gruppe und 11. Reihe:  $R^{6,11}$  von dem ungefähren Atomgewichte 212, also mit dem von Dr. B. Brauner neuestens im Tellur entdeckten „Austriacum“.

Das neue Element besitzt ein Spectrum, welches im Ultraviolett unter anderen die Strahlen:

|                          |               |   |         |                    |
|--------------------------|---------------|---|---------|--------------------|
| $\lambda = 2768 \cdot 9$ | Angstr. Scala | = | 2769·3  | in Rowland's Scala |
| 2702·5                   |               | = | 2703·0  |                    |
| 2700·3                   |               | = | 2700·8  |                    |
| 2613·7                   |               | = | 2614·1  |                    |
| ?2485·5                  |               | = | ?2485·9 |                    |
| 2438·0                   |               | = | 2438·4  |                    |

|                    |               |             |                    |
|--------------------|---------------|-------------|--------------------|
| $\lambda = 2403.8$ | Angstr. Scala | $= 2404.2$  | in Rowland's Scala |
| 2369.5             |               | $= 2369.9$  |                    |
| 2279.3             |               | $= 2279.7$  |                    |
| ?2241.8            |               | $= ?2242.1$ |                    |
| 2229.7             |               | $= 2230.1$  |                    |
| 2227.4             |               | $= 2227.8$  |                    |
| 2221.8             |               | $= 2222.2$  |                    |
| { 2214.9           |               | $= 2215.3$  |                    |
|                    | { 2214.0      |             | $= 2214.4$         |
| 2159.7             |               | $= 2160.0$  |                    |

und wahrscheinlich auch die Strahlen:

|                    |               |            |                    |
|--------------------|---------------|------------|--------------------|
| $\lambda = 2611.3$ | Angstr. Scala | $= 2611.7$ | in Rowland's Scala |
| 2549.8             |               | $= 2550.2$ |                    |
| 2479.5             |               | $= 2479.9$ |                    |
| 2462.0             |               | $= 2462.4$ |                    |

enthält.

---

Ich habe die Hauptergebnisse meiner bisherigen vergleichenden Untersuchung des Tellur-, Antimon- und Kupferspectrums im Ultraviolett Herrn Dr. B. Brauner in Prag in einem besonderen Schreiben unterm 30. Juli 1889 mitgetheilt, um ihn mit Bezugnahme auf seine im „Journal of the Chemical Society“, London und in den „Chemical News“ vom 6. Juni 1889 veröffentlichten „Experimental researches on the periodic law“, Part I, „Tellurium“, darauf aufmerksam zu machen, dass sein im Tellur neu entdecktes „Austriacum“ nicht bloss in diesem, sondern auch im Antimon und im Kupfer vorkommt, falls mein Element X der 11. Reihe der Mendelejeff'schen Tafel wirklich mit seinem Austriacum identisch sein sollte, wie es den Anschein hat; und ich schlug ihm zur Feststellung dieser Identität vor, eine kleine Probe seines Austriacums an Herrn Prof. G. D. Liveing in Cambridge, England, zu senden, damit derselbe das Spectrum des neuen Elementes, insbesondere dessen ultravioletten Theil bestimmen und so entscheiden könnte, ob die von mir vorhergesagten Strahlen des Elementes X sich wirklich in diesem Spectrum vorfinden. (Die für die letzteren angegebenen Wellenlängen waren einstweilen die aus den Messungen von Hartley und Adeney

unmittelbar fließenden, da ich die für einen Theil derselben erforderlichen Correcturen in einem darauf folgenden Schreiben zu erläutern und mitzutheilen beabsichtigte, falls Herr Dr. Brauner auf meinen Vorschlag eingehen würde.)

Als ich kurz darauf Herrn Dr. Brauner, der mir persönlich bis dahin ganz unbekannt war, in seinem Laboratorium aufsuchte, fand ich ihn in grosser Aufregung wegen meines Briefes, und ich war höchst überrascht, als er mir mittheilte, dass er ganz unabhängig von mir auf experimentellem Wege zu denselben Resultaten, wie ich, gelangt sei; doch sei es ihm bis jetzt noch nicht gelungen, das Austriacum aus dem Antimon und Kupfer völlig zu isoliren.

Diese merkwürdige Übereinstimmung von auf ganz verschiedenen Wegen erhaltenen Resultaten zweier Forscher, welche bis dahin, obzwar in derselben Stadt lebend, ganz ausser aller persönlichen Berührung geblieben waren, ist gewiss nicht nur an sich von hohem Interesse, sondern dürfte auch geeignet sein, die Fruchtbarkeit und reale Bedeutung meiner Theorie, sowie insbesondere die Wichtigkeit des von mir im Wege der Induction gefundenen Zusammenhanges zwischen den Spectren der Elemente und ihrer Stellung in der Mendelejeff'schen Tafel ad oculos zu demonstriren.

---

Tabelle I. (Siehe Seite 8.)

| L. Bell     |              | Trowbridge und Sabine |                | Liveing und Dewar        |               | Hartley und Adeney |               |
|-------------|--------------|-----------------------|----------------|--------------------------|---------------|--------------------|---------------|
| Rowl. Scala | Angst. Scala | Rowl. Scala           | Angst. Scala   | Angström's Scala         |               | Angström's Scala   |               |
| Kadmium     |              | Kupfer                |                | Kadmium                  | Kupfer        | Kadmium            | Kupfer        |
|             |              | 2369·9                | 2369·51        |                          |               |                    | 2370·1        |
|             |              | 2368·8                | 2368·41        |                          |               |                    | 2368·7        |
|             |              | 2356·7                | 2356·31        |                          |               |                    | 2357·2        |
|             |              | 2355·7                | 2355·31        |                          |               |                    | 2355·0        |
|             |              | 2348·8                | 2348·41        |                          |               |                    | 2348·8        |
|             |              | 2346·2                | 2345·81        |                          |               |                    | 2346·2        |
|             |              | 2336·3                | 2335·91        |                          |               |                    | 2336·6        |
| 2329·22     | 2328·83      |                       |                |                          |               | 2329·5             |               |
| 2321·14     | 2320·75      |                       |                | { 2320·79 } <sup>1</sup> |               | 2321·6             |               |
|             |              |                       |                | { Mittelw. }             |               |                    |               |
| 2312·83     | 2312·45      |                       |                | { 2312·70 } <sup>2</sup> |               | 2313·6             |               |
|             |              |                       |                | { Mittelw. }             |               |                    |               |
|             |              | 2299·6                | 2299·22        |                          |               |                    | 2300·5        |
|             |              | <b>2294·4</b>         | <b>2294·02</b> |                          | <b>2294·1</b> |                    | <b>2295·0</b> |
|             |              | 2293·9                | 2293·52        |                          |               |                    | 2294·6        |
|             |              | 2291·1                | 2290·72        |                          |               |                    | 2291·4        |
| 2288·01     | 2287·63      |                       |                |                          |               | 2288·9             |               |
|             |              | 2286·7                | 2286·32        |                          |               |                    | 2286·7        |
|             |              | 2278·4                | 2278·02        |                          |               |                    | 2279·6        |
|             |              | 2276·3                | 2275·92        |                          | 2276·0        |                    | 2277·0        |
|             |              | 2265·5                | 2265·12        |                          |               |                    | 2265·8        |
| { 2264·65   | { 2264·27    |                       |                | { 2264·77                |               | 2265·9             |               |
| { (Mitte v. | { (Mitte v.  |                       |                | { (Mitte von             |               | { (Mitte)          |               |
| { 2264·88   | { 2264·50    |                       |                | { 2264·91                |               |                    |               |
| { und       | { und        |                       |                | { und                    |               |                    |               |
| { (2264·42) | { (2264·04)  |                       |                | { (2264·64)              |               |                    |               |
|             |              | 2263·9n               | 2263·52        |                          | 2263·6        |                    | 2263·9        |
|             |              | 2263·2n               | 2262·82        |                          |               |                    | 2263·2        |
|             |              | 2255·1                | 2254·73        |                          |               |                    | 2257·7        |
|             |              | 2249·0                | 2248·63        |                          |               |                    | 2250·0        |
|             |              | <b>2247·0</b>         | <b>2246·63</b> |                          | <b>2246·6</b> |                    | <b>2248·2</b> |
|             |              | 2242·7                | 2242·33        |                          | 2242·2        |                    | 2244·0        |
|             |              | 2231·7                | 2231·33        |                          |               |                    | 2233·0        |

1 Mittelwerth aus { 2320·92 erhalten mittelst eines Rowland'schen Gitters.  
 { 2320·67 " " " Rutherford'schen Gitters

2 Mittelwerth aus { 2312·75 erhalten mittelst eines Rowland'schen Gitters.  
 { 2312·66 " " " Rutherford'schen Gitters.

n = neblig.



Tabelle I. (Fortsetzung.)

| L. Bell     |              | Trowbridge und Sabine |                | Liveing und Dewar                        |        | Hartley und Adeney |               |         |        |        |        |
|-------------|--------------|-----------------------|----------------|--|--------|--------------------|---------------|---------|--------|--------|--------|
| Rowl. Scala | Angst. Scala | Rowl. Scala           | Angst. Scala   | Angström's Scala                         |        | Angström's Scala   |               |         |        |        |        |
| Kadmium     |              | Kupfer                |                | Kadmium                                  | Kupfer | Kadmium            | Kupfer        |         |        |        |        |
| 2193·98     | 2193·62      | 2231·0                | 2230·63        | { 2194·18 }<br>{ (Mittel) } <sup>1</sup> | 2229·6 | 2228·3             | 2232·2        |         |        |        |        |
|             |              | 2230·1                | 2229·73        |  |        |                    | 2231·2        |         |        |        |        |
|             |              | 2228·9                | 2228·53        |  |        |                    | 2230·0        |         |        |        |        |
|             |              | 2227·8                | 2227·43        |  |        |                    | 2229·1        |         |        |        |        |
|             |              | 2226·9                | 2226·53        |  |        |                    | 2228·1        |         |        |        |        |
|             |              | 2225·7                | 2225·33        |  |        |                    | 2227·0        |         |        |        |        |
|             |              | 2224·8                | 2224·43        |  |        |                    | 2226·0        |         |        |        |        |
|             |              | <b>2218·2</b>         | <b>2217·83</b> |  |        |                    | <b>2219·3</b> |         |        |        |        |
|             |              | 2215·3n               | 2214·93        |  |        |                    | 2216·5        |         |        |        |        |
|             |              | 2214·4                | 2214·03        |  |        |                    | 2215·8        |         |        |        |        |
|             |              | 2213·0                | 2212·63        |  |        |                    | 2214·1        |         |        |        |        |
|             |              | 2210·3                | 2209·93        |  |        |                    | 2211·3        |         |        |        |        |
|             |              | 2200·6                | 2200·23        |  |        |                    | 2200·3        |         |        |        |        |
|             |              | 2199·8n               | 2199·44        |  |        |                    | 2199·8        |         |        |        |        |
|             |              | 2196·9                | 2196·54        |  |        |                    | 2196·5        |         |        |        |        |
|             |              | 2143·75               | 2143·40        |  |        |                    | 2192·4        | 2192·04 | 2191·8 | 2196·4 | 2192·0 |
|             |              |                       |                |  |        |                    | 2189·9        | 2189·54 | 2189·2 |        | 2189·6 |
|             |              |                       |                |  |        |                    | 2181·8        | 2181·44 |        |        | 2181·0 |
|             |              |                       |                |  |        |                    | 2179·5        | 2179·14 | 2178·8 |        | 2179·0 |
| 2175·2      | 2174·84      |                       |                |  | 2174·5 |                    |               |         |        |        |        |
| 2149·2      | 2148·84      |                       |                | 2148·9                                   | 2148·8 |                    |               |         |        |        |        |
| 2136·1      | 2135·75      |                       |                | 2135·7                                   | 2146·8 | 2135·8             |               |         |        |        |        |
| 2134·6n     | 2134·25      |                       |                |  | 2134·2 |                    |               |         |        |        |        |
| 2126·2      | 2125·85      |                       |                |  | 2124·4 |                    |               |         |        |        |        |
| 2125·3n     | 2124·95      |                       |                |  | 2124·0 |                    |               |         |        |        |        |
| 2123·1      | 2122·75      |                       |                |  | 2122·1 |                    |               |         |        |        |        |
| 2117·5      | 2117·15      |                       |                |  | 2116·0 |                    |               |         |        |        |        |
| 2112·2      | 2111·85      |                       |                |  | 2110·5 |                    |               |         |        |        |        |
| 2104·9      | 2104·55      |                       |                |  | 2103·0 |                    |               |         |        |        |        |

<sup>1</sup> Mittel aus { 2194·28 erhalten mittelst eines Rowland'schen Gitters.  
2194·2 " " " Rutherford'schen Gitters.  
2194·06 " " " " " " }

Tabelle II. (Siehe Seite 15.)

| Tellur,<br>beobachtet<br>von Hartley<br>und Adeney | Antimon,<br>beobachtet<br>von Hartley<br>und Adeney | Kupfer,<br>beobachtet von<br>Hartley und<br>Adeney | Mittelwerthe<br>der beobach-<br>teten Wellen-<br>längen | Adoptirte<br>Wellenlängen<br>$\lambda = (\text{Angstr. Scala})$ |
|--|---|--|---|---|
| 3771·0   | 3771·0  |  | 3271·0  | 3771·0  |
| <b>3520·3</b> st.                                  | <b>3520·3</b> z. st.                                |  | 3520·3  | 3520·3  |
| <b>3382·4</b> s. st.                               | 3382·0  |  | 3382·2  | 3382·2  |
| 3280·0   | 3279·7  | 3280·1   | 3279·93   | 3279·93 (auch Cu)   |
| <b>3273·4</b> s. st.                               | 3273·0  | <b>3273·1</b> s. st.                               | 3273·2  | 3273·2 (auch Cu)  |
| <b>3246·8</b> s. st.                               | 3246·6  | <b>4246·9</b> z. st.                               | 3246·77   | 3246·77 (auch Cu)   |
| 2877·4   | <b>2877·1</b> st.                                   | 2877·4   | 2877·3  | 2877·3 (auch Cu)  |
| <b>2768·6</b> z. st.                               | <b>2768·9</b> st.                                   | <b>2769·1</b> st.                                  | 2768·87   | 2768·87 (auch Cu)   |
| 2718·0   | <b>2717·9</b> st.                                   | 2718·4?  | 2718·1  | 2718·1 (auch Cu)  |
| 2702·3   | 2702·6  | <b>2702·7</b> st.                                  | 2702·53   | 2702·53 (auch Cu)   |
| 2700·3   | 2700·2  | <b>2700·5</b> st.                                  | 2700·33   | 2700·33 (auch Cu)   |
| 2613·7   | 2613·7  |  | 2613·7  | 2613·7  |
| 2611·3   | <b>2611·3</b> st.                                   |  | 2611·3  | 2611·3  |
| 2549·7 n.  | 2549·8  |  | 2549·75   | 2549·75   |
| 2485·3 n.  | 2485·7  | <b>2485·6</b> st.                                  | 2485·53   | 2485·53 (auch Cu)   |
| 2479·9 n.  | 2479·4  |  | 2479·5  | 2479·5  |
| <b>2473·2</b> z. st.                               | 2473·4  | <b>2473·2</b> z. st.                               | 2473·27   | 2473·27 (auch Cu)   |
| 2462·0 n.  | 2462·0 n.   |  | 2462·0  | 2462·0  |
| <b>2438·0</b> st.                                  | 2438·0  |  | 2438·0  | 2438·0  |
| <b>2403·7</b> z. st. }<br>breit }                  | 2403·8  |  | 2403·75   | 2403·75   |
| <b>2400·0</b> z. st.                               | 2399·9  | <b>2400·1</b> st.                                  | 2400·0  | 2400·0 (auch Cu)  |

st. = stark.

s. st. = sehr stark.

z. st. = ziemlich stark.

n. = neblig.

Tabelle II. (Fortsetzung.)

| Tellur,<br>beobachtet<br>von Hartley<br>und Adeney | Antimon,<br>beobachtet<br>von Hartley<br>und Adeney | Kupfer,<br>beobachtet von<br>Hartley und<br>Adeney | Mittelwerthe<br>der beobach-<br>teten Wellen-<br>längen | Rectifcirte und<br>adoptirte Wellen-<br>längen $\lambda =$<br>(Angstr. Scala) |
|--|---|--|---|---|
| 2370·3 st.   | 2370·0 st.  | 2370·1 s. st.                                      | 2370·13   | 2369·5 (auch Cu)  |
| 2332·0 st.   | 2331·8 n.   |  | 2331·9  | 2331·21   |
| 2325·5 st.   | 2325·3 n.   |  | 2325·4  | 2324·64   |
| 2288·6 n., br.                                     | 2388·8 z. st.                                       |  | 2288·7  | 2287·42   |
| 2280·6 n., z. st.                                  | 2280·8  |  | 2280·7  | 2279·32   |
| 2277·2 z. st., n.                                  | 2277·1  | 2277·0 st.   | 2277·1  | 2275·92 (auch Cu)   |
| 2248·0 z. st.                                      | 2248·0 st.  | 2248·2 s. st.                                      | 2248·07   | 2246·63 (auch Cu)   |
| 2243·3 z. st.                                      | 2243·5 st.  | 2243·5 st.?  | 2243·43   | 2241·76 (a. Cu)?  |
| 2231·3 n.  | 2231·3  | 2231·2   | 2231·27   | 2229·73 (auch Cu)   |
| 2230·3 n.  | 2230·3  | 2230·0   | 2230·2  | 2228·53 (auch Cu)   |
| 2229·0 n.  | 2229·0  | 2229·1   | 2229·03   | 2227·43 (auch Cu)   |
| 2223·2 n., br.                                     | 2223·5  |  | 2223·35   | 2221·83   |
| 2216·0 n. <sup>1</sup>                             | 2216·3 n. <sup>1</sup>                              | {2216·5} 2216·15<br>{2215·8} Mitte                 | 2216·15 <sup>1</sup>                                    | {2214·93 (auch Cu)<br>{2214·03 (auch Cu)                                      |
| 2211·2 z. st., n.                                  | 2211·3  | 2211·3   | 2211·27   | 2209·93 (auch Cu)   |
| 2200·1 n.  | 2200·3  | 2200·3   | 2200·23   | 2200·23 (auch Cu)   |
| 2189·7 n. br.                                      | 2189·3  | 2189·6 n.  | 2189·53   | 2189·53 (auch Cu)   |
| 2179·2 z. st.,<br>n., br.}                         | 2179·9 st. br.                                      | 2179·0 z. st.                                      | 2179·07   | 2179·14 (auch Cu)   |
| 2159·7 n.  | 2159·4  |  | 2159·55   | 2159·71   |
| 2122·5 n.  | 2122·5  | 2122·1?  | 2122·37   | 2122·75 (auch Cu)   |
| 2110·5 n.  | 2110·4  | 2110·5   | 2110·47   | 2111·85 (auch Cu)   |
| 2050·8 n., br.                                     | 2050·5  |  | 2050·65   | 2053·59? <sup>2</sup>   |

br. = breit.

<sup>1</sup> Wahrscheinlich doppelt. Mitte des Paares.<sup>2</sup> Aus den zwei letzten Zeilen von Tabelle I (siehe Nr. II) durch Extrapolirung abgeleitet.

Tabelle III. (Siehe Seite 17.)

Charakteristische Gruppe (I) übereinstimmender Strahlen  
des Tellur's und Antimons, eventuell auch des Kupfers.

| Adoptirte<br>Wellenlängen<br>(siehe Tabelle II,<br>5. Colonne!)<br>$\lambda = \text{Angst. Scala}$ | Wasser-<br>spectrum<br>( $\text{H}_2\text{O}$ , H, $b$ )<br>$\frac{11}{10} \lambda = \lambda' =$<br>Angst. Scala | Wasserspectrum,<br>beobachtet von<br>G. D. Liveing und<br>J. Dewar<br>Angst. Scala | Hydrogen<br>Virtuelle<br>Strahlen (H, $b$ )<br>$\frac{4}{5} \lambda' = \lambda'' =$<br>Angst Scala |
|--|--|--|--|
| 2768·87 (auch Cu)  | 3045·76  | (Huggins 3046·0)   | 3807·20  |
| 2702·53 (auch Cu)  | 2972·78  | Report of<br>the Brit. } 2972·8<br>Ass. 1886 }                                     | 3715·97  |
| 2700·33 (auch Cu)  | 2970·36  | } 2970·7<br>} 2970·0   | 3712·95  |
| 2613·7   | 2875·07  | 2875·1   | 3593·84  |
| ?2485·53 (auch Cu)   | 2734·08  | 2734·3   | ?3417·60   |
| 2438·0   | 2681·80  | 2681·8   | 3352·25  |
| 2403·75  | 2644·12  | 2644·2   | 3305·15  |

Tabelle III. (Fortsetzung.)

| Rectificirte und adoptirte Wellenlängen (siehe Tabelle II, 5. Colonne!)<br>$\lambda =$ (Angst. Scala)  | Wasserspectrum ( $H_2O, H. b$ )<br>$\frac{11}{10}\lambda = \lambda' =$<br>Angst. Scala | Wasserspectrum, beobachtet von G. D. Liveing und J. Dewar<br>Angst. Scala       | Hydrogen Virtuelle Strahlen ( $H, b$ )<br>$\frac{5}{4}\lambda' = \lambda'' =$<br>Angst. Scala |
|--|--|---|---|
| 2469·5 (auch Cu)   | 2606·45  | $\frac{1H'}{2} = 2606·8$  | 3258·06   |
| 2279·32  | 2507·25  | $\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2507·06 \\ 2506·8 \end{array} \right.$ | 3134·06   |
| ?2341·76 (auch Cu?)  | 2465·93  | $\left\{ \begin{array}{l} 2565·9 \\ \frac{H'}{2} = 2465·75 \end{array} \right.$ | ?3082·41  |
| 2229·73 (auch Cu)  | 2452·70  | $\frac{H'}{2} = 2452·75$  | 3065·88   |
| 2227·43 (auch Cu)  | 2450·17  | $\frac{H'}{2} = 2450·12$  | 3062 71   |
| 2221·83  | 2444·01  | $\frac{H'}{2} = 2443·84$  | 3055·01   |
| $\left\{ \begin{array}{l} 2214·93 \text{ (auch Cu)} \\ 2214·03 \text{ (auch Cu)} \end{array} \right\}$ | $\left\{ \begin{array}{l} 2436·42 \\ 2435·43 \end{array} \right\}$                     | $\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2436·2 \\ 2435·9 \end{array} \right.$  | $\left\{ \begin{array}{l} 3045·53 \\ 3044·25 \end{array} \right.$                             |
| 2159·71  | 2375·68  | 2375·5  | 2969·60   |

† Das Symbol  $\frac{H'}{2}$  bedeutet hier und in den folgenden Tabellen halbe Wellenlängen des sogenannten zusammengesetzten Wasserstoffspectrums, von welchen sich nachweisen lässt, dass sie dem Wasserspectrum angehören. Dieselben müssen in solchen Fällen zu den Vergleichen herangezogen werden, in welchen die entsprechenden Strahlen des Wasserdampfes zu schwach sind, um auf die photographische Platte zu wirken und messbare Linien zu erzeugen.

Tabelle IIIa. (Siehe Seite 17.)

| Hydrogen<br>Virtuelle<br>Strahlen (H, $b$ )<br>$\lambda'' = \text{Angst. Scala}$<br>(siehe Tab. III,<br>4. Colonne!) | Oxygen<br>Virtuelle<br>Strahlen<br>(O, O', $b$ )<br>$\frac{46}{41} \lambda'' =$<br>Angst. Se, | Wasserspectrum<br>(H <sub>2</sub> O, O, O', $b$ )<br>$\frac{23 \cdot 46}{32 \cdot 41} \lambda'' =$<br>Angst. Scala | Wasserspectrum,<br>beobachtet von<br>G. D. Liveing und<br>J. Dewar<br>Angst. Scala |
|--|---|--|--|
| 3807·20  | 4271·48   | 3070·13  | 3070·0   |
|  |   |  | 2996·6   |
| 3715·97  | 4169·13   | 2996·56  | $\left. \begin{array}{l} H' \\ 2 \end{array} \right\} = 2996·87$                   |
| 3712·95  | 4165·74   | 2994·12  | $\frac{H'}{2} = 2994·21$   |
| 3593·84  | 4032·11   | 2898·07  | 2898·1   |
| 3417·60?   | 3834·38   | 2755·95  |  |
| 3352·25  | 3761·06   | 2703·25  | $\frac{H'}{2} = 2703·13$   |
| 3305·15  | 3708·21   | 2665·27  | $\frac{H'}{2} = 2665·52$   |
| 3258·06  | 3655·38   | 2627·30  | 2627·2   |
| 3134·06  | 3516·26   | 2527·31  | $\frac{H'}{2} = 2527·11$   |
| 3082·41?   | 3458·31?  | 2485·66?   | 2485·8   |
| 3065·88  | 3439·76   | 2472·32  | $\left. \begin{array}{l} H' \\ 2 \end{array} \right\} = 2472·10$                   |
|  |   |  | 2471·9   |
| 3062·71  | 3436·21   | 2469·77  | 2469·6   |
| 3055·01  | 3427·57   | 2463·56  | $\frac{H'}{2} = 2463·97$   |
| {3045·53   | {3416·93  | {2455·92   | {2456·0  |
| {3044·29   | {3415·54  | {2454·92   | {2454·7  |
|  |   |  | 2394·8   |
| 2969·60  | 3331·74   | 2394·69  | $\left. \begin{array}{l} H' \\ 2 \end{array} \right\} = 2394·96$                   |

Tabelle IIIb. (Siehe Seite 17.)

| Hydrogen<br>Virtuelle<br>Strahlen (H, $\delta$ )<br>$\lambda'' = \text{Angst. Scala}$<br>(siehe Tab. III,<br>4. Colonne!) | Oxygen<br>Virtuelle<br>Strahlen<br>(O, O', O'', $\delta$ )<br>$\frac{70}{59} \lambda'' =$<br>Angst. Sc. | Wasserspectrum.<br>(H <sub>2</sub> O, O, O', O'', $\delta$ )<br>$\frac{21}{32} \cdot \frac{70}{59} \lambda'' =$<br>Angst. Scala | Wasserspectrum,<br>beobachtet von<br>G. D. Liveing und<br>J. Dewar<br>Angst. Scala |
|---|---|---|--|
| 3807·20   | 4517·01   | 2964·29   | Report of {<br>the Brit. Ass. 1886 { 2964·5 <sup>1</sup>                           |
| 3715·97   | 4408·77   | 2893·26   | { 2893·5<br>$\frac{H'}{2} = 2893·1$  |
| 3712·95   | 4405·19   | 2890·91   | 2890·8   |
| 3593·84   | 4263·87   | 2798·17   | $\frac{H'}{2} = 2797·82$   |
| 3417·60?  | 4054·78   | 2660·95   | 2660·9   |
| 3352·25   | 3977·24   | 2610·06   | { 2609·7<br>$\frac{H'}{2} = 2609·86$   |
| 3305·15   | 3921·36   | 2573·39   | 2573·4   |
| 3258·06   | 3865·49   | 2536·73   | 2536·6   |
| 3134·06   | 3718·37   | 2440·18   | 2440·3   |
| 3082·41?  | 3657·09?  | 2399·97?  | 2399·4   |
| 3065·88   | 3637·48   | 2387·10   | 2387·0   |
| 3062·71   | 3633·72   | 2384·63   | { $\frac{H'}{2} = 2384·78$<br>2384·3   |
| 3055·01   | 3624·59   | 2378·63   | 2378·6   |
| { 3045·53<br>3044·29  | { 3613·34<br>3611·87  | { 2371·25<br>2370·29  | { 2371·2<br>$\frac{H'}{2} = 2370·43$   |
| 2969·60   | 3523·25   | 2312·13   | $\frac{H'}{2} = 2312·17$   |

<sup>1</sup> Doppelt. Die brechbarere Linie des Paares.

(Gruppe II.)

Tabelle IV. (Siehe Seite 20.)

| Adoptirte Wellenlängen<br>(siehe Tab. II, 5. Colonne!)<br>$\lambda = \text{Angst. Scala}$ | Wasserspectrum<br>beobachtet von<br>G. D. Liveing<br>und J. Dewar<br>Angst. Scala | Hydrogen Virtuelle Strahlen (H, a)<br>$\frac{3}{2} \lambda = \lambda_1 =$<br>Angst. Scala | Wasserdampf berechnet<br>(H <sub>2</sub> O, H, a)<br>$\frac{19}{30} \lambda_1 =$<br>Angst. Sc. | Wasserdampf, beobachtet von<br>G. D. Liveing<br>und J. Dewar                    |
|---|---|---|--|---|
| 2613·7 <sup>1</sup>   | 2613·5  | 3920·55   | 2483·0   | $\left\{ \begin{array}{l} \frac{H'}{2} = 2483·06 \\ 2482·6 \end{array} \right.$ |
| 2611·3  | 2611·0  | 3916·95 <sup>2</sup>  | 2480·73  | 2480·7  |
| 2549·75   | $\frac{H'}{2} = 2549·5$   | 3824·62   | 2422·26  | 2422·4  |
| 2479·5  | 2479·3  | 3719·25   | 2355·52  | 2355·5  |
| 2462·0  | $\frac{H'}{2} = 2462·4$   | 3693·0  | 2338·9   | $\frac{H'}{2} = 2339·1$   |

<sup>1</sup> Knoten- oder Verzweigungsstrahl dieser mit der I. Gruppe.

<sup>2</sup> Der Hydrogenstrahl 3916·9 als Strahl der Gruppe (H, a) ist mit Rücksicht auf den der Gruppe (H, b) zugehörigen benachbarten Hydrogenstrahl bei 3916·5 ungefähr (siehe Mathem. Spectralanalyse des Magnesiums und des Kohlenstoffes, Wiener Berichte 1887, S. 61, Tafel Va, 3. Colonne!) besonders bemerkenswerth, indem er dem Strahle  $\frac{3}{2} \times 3916·95 = 5875·42$  (ungefähr) des freien primären Elementes „a“ (des Coroniums) entspricht, während der letztere 3916·5 (ungefähr) mit dem Strahle  $\frac{3}{2} \times 3916·5 = 5874·75$  (ungefähr) des primären Elementes „b“ dem eigentlichen Heliumstrahl correspondirt. Der Heliumstrahl  $\odot D_3$  5875 (ungefähr) ist also doppelt. Die eine minder brechbare Componente gehört dem freien Coronium „a“, die andere brechbarere dem Helium, das heisst dem primären Elemente „b“ in jener Condensationsform an, in welche es geräth, wenn sich das Hydrogen dissociirt und sich dabei zugleich im Verhältnisse 2:3 ausdehnt.

Solche Regionen der Sonnenatmosphäre (oder der Atmosphäre weisser Sterne), in welchen zeitweilig etwa nur die eine der beiden Componenten des Hydrogens vorkommt, werden hiernach nur die eine (entsprechende) der beiden Componenten des Strahles  $\odot D_3$  emittiren.



(Zur Gruppe II.)

Tabelle IV a. (Siehe Seite 20.)

| Hydrogen<br>Virtuelle<br>Strahlen (H, $\alpha$ )<br>$\lambda_1 =$<br>siehe Tab. IV,<br>3. Colonne! | Wasser-<br>spectrum,<br>berechnet<br>$\frac{3}{4} \lambda_1 =$<br>Angst. Scala | Wasser-<br>spectrum,<br>beobachtet von<br>G. D. Liveing<br>und J. Dewar<br>Angst. Scala | Wasser-<br>spectrum,<br>berechnet<br>$\frac{56}{75} \lambda_1 =$<br>Angst. Sc. | Wasser-<br>spectrum,<br>beobachtet von<br>G. D. Liveing<br>und J. Dewar<br>Angst. Scala |
|--|--|---|--|---|
| 3920·55  | 2940·41  | { 2940·6<br>2940·3  | 2927·3   | { 2927·6<br>2927·1  |
| 3916·95  | 2937·71  | 2937·8  | 2924·65  | 2924·8  |
| 3824·62  | 2868·47  | { $\frac{H'}{2} = 2868·95$<br>2868·3  | 2855·71  | { $\frac{H'}{2} = 2855·91$<br>2855·4  |
| 3719·25  | 2789·45  | { 2789·8<br>(2789·1)  | 2777·04  | { 2777·4<br>$\frac{H'}{2} = 2777·02$  |
| 3693·0   | 2769·75  | 2770·0  | 2757·44  | { $\frac{H'}{2} = 2757·16$<br>2757·0  |