**VII. Ueber den allmählichen Uebergang
der Gasspectra in ihre verschiedenen Formen;
von A. Wüllner.**

(Aus den Sitzungsber. der Königl. Preuss. Acad. der Wiss. zu Berlin
vom 25. Juli 1889; mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

1. Vor zehn Jahren habe ich gezeigt,¹⁾ dass man das gewöhnliche Bandenspectrum des Stickstoffs durch stets weiter getriebene Verdünnung des Gases in ein Spectrum verwandeln kann, dessen Maxima im Grünen und Blauen an ganz anderen Stellen liegen, als im gewöhnlichen Bandenspectrum; ich zeigte damals, dass diese Umwandlung eine allmähliche ist, dass man das allmähliche Hellerwerden der neuen Maxima bei schrittweise fortschreitender Verdünnung des Gases verfolgen kann. Als letzter Rest des Spectrums bei der stärksten erreichten Verdünnung blieben wesentlich diese Maxima als helle Linien übrig, deshalb nannte ich das Spectrum ein Linienspectrum des Stickstoffs. In diesem Spectrum fand sich schon eine nicht unerhebliche Zahl von Linien des Plücker'schen Linienspectrums, von denen ich unter anderen die allmähliche Entwicklung der beiden charakteristischen hellen Linien mit den Wellenlängen 500,8 und 500,4 beschrieben habe. Gerade in diesem allmählichen Hervortreten der im gewöhnlichen Bandenspectrum nicht vorhandenen Maxima, welche man, sobald ihre Helligkeit gross genug geworden ist, als aus einzelnen Linien zusammengesetzt erkennt, sah ich einen Beweis dafür,²⁾ dass ein so qualitativer Unterschied zwischen den von Plücker als

1) Wüllner, Wied. Ann. 8. p. 590. 1879.

2) Hr. Kayser hat diese meine Beobachtungen ganz übersehen, wenn er in seiner 1883 erschienenen Spectralanalyse noch behauptet, der Uebergang vom Bandenspectrum zum Linienspectrum sei stets ein sprungweiser, und dies als Beweis dafür ansieht, dass es andere Molecüle seien, welche das Bandenspectrum, andere, welche das Linienspectrum liefern. Auch Hr. Hasselberg scheint von dem Inhalte meiner Abhandlung nur eine sehr unvollständige Kenntniss gehabt zu haben, wenn er in seiner Abhandlung zur Spectroskopie des Stickstoffs (Mém. de l'Acad. de St. Pétersbourg (7) 32. 1885) meint, dass bei meinen Versuchen der Stickstoff nach Durchgang durch ein Zwischenstadium in seine Atome zerfallen sei.

Spectra erster und zweiter Ordnung bezeichneten Spectren nicht vorhanden ist, wie die Auffassung es verlangt, dass das eine Spectrum den Molecülen, das andere den Atomen, wie sie durch eine Zerreissung der Molecüle entstehen, entspricht. Es schien mir das vielmehr zu beweisen, dass wir in dem beobachteten Spectrum eben jenes Licht wahrnehmen, wie es von den Gasmolecülen je nach der Temperatur, sowie Dicke und Dichte der strahlenden Schicht mit solcher Intensität ausgesandt wird, dass wir es in dem durch Zerlegung des ausgesandten Lichtes entworfenen Spectrum wahrnehmen können.¹⁾

Im vergangenen Winter habe ich die Frage der Veränderlichkeit der Gasspectra neuerdings experimentell verfolgt, insbesondere um zu versuchen, ob sich nicht auch jene Linien des Plücker'schen Linienspectrums allmählich hervorrufen liessen, welche sich in dem damals von mir beschriebenen Spectrum noch nicht fanden, allgemeiner ob sich nicht ein stetiger Uebergang der verschiedenen Formen der Spectra der Gase erreichen lasse.

Da nach der von mir vertretenen Auffassung der Spectra die Linienspectra so zu sagen unvollständige Spectra sind, die uns in der beschränkten Zahl von hellen Linien nur die intensivsten der von den Gasen ausgesandten Wellen zeigen, weil sie nur von der durch den Funken getroffenen Molecülreihe ausgesandt werden, so handelte es sich für mich vorzugsweise darum, zu versuchen, ob es nicht möglich sei, dickere Schichten der Gase auf erheblich verschiedene Temperaturen zu bringen. Die dickeren Schichten müssen nach meiner Auffassung das vollständige Spectrum liefern, also auch zeigen, wenn es gelingen sollte, die dickeren Gasschichten auf jene Temperatur zu bringen, bei welcher die Linien des Linienspectrums sich zeigen, ob in der That dann das Spectrum nur aus diesen besteht, wie es Ångström und seine Nachfolger wollen, oder ob die Linien in der That nur die hellsten eines vollständigen Spectrums sind.

2. Ich benutzte zu diesen Versuchen Spectralröhren mit longitudinaler Durchsicht und einer bis 150 cm gehenden

1) Man sehe auch Wüllner, Wied. Ann. 34. p. 647. 1888.

Länge. Es wurden hauptsächlich vier solcher Röhren angewandt, deren lichte Weite 2 cm, 1 cm, 0,5 cm und 0,25 cm betrug. Die Röhren waren doppelt T-förmig, sodass sich die Electroden stets seitlich von der strahlenden Schicht und etwa 5 cm von derselben entfernt befanden. Die 0,25 cm weite Röhre hatte drei Paare von Electroden, zwei an den Enden, eines in der Mitte, sodass bei dieser Röhre als strahlende Schicht eine Länge von 75 cm oder 150 cm benutzt werden konnte. Bei gewissen Drucken wurde nämlich durch Verwendung der ganzen Rohrlänge der Strom so geschwächt, dass das von der Röhre ausgesandte Licht bei Benutzung der halben Rohrlänge heller war, als bei Benutzung der ganzen. Die Röhren waren nebeneinander gelegt und durch angeschmolzene Verbindungsrohre unter sich und mit einer Töppler'schen Luftpumpe verbunden. Vor den Röhren, aber durch ein Quecksilberventil von ihnen getrennt, befand sich ein grösserer Behälter, ein etwa 3 cm weites Barometer, das mit Gasen gefüllt werden konnte. In dem Barometer war eine Eisendrahtspirale in der von mir früher¹⁾ beschriebenen Weise angebracht, zu dem Zwecke, um durch längeres Glühen derselben die Luft vom Sauerstoff befreien zu können. Um den Behälter mit trockenen reinen Gasen füllen zu können, war vor demselben die von Hrn. Cornu²⁾ beschriebene Vorrichtung angebracht und zwischen dieser und dem Behälter ein langes Rohr mit wasserfreier Phosphorsäure. Zwischen dem erwähnten Quecksilberventil und den Spectralröhren war, ebenfalls nach dem Vorschlage des Hrn. Cornu, eine mit Schwefelstücken und eine mit blanken Kupferspähen gefüllte U-Röhre eingeschaltet, um Quecksilberdämpfe aus den Spectralröhren fern zu halten. Die Verbindung der Spectralröhren mit der Pumpe war so geführt, dass dasselbe Röhrensystem mit Schwefel und Kupferspähen die Pumpe von den Spectralröhren trennte.

Bei den Versuchen mit Luft und Stickstoff wurde der an der Cornu'schen Vorrichtung angesetzte Wasserzersetzungsapparat nicht gefüllt, man liess einfach, nachdem bei gesenk-

1) Wüllner, Pogg. Ann. 149. p. 103. 1873.

2) Cornu, D'Almeida Journ. de phys. (2) 5. p. 100 u. 341. 1886.

tem Quecksilberventil die ganze Zusammenstellung möglichst vollständig ausgepumpt war, durch das Rohr des Wasserzersetzungssapparates Luft hindurch gehen, um den Behälter mit trockener Luft zu füllen.

Die Beobachtungen des Stickstoffspectrums wurden zuerst mit trockener Luft, später unter Verwendung von Stickstoff durchgeführt, indem die Luft durch längeres Glühen der Eisendrahtspirale vom Sauerstoff befreit wurde. Ob der Stickstoff ganz vollständig vom Sauerstoff befreit war, weiss ich nicht, indess hat die Anwesenheit einer geringen Menge Sauerstoff bekanntlich keinen Einfluss auf die Spectralerscheinungen.

3. Spectra des Stickstoffs. — Das Bandenspectrum, das diese langen Röhren bei Anwendung eines kräftigen Inductionsstromes und bei dem für die Entwicklung des Spectrums günstigsten Gasdrucke geben, ist von einer sehr grossen Helligkeit, auch in dem 2 cm weiten Rohr; sodass man in dem Spectrum sehr viel mehr Einzelheiten erkennen kann, als in den gewöhnlichen Spectralröhren. Man erkennt sofort, was übrigens schon Hr. Hasselberg in seiner vorhin erwähnten Abhandlung: „Zur Spectroskopie des Stickstoffs“, gezeigt hat, dass die Banden sich aus einzelnen Linien der verschiedensten Helligkeitsgrade zusammensetzen, dass also auch diese Spectra Linienspectra sind. Die Verlängerung der strahlenden Schicht bewirkt keine Verbreiterung der Linien, sondern lässt ihnen ihre volle Schärfe, wie es auch nach der von Helmholtz'schen Absorptionstheorie sein muss, wenn die lichterregenden Schwingungen ohne Reibung stattfinden.

Das Spectrum scheint im Rothén bis zur Grenze des überhaupt sichtbaren Roth zu reichen; ich glaube nämlich, in diesem äussersten Roth noch sehr schwache Banden gesehen zu haben, und bei verschiedenen Einstellungen der Grenze, bis zu welcher ich Licht zu sehen glaubte, kam ich stets in die Gegend der Fraunhofer'schen Linie *A*. Messbar wird das Spectrum erst bei der Wellenlänge 688,27, also fast genau bei der Fraunhofer'schen Linie *B*. Die bekannten im Roth, Orange, Gelb bis zum Gelbgrün liegenden

achtzehn Banden, von denen die erste, sowie die zehnte und elfte (Wellenlänge 619—607) merklich dunkler sind als die übrigen, erkennt man als aus mehr als zwanzig Linien, von denen stets drei an Helligkeit hervorragen, zusammengesetzt. Ich habe beispielsweise zwischen den Wellenlängen 591,2 und 585,8, der in der Gegend der Natriumlinie liegenden Bande, ebenso wie Hr. Hasselberg einundzwanzig Linien gemessen. Die Maxima dieser Gruppe sind 591,15, 590,3, 588,7. Nicht minder kann man in den grünen, blauen und violetten Theilen, wenigstens in den lichtstärkeren Banden, ohne Mühe erkennen, dass die Banden nichts als Liniengruppen sind.

Die Spectra, welche bei gleichem Drucke des Gases und gleicher Stromstärke die vier Röhren liefern, sind, abgesehen davon, dass das Spectrum der engsten Röhre als das hellste mehr sehen lässt, als die Röhre von 2 cm Weite, im wesentlichen gleich, jedoch nicht ganz identisch. Als identisch bezeichne ich zwei Spectra, bei denen das Helligkeitsverhältniss der in beiden sichtbaren Theile ganz dasselbe ist, sodass man ohne weiteres in beiden die gleichen Linien zu gleichen Gruppen zusammenfasst. In dem Sinne sind die Banden vom Roth bis zum Gelbgrün in den Spectren der verschieden weiten Röhren durchaus identisch; die weiteren Theile sind es indess nicht ganz mehr, insbesondere tritt eine nicht unerhebliche Verschiedenheit in der Helligkeitsvertheilung hervor zwischen den Wellenlängen 560,3 und 544,5. Hinter der Grenze der gelbgrünen Bande, welche der Wellenlänge 571,16 entspricht, folgt in dem Spectrum zunächst ein dunkler Raum, der nur einzelne Linien, im engsten Rohre daneben noch ein schwaches Feld, zeigt. Dem folgt eine Anzahl Banden, resp. Liniengruppen; in dem Spectrum des 2 cm weiten Rohres ordnen sich dieselben als fast gleichförmig gebaute Gruppen. Jede beginnt mit einer hellen Linie, wohl die hellste der ganzen Gruppe, nahe bei derselben tritt eine helle Linie als zweites Maximum auf, und etwas weiter von dieser ein drittes Maximum. Zwischen den Maximis, sowie zwischen dem dritten und dem ersten Maximum der folgenden Gruppe liegen feinere Linien.

Die je drei Maxima dieser sieben Gruppen haben folgende Wellenlängen:¹⁾

559,45	555,6	551,9	548,2	544,5	541,0	537,5
558,8	554,9	551,2	547,7	544,0	540,5	537,0
557,2	553,4	549,9	546,2	542,5	539,1	535,7

In der Röhre von 0,25 cm Durchmesser zeigt sich die Helligkeitsvertheilung anders und fast genau so, wie ich sie im Jahre 1879 beschrieben habe. Abgesehen davon, dass die Gruppenbildung schon bei der Wellenlänge 561,9 beginnt, sodass schon eine Gruppe von dieser bis zur Linie 559,45 reicht, erscheint, mit der Linie 559,45 beginnend, als erste eine Gruppe etwa gleich heller Linien, welche bis 557,2 reicht; das zweite Maximum 558,8 der weiten Röhre tritt nicht als solches hervor. Die Linie 557,2, welche in der weiten Röhre als drittes Maximum der ersten Gruppe erscheint, tritt hier so hell hervor, dass man sie als den Beginn des folgenden aus Linien gleicher Helligkeit bestehenden Feldes auffasst, welches dann bis 555,6 reicht. Das mit dieser Linie beginnende helle Feld reicht bis zu einer sehr hellen Linie 553,0, auf dem Felde erscheint als hellere Linie 553,4. Die sehr helle Linie 553,0 beginnt ein schmales, helles Feld, auf welchem als Helligkeit 552,2 auffällt. Bei der sehr hellen Linie 551,9 beginnt dann ein erkennbar aus fünf Linien gleicher Helligkeit zusammengesetztes Feld; die letzte dieser fünf Linien ist 548,8. Ebenso ist das bei 548,2 beginnende und bis 544,5 reichende Feld gleichmässig aus Linien gebildet, ohne dass eine Dreitheilung des Feldes, wie in dem Spectrum des weiten Rohres hervortritt. Erst die folgenden Liniengruppen erscheinen wie im Spectrum des weiten Rohres als dreitheilige Felder.

Es sind das allerdings nur kleine Verschiedenheiten, sie reichen aber hin, um in diesem Theile das Aussehen des Spectrums erheblich zu ändern; in den anderen Theilen des Spectrums sind die Verschiedenheiten nicht so auffallend. Während in der Röhre von 1 cm Durchmesser die Helligkeitsvertheilung noch wesentlich mit derjenigen im Spectrum des 2 cm-Rohres übereinstimmt, zeigte sich in dem 0,5 cm-

1) Betreffs der Bestimmung der Wellenlängen verweise ich auf meine Abhandlung in Wied. Ann. 8. p. 590. 1879.

Rohre ein Uebergang zu dem Spectrum des engsten Rohres namentlich bis zur Wellenlänge 548,2.

Diese, wenn auch kleinen Verschiedenheiten der im übrigen auf ganz gleiche Weise hervorgerufenen Spectra zeigen, dass auch das gewöhnliche Bandenspectrum des Stickstoffs keineswegs ein so durchaus constantes ist, als man gewöhnlich annimmt, dass schon kleine Temperaturverschiedenheiten Helligkeitsmaxima an anderen Stellen auftreten lassen. Denn wir können diese Aenderungen wohl nur als durch Temperaturverschiedenheiten bedingt auffassen. Wir machen uns dieselben durch die Annahme verständlich, dass in dem engeren Rohr, in welchem die gleiche Entladung durch einen kleineren Querschnitt hindurchgeht, eine Anzahl höher erhitzter Molecüle vorhanden ist, welche für einen Theil derjenigen Wellenlängen, welche bei der Temperatur der Hauptmasse der Molecüle noch an Intensität zurückstehen, ein grösseres Emissionsvermögen besitzen, so dass Liniengruppen gleicher Helligkeit entstehen an Stellen, wo die weniger heissen Molecüle allein die dreitheiligen Felder entstehen lassen.

4. Schaltet man parallel den Spectralröhren eine Leydener Flasche ein und bringt gleichzeitig in den Stromkreis der Spectralröhren mit Hülfe eines Funkenmikrometers eine kleine Funkenstrecke, so ändert sich das Bandenspectrum ganz erheblich, besonders in seinem mittleren Theile; in diesem Theile erscheint das Spectrum als ein ganz anderes Bandenspectrum.¹⁾ Gibt man dem Gase den auch zum Hervorrufen des gewöhnlichen Bandenspectrums günstigsten Druck, wendet eine nicht zu kleine Flasche an und wählt die Funkenstrecke nur gerade so gross, dass die Flasche stets wirkt, der Strom also nur in Form der Flaschenentladungen durch die Röhre geht, so ist das Spectrum in allen seinen Theilen sehr hell. Die Veränderung geht

1) Wenn ich die kurze Andeutung des Hrn. Goldstein (Berl. Monatsber. 1879, p. 281) richtig verstehe, hat derselbe schon Aehnliches beobachtet, er sagt, es sei ihm gelungen, das Spectrum des positiven Lichtes mit Luft, Stickstoff, Wasserstoff gefüllten Röhren von beliebiger Form durch starke Verdünnung oder durch Verstärkung der Entladungsintensität in ein Spectrum des Kathodenlichtes überzuführen.

am weitesten in der engsten Röhre, an Stelle der Maxima des gewöhnlichen Bandenspectrums zeigt das Spectrum jene Maxima, welche ich im Jahre 1879 als Linien jenes Linienspectrums beschrieben habe, in welches das Bandenspectrum des Stickstoffs bei hinreichender Verdünnung des Gases allmählich übergeht.

Während indess damals in dem Spectrum vom Rothen, Orange und Gelben nichts mehr sichtbar blieb, zeigte sich jetzt das Bandenspectrum zwischen den Wellenlängen 688,27 und 577,7 ganz ungeändert, nur wird das ganze Gebiet etwas dunkler. Die Aenderung beginnt bei der Wellenlänge 571,5, indem diese, welche im Bandenspectrum schwach zwischen den scharfen Linien 572,1 und 571,2 erscheint, hell wird, während die beiden letzteren Linien an Helligkeit zurücktreten. Zwischen den Wellenlängen 571 und etwa 440 wird die Helligkeitsvertheilung eine ganz andere, als im gewöhnlichen Bandenspectrum, es erscheinen hier eben als Maxima in den Banden und als einzeln stehende helle Linien alle jene Linien des erwähnten 1879 von mir beschriebenen Linienspectrums. Wie ich schon damals erwähnte, blieben selbst bei der stärksten Verdünnung zwischen den hellen Linien noch einzelne schwache Felder sichtbar, jetzt bei den tiefen leuchtenden Schichten erkannte man, dass diese Linien die Maxima eines schönen Bandenspectrums, d. h. aus Gruppen von Linien der verschiedensten Helligkeitsgrade bestehenden Spectrums sind. Die neuen Messungen haben mit wenigen Ausnahmen alle die Linien ergeben, welche damals bestimmt wurden. Dass einige der früheren Linien fehlen, und dafür andere sich zeigen, kann nicht auffallen, da, wie gleich hervortreten wird, die Zahl der auftretenden Maxima sehr von der Verdünnung des Gases abhängig ist, wie auch bei stärkerer Verdünnung Maxima verschwinden, welche bei grösserer Dichte des Gases noch vorhanden sind. Die gemessenen Maxima und einzelnen hellen Linien sind in der nachher folgenden Tabelle zusammengestellt.

Auch hier zeigte sich der Einfluss der Röhrenweite. In den weiteren Röhren trat die Umwandlung der Spectra nicht so vollständig ein. So entwickelten sich bei der gleichen Gasdichte beispielsweise schon in dem Rohre von 0,5 cm

Durchmesser die beiden Linien 500,8 und 500,4 nicht, es blieb dort ein gleichmässig beleuchtetes Feld. So erschien in dem 2 cm weiten Rohre die bekannte Nordlichtlinie 556,5 gar nicht, während in dem engen Rohr dieselbe als sehr hell bezeichnet wurde; überhaupt ist die Aenderung im weiten Rohr zwischen 561 und 533 viel weniger hervortretend als in dem engen Rohr, es blieben gerade dort vielmehr die Maxima des gewöhnlichen Bandenspectrums als solche.

5. Wenn man bei stets eingeschalteter kleiner Funkenstrecke von dem Drucke aus, bei welchem das Bandenspectrum sich am schönsten entwickelt, das Gas weiter und weiter verdünnt, so treten neben einer allgemeinen Verdunkelung des ganzen Spectrums zu den früher erschienenen Maximis neue hinzu, und einzelne vorhandene verschwinden oder treten doch an Helligkeit zurück. Gleichzeitig lösen sich die hellen Felder im Grünen, welche in dem vorher besprochenen Spectrum zum Theil nur schwierig die feinen Linien erkennen lassen, aus denen sie zusammengesetzt sind, in einzelne scharfe, deutlich voneinander getrennte Linien auf. In hervorragend schöner Weise zeigt sich das in den Feldern, welche mit den Wellenlängen 542,3 — 532,3 — 523,1 — 515,0 — 504,5 — 471,0 beginnen. Bald zerfällt die im Bandenspectrum bei 465,1 beginnende blaue Bande in einzelne Linien, und gleichzeitig fangen im Rothen, Orange und Gelben einzelne Linien an Helligkeit zu wachsen an, sodass sie als helle Linien von den übrigen Linien dieser Gruppen hervortreten. Ob die Helligkeit aller dieser Linien wirklich zunimmt, ob nicht zum Theil wenigstens ihr Hervortreten dadurch bedingt wird, dass ihre Umgebung schneller an Helligkeit abnimmt, ist schwer zu sagen. So erscheint im Rothen zuerst die helle Linie 648,5, im Orange 592,6 — 593,8. Die Zahl der hellen Linien wächst mit abnehmendem Drucke, und es genügen schon sehr geringe Druckänderungen, um die Zahl der hervortretenden Linien, ja auch das Helligkeitsverhältniss einzelner zu ändern. Für diese letztere Aenderung bietet ein auffallendes Beispiel das Linienpaar 534,9 und 534,6. Bei einem sehr geringen Drucke des Stickstoffes ist die Linie 534,9 sehr hell, die andere so schwach, dass sie kaum sichtbar ist; der Zutritt einer Spur Stickstoff liess

dagegen die zweite so hell und die erste so schwach werden, dass dieselbe fast nur als eine Verwaschung der zweiten nach der weniger brechbaren Seite erschien. Bei diesen Beobachtungen war der Druck schon ein so kleiner, dass eine ganz kleine Aenderung des Druckes auf den Durchgang des Stromes von grossem Einfluss ist, das Bedingende dieser Erscheinung ist demnach nicht die geringere oder grössere Dichte der strahlenden Schicht, sondern die durch die Dichtigkeitsänderung bewirkte Temperaturänderung. Ein Beweis hierfür liegt darin, dass man bei der zuletzt hergestellten Gasdichte die Linie 534,9 wieder zur helleren machen kann, indem man die Funkenstrecke verlängert. Dasselbe ergab sich mit den Linien 480,8 und 480,4, Verlängerung der Funkenstrecke liess die erstere verdunkeln und bewirkte das Hellerwerden der zweiten, resp. wurde dieselbe erst bei längeren Funken sichtbar.

Einen unmittelbaren Einfluss der Dichte der strahlenden Schicht, bez. der Zahl der leuchtenden Molecüle möchte es dagegen zuzuschreiben sein, dass in den vorhin erwähnten hellen Feldern, welche aus feinen Linien zusammengesetzt sind, die Zahl der Linien von der Gasdichte abhängig ist; mit abnehmendem Drucke rücken die sichtbaren Linien weiter auseinander, d. h. es verschwindet eine Anzahl der weniger hellen Linien zwischen den helleren, die auch bei dem geringsten von mir benutzten Drucke sichtbar bleiben.

Das so allmählich sich entwickelnde Spectrum kann kurz dahin charakterisirt werden, dass zu dem im vorigen Paragraphen beschriebenen Bandenspectrum allmählich fast sämtliche Linien des Plücker'schen Linienspectrums und noch eine Anzahl anderer hinzutreten, bez. als hellere aus den Liniengruppen des Bandenspectrums sich entwickeln.

Wenn auch diese allmähliche Entwicklung des ganzen Spectrums unter Parallelschaltung der Flasche mit eingeschalteter kurzer Funkenstrecke beobachtet wurde, so treten doch qualitativ dieselben Erscheinungen auch ohne Anwendung des Flaschenfunkens bei stärkerer Verdünnung auf. Unter erheblicher Verdunkelung der Banden im Roth, Orange und Gelb entwickeln sich auch dort Linien des Plücker's-

schen Linienspectrums, wenn auch nicht so zahlreich wie unter Benutzung des Flaschenfunken, auch einzelne, welche in dem Spectrum, welches durch die Flaschenentladung entstand, nicht bemerklich hervortreten. Es kam also annähernd dasselbe Spectrum heraus, wie mit Funken, nur war dasselbe dunkler und deshalb nicht so reich. Einzelheiten anzugeben, halte ich für unnöthig, da dieselben zu sehr von der vorhandenen Dichte des Gases abhängig sind.

Der Einfluss der Röhrenweite zeigt sich immer in demselben vorher erwähnten Sinne, die Aenderungen des Spectrums gehen in den weiteren Röhren nicht so weit. So entwickelten sich in dem 2 cm weiten Rohre die Linien im Roth, Orange und Gelb selbst bei dem geringsten Drucke nicht, ebenso zerfiel die bei 465,2 beginnende Bande nicht in Linien, im 1 cm weiten Rohre trat letzteres bei gleichem Drucke ein und ebenso zeigten sich schon einzelne Linien im Roth, Orange und Gelb. In dem 0,5 cm weiten Rohre kamen die Erscheinungen denjenigen im ersten Rohre sehr nahe.

In der nachfolgenden Tabelle stelle ich die von mir gemessenen Maxima im gewöhnlichen Bandenspectrum, in demjenigen der Flaschenentladung bei höherem Drucke und bei geringerem Drucke zusammen. Daneben stelle ich die Linien des Plücker'schen Linienspectrums; soweit ich sie im Jahre 1879 gemessen habe, nach meinen Messungen, im übrigen nach der Zusammenstellung des Hrn. Watt's in seinem Index of spectra.¹⁾ Spalte I enthält die Maxima des gewöhnlichen Bandenspectrums. Spalte II die des Spectrums der Flaschenentladung bei höherem Druck von 571,5 an, bis dort sind die Maxima die gleichen, wie im gewöhnlichen Bandenspectrum, also wie in I; Spalte III die Maxima des Spectrums der Flaschenentladung bei sehr kleinem Druck, und Spalte IV die Linien des Plücker'schen Linienspectrums.

Von den ersten 18 Banden gebe ich ausser für die erste, zweite, zehnte und elfte neben den drei Maximis auch noch eine vierte Linie, welche die Grenze des helleren Theiles der Banden bildet.

1) Letztere sind mit einem Sternchen bezeichnet.

I	II	III	IV	I	II	III	IV
688,3	Das Gleiche wie in Spalte I.			604,9	Das Gleiche wie in Spalte I.		
687,0				603,2			
685,3						603,0	
679,5				602,0		—	
678,3				—		601,8	
676,2				—		601,3	
670,9				601,1		—	
669,8				—		600,6	
668,1				599,3		599,3	
665,8				597,5			
662,6		662,6	661,9	596,3		596,3	
661,8				595,6			
659,6				—		595,4	595,3
—		659,0	—	—		594,6	594,2*
657,4				594,0		—	—
654,8				—		593,8	593,7
653,8				—		593,3	592,9*
652,0				592,3			—
649,8				591,2		591,2	
—		648,5	648,7	590,3		590,4	
647,0				588,7		588,6	
646,2				587,0		—	
644,3				—		586,8	
642,4				585,8		585,8	
639,9				585,2		585,2	
638,9				583,6		583,6	
—		638,3	637,6*	582,1		—	
637,2		—	635,8*	581,0		581,0	
—		—		580,2		580,2	
635,1		—	634,1*	—		579,6	
—				578,7		—	
632,6				577,2		577,3	577,4
631,7				576,0		576,0	575,4*
630,1				575,3		575,3	575,3
—		629,2	628,8*	573,8		—	
628,2				—		573,6	
625,7							
624,9			624,9*	572,1		—	
623,0				—	571,5	571,5	571,5
621,4				571,2	—	—	
618,9				—		568,9	
618,0			618,0	—	568,3	568,4	568,4
—		617,2		—	567,6	—	567,6*
—		616,6	616,5*Bde.	—	567,2	567,0	567,1
616,4		—	615,2*Bde.	566,3	566,3	566,3	
613,1		613,2		565,8	565,8	565,8	
612,4		612,4		—	—	565,2	
—		611,3		563,8	—	—	
610,7		—		561,9	561,9	561,9	
—		609,4		559,5	—	561,1	
607,3		607,2		557,2	557,2	556,5	
606,6				—	656,5		556,0*

1) Feld reich an Linien.

I	II	III	IV	I	II	III	IV
555,6	—	555,5	555,5	—	515,0	515,0	
—	—	553,9	554,7	—	—	514,7	
553,4	—	553,2	553,8	514,1	—	—	512,0*
—	—	—	—	—	—	—	—
553,0	552,8	552,8	553,0*	510,2	—	509,9	509,8*
552,2	—	—	552,4*	—	507,9	—	—
551,9	—	—	—	507,9	507,9	—	—
—	—	551,2	—	—	—	507,4	507,4
—	—	549,8	—	506,8	506,8	506,7	—
—	548,8	548,8	549,5*	—	—	506,2	—
548,2	—	—	—	—	—	504,5	504,7
—	—	547,8	548,3	503,3	503,3	503,3	—
—	—	546,3	546,4	—	—	502,6	502,6
—	—	545,5	545,4	—	—	501,8	501,9
544,5	—	—	—	—	—	501,4	—
544,0	—	—	—	501,2	501,2	501,1	501,0*
—	—	543,5	—	—	—	500,9	—
—	—	543,2	—	—	500,6	500,6	500,7
542,5	—	—	—	—	500,2	500,2	500,4
—	542,3	542,3	—	—	—	499,5	499,5
541,0	541,0	—	—	497,5	497,5	498,8	498,9
—	—	540,6	—	—	496,7	497,5	—
540,5	—	—	—	—	496,0	496,8	—
539,1	—	—	—	—	—	495,7	—
—	538,7	538,9	—	491,9	491,9	493,4	493,1
537,5	537,5	537,4	—	—	491,4	491,9	—
537,0	—	—	—	—	—	491,4	—
535,7	—	535,7	535,6	—	488,2	489,6	489,6
—	—	534,9	—	—	—	488,0	488,1
—	534,4	534,4	534,4	—	486,5	—	487,6*
—	534,0	—	—	—	—	486,5	—
—	533,3	533,4	533,0*	—	485,1	486,3	486,3
—	—	532,3	532,3	—	—	—	—
—	—	531,4	—	481,4	481,4	484,9	484,6*
531,2	531,2	—	530,9*	—	480,8	481,4	—
—	—	529,8	—	—	—	480,8	—
—	—	528,6	—	—	—	480,4	480,5
527,7	—	—	—	—	—	479,0	479,0
524,9	—	—	—	—	476,7	478,1	478,1
—	523,1	523,1	—	—	—	476,5	—
522,0	—	—	—	—	—	—	474,3*
—	—	521,6	—	—	—	473,8	—
521,1	—	—	—	472,4	—	—	473,2
519,8	—	—	—	—	472,2	—	—
518,6	—	—	—	471,1	471,0	471,0	—
518,2	518,2	518,2	518,1	466,7	466,7	—	—
—	—	—	517,6	465,1	465,4	465,2	—
—	—	—	517,2	464,9	—	—	—
516,9	—	—	516,4*	—	—	464,4	464,5
515,8	—	—	516,0	—	463,2	463,2	463,2
515,3	—	—	515,2	—	—	462,2	462,4

1) Feld reich an Linien, die gemessenen an Helligkeit hervorragend.

2) Feld reich an Linien.

I	II	III	IV	I	II	III	IV
		461,4	461,5		446,7	446,7	—
	461,0	461,0	461,0			444,8	444,8
		460,5				443,5	443,8*
460,1	460,1	460,1	460,2			442,7	442,1 } Bde.
		460,0		441,7	—		
	459,5				441,5	441,5	
457,4	457,4					435,7	
	455,4	455,4		435,6	435,6	—	
			455,1* } Bde.			435,1	435,1*
			454,4 } Bde.	434,5	434,5	434,5	434,6*
			453,2* } Bde.			433,4	
		452,9	452,3	427,7	427,7	427,7	
	451,8	451,7		426,9	426,9	426,9	424,7* } Bde.
			450,6* } Bde.		423,6	423,6	422,7 } Bde.
			450,0 } Bde.				421,4* } Bde.
449,2	449,2	449,2	449,0*				419,9 }
	448,9	448,9		419,9	419,9	419,9	419,6 }
			447,7*				

6. Sauerstoff. — Erheblich einfacher als bei dem Stickstoff verlaufen die Spectralerscheinungen bei dem Sauerstoff, es entwickelt sich aus einem schwachen Lichtschein im Grünen, der bei einem Gasdrucke sich zeigt, bei welchem zuerst im Spectrometer Licht sichtbar wird, nach und nach bei abnehmender Dichte das vollständige Sauerstoffspectrum. Dabei ist der Unterschied nur ein sehr kleiner, wenn man statt des einfachen Inductionsstromes die Entladungen der Flasche durch die Spectralröhre sendet. Da das vollständige Sauerstoffspectrum bisher überhaupt noch nicht beschrieben ist, so möge hier zunächst die Beschreibung derselben folgen, wie es in der 0,25 mm weiten und 150 cm langen Röhre sich zeigte.

Das vollständige Sauerstoffspectrum besteht aus einer Anzahl einzeln stehender heller Linien, fünf hellen Liniengruppen in Form von Banden und einigen lichtschwachen Feldern, welche zu wenig hell sind, als dass man sie aus Linien zusammengesetzt erkennen kann. Auf den Banden und, so viel man sehen kann, auch auf den lichtschwachen Feldern ist die Helligkeitsvertheilung eine dem Sauerstoff

1) Feld reich an Linien.

eigenthümliche und ganz andere, als im Bandenspectrum des Stickstoffs. Während in den Banden des letzteren fast ausnahmslos das Helligkeitsmaximum an dem weniger brechbaren Rande sich befindet, und die Helligkeit nach der brechbareren Seite stetig, wenn auch mit einigen Unterbrechungen durch zweite und dritte Maxima abnimmt, liegt bei den Sauerstoffbanden das Maximum der Helligkeit stets nahe der Mitte, etwas näher der stärker brechbaren Seite. Die Banden machen mir stets den Eindruck von Prismen, deren Kante, das Maximum, dem Beschauer zugewendet ist, und welche auf der den grösseren Wellenlängen entsprechenden Fläche stärker beleuchtet sind, als auf der den kleineren Wellenlängen entsprechenden Fläche. Die schwachen Felder, am deutlichsten die vier zwischen den Wellenlängen 518 und 496 liegenden, haben ihr Maximum auf oder nahe dem brechbarsten Rande. Während die Banden so hell sind, dass man die einzelnen sie zusammensetzenden Linien scharf messen kann, sind bei den Feldern die Grenzen kaum scharf einzustellen, sodass die für diese angegebenen Werthe nur annähernde sind.

Von den fünf Banden habe ich früher¹⁾ bereits vier, wenn auch nicht so ins einzelne gehend beschrieben, von der rothen Bande habe ich früher nur undeutliche Spuren gesehen, und da ich die dem Sauerstoff eigenthümliche Helligkeitsvertheilung nicht erkennen konnte, dieselbe einer Verunreinigung des Sauerstoffs durch Kohle zugeschrieben.

Im Folgenden gebe ich die Beschreibung des Spectrums und die gemessenen Wellenlängen. Die Spalte I der Wellenlängen gibt die ohne Benutzung der Flaschenentladungen gemessenen Wellenlängen, die Spalte II gibt das, was durch Anwendung der Flaschenentladung hinzutrat.

1) Wüllner, Wied. Ann. 8. p. 263. 1879.

Beschreibung des Spectrums.		Wellenlängen	
		I	II
	Scharfe Linie	645,76	
	Beginn der rothen Bande mit scharfer Linie . . .	643,53	
		641,84	
	Auf der Bande gemessene hellere Linien, zwischen denen noch schwächere sichtbar sind	640,87	
		639,50	
		638,53	
		637,23	
I.	Hellste Linie der Bande	636,51	
		636,01	
	Feine Linien gleichen Abstandes, die zweite u. fünfte gemessen	635,51	
		635,01	
		634,51	
		633,99	
	Scharfe Linie, Plückers O_{α} auf dunklem Grunde	615,26	
	Desgl.	611,45	
	Desgl.	604,89	
	Desgl.	603,72	
	Beginn der orange Bande, scharfe Linie	603,28	
	Helle Linie, vor welcher noch feinere Linien sichtbar sind	601,85	
	Mitte einer Doppellinie	600,94	
	Desgl.	599,76	
	Feine Linie	598,91	
	Desgl.	598,48	
	Desgl.	598,28	
II.	Hellste Linie der Bande	597,86	
	Feine Linie neben dem Maximum	597,52	
	Desgl.	597,10	
	Desgl.	596,70	
	Hellste Linie der brechbareren Hälfte der Bande	596,30	
	Ebenfalls recht helle Linie	595,90	
	Feine Linie	595,40	
	Desgl.	594,90	
	Desgl. Grenze der Bande	594,30	
	Feine Linie auf dunklem Grunde	593,60	
	Beginn der gelben Bande, welche im ganzen weniger hell ist, als die orange Bande, mit scharfer heller Linie	592,80	
	Helle Linie	591,70	
	Desgl., erscheint etwas breiter als die vorige . . .	590,80	
	„ scharf, heller als die vorige	589,80	
	„ sehr fein, Mitte des dunkleren Feldes . . .	589,27	
	„ hell, Grenze des dunkleren Feldes	588,65	
III.	„ hell, hellste der Bande	588,10	
	„ ebenfalls hell	587,40	
	Nach einem dunkleren, zarte Linien enthaltenden Felde folgt heller	585,78	
	Nach einem gleichfalls zarte Linien enthaltenden Felde scharf, die hellste der brechbareren Hälfte	583,98	
	Grenze des helleren Theils der Bande, scharfe Linie	583,34	
	Folgt noch eine Anzahl schwacher feiner Linien, deren letzte ist	579,89	

Beschreibung des Spectrums		Wellenlängen	
		I	II
IV.	Schwacher Lichtschein zwischen etwa	577,0	
		571,5	
	Desgl. zwischen etwa	570,5	
		566,9	
	Mit der Wellenlänge	564,49	
	beginnt ein schmales, aus feinen Linien bestehendes Feld, bis mit der sehr hellen Linie die hellste Bande des ganzen Spectrums beginnt. Zunächst folgt ein mit feinen Linien bedecktes Feld bis zur sehr hellen Linie . . .	563,70	
	Auf schmalere Felde folgt fein, hell	562,55	
	Hellere Linie	562,17	
	Desgl.	561,91	
	Desgl.	561,65	
	Breite helle Linie	561,18	
	Scharf, feine Linie auf dunklem Grunde . . .	560,75	
	Breite helle Linie	560,23	
	Sehr feine Linie	559,83	
	Hellste Linie der Bande	559,25	
	Feine Linie neben dem Maximum	558,90	
	Hellere Linie	558,80	
	Sehr feine Linie	558,40	
	Desgl.	558,00	
	Desgl.	557,67	
	Desgl.	557,31	
	Desgl. etwas heller	556,77	
	Nach einer Anzahl sehr feiner Linien heller .	555,81	
	Desgl.	555,40	
	Grenze der Bande	554,76	
	Im dunklen Felde folgt eine schwache Linie .	551,43	
	Helle Linie, wenn die Flaschenentladung angewandt wird	—	545,9
	Desgl.	—	544,6
	Helle Linie ohne Anwendung der Flasche . .	543,74	
	„ „ mit Flaschenentladung	—	542,4
	„ „ „ „	—	539,6
	„ „ hell ohne Anwendung der Flasche .	533,00	
V.	Es beginnt mit scharfer heller Linie	529,97	
	die zweite grüne Bande, welche der vorigen nicht ganz an Helligkeit gleichkommt. Auch diese Bande wird durch hellere Linien in Felder getheilt, welche mehr oder weniger feinere Linien enthalten.		
	Hellere Linie	529,06	
	„ „	528,19	
	„ „	527,75	
	„ „	527,39	
	„ „	526,58	
	Hellste Linie der ganzen Bande	525,91	
	Fast ebenso helle Linie	525,14	
	Feine Linie im dunklen Felde	524,44	
	Helle Linie	523,77	
	Im weiteren Theile der Bande sind eine Anzahl nahe in gleichen Abständen befindlicher feiner		

Beschreibung des Spectrums		Wellenlängen	
		I	II
V.	Linien, welche nach der brechbareren Seite an Helligkeit abnehmen, es liessen sich messen	523,21	
	und	522,80	
	Die Grenze der Bande liegt bei	519,7	
	Es folgen drei schwache Felder, das erste beginnt etwa	517,8	
	Auf demselben liegt eine helle Linie	514,6	
	Dasselbe reicht bis	513,9	
	Zweites schwaches Feld { von etwa	511,6	
	{ bis	508,7	
	Drittes " " { von etwa	506,5	
	{ bis	503,5	
	Linie auf dunklem Grunde	501,9	
	Ein sehr lichtschwaches Feld beginnt etwa	500,3	
	Linie auf derselben ziemlich hell	496,9	
	Das Feld reicht etwa bis	496,0	
	Im dunklen Raum hinter demselben werden mit Flasche sichtbar	—	494,1
		—	492,5
			490,6
	Sehr lichtschwaches Feld etwa { von	488,3	
	{ bis	486,3	
	Desgl. { von	484,8	
	{ bis	482,9	
	Mit Flasche treten auf die Linien	—	481,9
		—	480,9
	Ein weiteres schwaches Feld liegt zwischen den Wellenlängen etwa	480,6	
	Mit Flasche erscheint als helle Linie	478,6	
	Folgt eine schwache Linie	—	479,4
	Ein schwaches Feld hat sein Maximum etwa	477,6	
	Ebenso beginnt ein solches mit der Linie	473,1	
		470,65	
	Mit Flasche zeigt sich ein breiter heller Schein { von	—	470,4
	{ bis	—	469,8
	Nach einem sehr lichtschwachen Felde bei der Wellenlänge etwa	468,5	
	Folgen weiter die Linien	467,8	
	" " " "	467,5	
	" " " "	466,2	
	" " " "	464,9	
	" " " "	464,3	
	" " " "	463,8	
	" " " "	459,7	
	" " " "	459,0	
	" " " "	446,5	
	Mit Flasche " "	—	445,3
	Ohne Flasche " "	441,8	
	" " " "	441,5	
	" " " "	441,0	
	" " " "	436,8	
	Mit Flasche " "	—	436,6
	Ohne Flasche " "	435,2	
	" " " "	434,06	
	" " " "	427,8	

Mit Ausnahme der Einzelheiten der rothen, orangen und gelben Bande (I, II, III) und der schwachen Felder sind fast alle diese Linien des Spectrums bereits früher theils von mir, theils von Schuster, sowie von Paalzow und Vogel gemessen worden, wie auch andererseits die meisten der von Schuster in dem von ihm sogenannten elementaren Linienspectrum bestimmten Linien in dem oben beschriebenen Spectrum sich finden. Eine Vergleichung mit den früheren Messungen unterlasse ich, da es sich hier nicht um eine Bestimmung des Sauerstoffspectrums handelt, sondern um die allmähliche Entwicklung desselben; im allgemeinen stimmen die Zahlen so gut überein, wie es bei der Reduction der Lage der gemessenen Linien im Spectrum auf Wellenlängen nur möglich ist.

7. Das soeben beschriebene Sauerstoffspectrum entwickelt sich bei allmählicher Verdünnung des Sauerstoffes in der Röhre ganz schrittweise. Wie schon vorhin erwähnt wurde, besteht das zuerst im Spectrum sichtbare aus einem schwachen grünen Schein; wird das Gas verdünnt, so treten zuerst als schwache helle Linien auf die beiden grünen Linien 543,74 und 533,11, auch wohl schon 436,8. Darauf werden sichtbar 615,26 — 645,76 — 501,9 — 496,9 — 596,3 — 555,8 — 604,89, von denen die letzteren fünf Linien in dem vollständig entwickelten Spectrum keineswegs durch Helligkeit hervorragen. Bei weiterer Verdünnung wird der auch später sehr schwache erste Lichtschein neben der gelben Cannelirung schwach sichtbar, ferner 530, der Beginn der Bande Nr. V und eine auf derselben liegende, später gar nicht hervorragende Linie 527,75; weiter sehr schwach die rechte Grenze 513,9 des ersten Feldes hinter der Bande V oder die Linie 514,6 dieser Bande, das lässt sich, da nur eine annähernde Einstellung möglich ist, nicht entscheiden. Weiter erscheint das schwach helle Feld bei 480, vielleicht die Linie 479,4 und das immer sehr schwach bleibende Maximum 477,6. Bei weiterem Pumpen wird alles schon Sichtbare etwas heller, wobei die als schwach bezeichneten Theile des Spectrums stets schwach bleiben, und bald treten die Banden Nr. II, IV, V hinzu, zunächst als schwache, ziemlich gleichmässig beleuchtete Felder; nur auf der orangen Bande erscheint

als hellere Linie 599,76, die später nicht das Maximum der Helligkeit ist. Später zeigt sich, während die drei erwähnten Banden heller werden, die rothe Bande Nr. I und die gelbe Nr. III. Die Banden wachsen relativ erheblich stärker an Helligkeit, als die übrigen Theile des Spectrums, und bei hinreichend geringem Drucke lassen sich alle Einzelheiten auf denselben messen. Bei diesem Drucke ist alles das, was in der Beschreibung des Spectrums bis zur Wellenlänge 464 angegeben ist, und ausserdem die Linie 436,8 gleichzeitig sichtbar und messbar, nur die einzelnen Linien zwischen 468,5 und 464 nicht als solche, sondern nur als in der Gegend sichtbare schwache Scheine. Mehrfach ist alles das, was in der Beschreibung des Spectrums bis zu der erwähnten Stelle angegeben ist, im Laufe eines Tages bei derselben Gasdichte ausgemessen worden und constatirt, dass alles gleichzeitig sichtbar ist. Ich habe schon darauf hingewiesen, dass dasjenige, was am frühesten im Spectrum sichtbar wird, später keineswegs an Helligkeit hervorragt. Das hellste des ganzen Spectrums wird wohl, neben Plücker's O_{α} der Linie 615,26, die erste grüne Bande (Nr. IV), die orange Bande (Nr. II) und die zweite grüne Bande (Nr. V). Die rothe Bande (Nr. I) und die gelbe (Nr. III) bleiben gegen diese an Helligkeit zurück. Im übrigen wird das Helligkeitsverhältniss, soweit sich beurtheilen lässt, wenig geändert, vielleicht treten die Linien 543,75 — 533,11, 501,9 — 496,9 an Helligkeit später etwas zurück.

Wird von dem Gasdrucke aus, bei welchem sich das Spectrum in der angegebenen Weise entwickelt hat, das Gas weiter verdünnt, so entwickeln sich allmählich auch die Linien, deren Wellenlänge kleiner ist als 468; zuerst werden infolge wachsender Helligkeit scharf die Linien 464,9 und 464,3, und nach und nach treten auch die übrigen hervor. Dabei wird infolge der Abnahme der Gasdichte das ganze Spectrum etwas dunkler, sodass es schwieriger wird, auf den Banden alle Einzelheiten zu erkennen.

Ich habe mich begnügt, zur Schonung meiner Spectralröhren, welche noch zu weiteren Versuchen dienen sollen, die Dichtigkeit des Sauerstoffes soweit zu vermindern, dass die meisten Linien des Plücker'schen Sauerstoffspectrums sichtbar

wurden, möglicherweise würden die noch fehlenden bei noch weiterer Verdünnung ebenfalls sichtbar werden.

8. Wenn man die Flaschenentladungen durch die Röhre gehen lässt und den Druck des Gases allmählich vermindert, so verlaufen die Erscheinungen im wesentlichen ganz ebenso, wie eben beschrieben wurde. Der hauptsächlichste Unterschied ist der, dass schon bei höheren Drucken die Linien im Blauen und Violetten erscheinen, welche ohne Flasche erst bei sehr geringem Drucke sichtbar werden. So sind bei dem Drucke, bei welchem ohne Flasche eben die Linien 464,9 und 464,3 sichtbar werden, schon die sämtlichen Linien im Blau und Violett zu sehen, und bei weiterer Druckabnahme zeigen sich die übrigen Linien, welche in der Beschreibung als mit der Flasche hinzutretend bezeichnet sind.

9. Dass der schnellere Uebergang der Electricität in der Flaschenentladung nur dadurch wirkt, dass das Gas eine höhere Temperatur annimmt, zeigt auch das Spectrum in den weiteren Röhren. In dem 0,5 cm weiten Rohr ist bei dem Drucke, der im engen Rohr das vollständige Spectrum gibt, das Spectrum auch ziemlich vollständig zu sehen, nur alles dunkler, die Flaschenentladung macht das Spectrum heller und lässt die ohne Flasche nicht sichtbare Gruppe blauer Linien um 464 auftreten; im 1 cm weiten Rohr ist ohne Flasche das Spectrum schon sehr dunkel, die Flasche lässt es heller werden und von der blauen Gruppe noch die hellsten Linien 464,9 und 464,3 sichtbar werden. In dem 2 cm weiten Rohr ist ohne Flasche das Spectrum kaum sichtbar, selbst wenn man den Druck des Gases noch kleiner macht, die Anwendung der Flasche gibt aber eine bedeutende Vermehrung der Helligkeit, sodass man so ziemlich das ganze Spectrum sehen kann, mit Ausnahme vielleicht der rothen Bande Nr. I und des blauen und violetten Theiles. Von den Linien, deren Wellenlänge kleiner als 468 ist, wird ebensowenig etwas sichtbar, wie von denen, welche im engen Rohr in den anderen Theilen des Spectrums durch die Flaschenentladung hervorgerufen werden.

10. Die im vorigen beschriebenen Versuche, welche ich leider, durch andere Arbeiten in Anspruch genommen, für

einige Zeit unterbrechen musste, zeigen, dass die Linien der sogenannten Linienspectra in der That nur Theile der vollständigen Spectra der betreffenden Gase sind, welche sich zeigen, wenn man hinreichend tiefe Schichten der Gase auf die zur Hervorrufung der Linien erforderlichen Temperaturen bringt. Die allmähliche Entwicklung der ganzen Erscheinung scheint mir mit der Auffassung, dass es andere Molecüle seien, welche das Bandenspectrum, andere, welche das Linienspectrum geben, nicht im Einklang zu sein; ich kann darin nur eine Bestätigung meiner Auffassung der Spectralerscheinungen erblicken.

Aachen, im Juni 1889.

VIII. *Das mechanische Aequivalent des Lichtes;* *von O. Tumlirz.*

(Aus den Sitzungsber. d. kais. Acad. d. Wiss. in Wien. Mathem.-naturw. Classe; Bd. 98. Abth. IIa., vom 6. Juni 1889; mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

In zwei vorhergehenden Arbeiten¹⁾ habe ich für das mechanische Lichtäquivalent zwei Werthe gegeben; der erste:

$$0,00926 \frac{\text{g-cal}}{\text{sec}}$$

bezog sich auf die Lichteinheit der Amylacetatlampe von v. Hefner-Altenneck und wurde nach einem Vorschlage des Hrn. Prof. Mach mittelst eines weissglühenden Platindrahtes erhalten, dessen Gesamtstrahlung ich mit einem Luftthermometer, das ich zu diesem Zwecke construirt hatte, bestimmte. Da ein weissglühender Platindraht wegen der grossen molecularen Veränderung, die er erfährt, und namentlich wegen des die Oberfläche stark verändernden Zerstäubens keine constante Lichtquelle ist, so hat dieser Werth nur eine geringe Sicherheit.

1) O. Tumlirz u. A. Krug, Wien. Ber. 97. Abth. II. p. 1521. 1888 u. O. Tumlirz, Wien. Ber. 97. Abth. II p. 1625. 1888.