1869. ANNALEN No. 7.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CXXXVII.

I. *Ueber die Spectra einiger Gase bei hohem Drucke; von A. Wüllner.*

Fortsetzung aus Bd. CXXXV, S. 497.

Auszüglich vorgetragen in der allgemeinen Sitzung der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde am 11. März 1869.

15.

In meiner Mittheilung über die Spectra einiger Gase in Geifsler'schen Röhren, habe ich die Spectra des Wasserstoffs, des Sauerstoffs und des Stickstoffs beschrieben, welche sich zeigen, wenn der Inductionsstrom des kleinen Ruhmkorff'schen Apparates durch Röhren hindurchgeht, welche diese Gase bei kleinem Drucke enthalten. Die Gränze des Druckes, bei welcher mit den bei jenen Versuchen zu Gebote stehenden Mitteln noch ein so helles Licht erhalten werden konnte, dafs es sich spectral analysiren liefs, war für das Wasserstoffgas 100 Mm., für Sauerstoff 30 Mm. und für Stickstoff 46 Mm. Es war deshalb wünschenswerth mit stärkern Mitteln zu untersuchen, welche Aenderungen die Gasspectra etwa zeigen, wenn man den Inductionsstrom durch immer dichteres Gas hindurchführt. Die Frage erhielt ein noch erhöhtes Interesse seit den schönen Versuchen des Herrn Frankland [1]), nach welchen eine Wasserstoffflamme in Sauerstoff von hohem Drucke brennend mit hellem Lichte leuchtet und ein ganz continuirliches Spectrum liefert, wie die festen Körper. Ich habe deshalb, als ich in diesem Winter in den Besitz eines grofsen Ruhmkorff'schen Inductionsapparates kam, in Ge-

1) Frankland, Liebig's Annalen Supplementheft December 1868.

meinschaft mit Herrn Dr. Bettendorff die Versuche über die Spectra der erwähnten drei Gase nach der angedeuteten Richtung fortgesetzt, und die Spectra der Gase bis zu der Dichtigkeit beobachtet, welche dem Inductionsstrome noch den Durchschnitt verstattete.

Um den Gasdruck zwischen weiten Gränzen variiren zu können, war die Geifsler'sche Röhre, welche im wesentlichen dieselbe Einrichtung hatte, wie die zu den frühern Versuchen benutzte, auf den kürzern Schenkel einer Uförmig gebogenen Röhre gesetzt, deren langer Schenkel etwa 2,5 Meter lang war. In der Biegung des Uförmigen Rohres war ein Glashahn, der gestattete das Quecksilber der Röhre abzulassen. Die Geifsler'sche Röhre hatte 2 Ansatzrohre, die mit einem Glashahn geschlossen werden konnten. Das untere Rohr befand sich etwa 770 Mm. über der Biegung des URohrs angeschmolzen, es wurde nach Einschalten eines Rohres, welches mit wasserfreier Phosphorsäure gefüllt war, und eines mit concentrirter Schwefelsäure gefüllten Kugelapparates mit den die zu untersuchenden Gase enthaltenden Gasometern verbunden. Die an dem obern Ende der Spectralröhre angeschmolzene verschliefsbare Röhre war mit einer Geifsler'schen Luftpumpe in Verbindung, deren Trockenapparate ebenfalls mit wasserfreier Phosphorsäure gefüllt waren. Die Spectralröhre hatte 2 Paare von Elektroden, die Enden des ersten Paares waren 8 Centm. von einander entfernt, die Enden des zweiten Paares reichten bis unmittelbar an den capillaren Theil des Spectralrohres, sie hatten einen Abstand von 16 Mm. Der ganze Apparat war auf einem Stativ befestigt, welches fest mit dem Tische der Luftpumpe verbunden und so aufgestellt wurde, dafs der capillare Theil des Spectralrohrs sich gerade vor dem Spalt des Spectrometers befand. Um den Apparat vollkommen auszutrocknen, wurde zunächst das URohr bis zur halben Barometerhöhe mit Quecksilber gefüllt, dann das Spectralrohr mit der Geifsler'schen Pumpe leer gepumpt und nun mehrfach durch Schwefelsäure und die wasserfreie Phos-

phorsäure getrocknetes Wasserstoffgas in die Röhre eintreten gelassen und wieder ausgepumpt. Schliefslich blieb während 24 Stunden die vollständig leer gepumpte Röhre mit der Phosphorsäure der Geifsler'schen Pumpe verbunden. Es zeigte sich dann in der Röhre bei geringem Drucke ein vollständig reines Wasserstoffspectrum; war das erreicht, so wurde die Verbindung der Röhre mit der Geifslerschen Pumpe unterbrochen und nun aus dem Gasometer vorsichtig Gas eintreten gelassen, während der Strom des Ruhmkorff'schen Apparates bei Anwendung des 8 Centm. von einander entfernten Elektrodenpaares durch die Röhre hindurch gesandt wurde. Das Spectrum des Gases wurde dann mit Hülfe des früher benutzten Spectrometers und des in der vorigen Mittheilung (§. 5) erwähnten Flintglasprismas beobachtet. War auf diese Weise der Druck des Gases in dem Apparat bis auf eine Atmosphäre gestiegen, so wurden die Hähne der Ansatzröhren geschlossen und nun der Druck des Gases durch Nachfüllen des Quecksilbers in den langen Schenkel des Uförmigen Rohres weiter gesteigert. Die jedesmaligen Drucke wurden durch Anlegen eines Mafsstabes an die Manometerröhren gemessen; man erhielt auf diese Weise hinreichend genaue Resultate, da sich bald zeigte, dafs eine Druckänderung von wenigen Millimetern die Erscheinungen nicht ändert.

I. Wasserstoff.

16.

Bei Anwendung des Wasserstoffs zeigten sich bei Drucken, die den früher benutzten gleich waren, die in der vorigen Mittheilung (§. 3 ff.) beschriebenen Erscheinungen; selbst bei einer Steigerung des Druckes bis auf 200—400 Mm. zeigten sich das erste Wasserstoffspectrum und aufser demselben die Linien $H\alpha$ und $H\beta$, als der Strom des grofsen durch 6 Grove'sche Elemente erregten Ruhmkorffschen Apparates durch die Röhre hindurchgesandt wurde. Bis zu diesen Drucken trat auch keine merkliche Aenderung der Helligkeit ein, bei einem Drucke von 200 Mm.

war die Erscheinung ebenso lichtstark, wie bei dem Drucke von 50 Mm. Von da ab nimmt aber bei weiterer Vermehrung des Druckes die Lichtstärke zunächst ab, und die Schattirungen des ersten Spectrums (§. 2) werden undeutlicher, gleichzeitig verlieren die Linien $H\alpha$ und $H\beta$, letztere zuerst, an Schärfe. Bei einem Gasdrucke von 516 Mm. erscheint das Licht in dem weiten Theile der Röhre als eine karminrothe Funkenlinie mit bläulichem Saume, in der capillaren Röhre bläulich gefärbt. Mit dem Spectrometer sieht man zunächst ein ziemlich helles $H\alpha$, neben demselben ein ganz dunkles Feld, dann vom Orange, etwa der Mitte zwischen $H\alpha$ und D an das erste Wasserstoffspectrum, in dessen grünem Theile die Schattirungen schon sehr verwischt sind. Von dem ersten Spectrum hebt sich $H\beta$ als helle aber an den Rändern bereits verwaschene Linie ab.

Gasdruck 671 Mm. Das Licht in dem capillaren Theile der Röhre nimmt einen röthlichen Ton an, die Helligkeit des Lichtes ist entschieden noch kleiner als bei 516 Mm. $H\alpha$ erscheint schön hell und noch scharf, vom ersten Spectrum ist die orange und gelbe Partie kaum sichtbar, so dafs von $H\alpha$ bis zum beginnenden Grün das Gesichtsfeld fast dunkel erscheint; der grüne Theil des Spectrums ist recht hell, die Schattirungen nicht mehr zu sehen. $H\beta$ ist so vollständig verwaschen, dafs es nicht mehr als helle Linie, sondern als ziemlich breites Helligkeitsmaximum erscheint, welches von der Mitte nach beiden Seiten stetig und ziemlich rasch fällt.

Bei weiterer Zunahme der Dichtigkeit des Gases nimmt die Helligkeit der ganzen Erscheinung wieder zu, ohne in ihrem Charakter sich wesentlich zu ändern; es tritt wieder Orange und Gelb im Spectrum auf, und auch α wird an den Rändern verwaschen.

Druck 776 Mm. Der Strom geht als rothe Funkenlinie mit bläulichem Saume durch das ganze Rohr, die Helligkeit hat bedeutend zugenommen. Im Spectrometer sieht man zunächst ein sehr helles $H\alpha$, welches an den Rändern etwas verwaschen ist, daneben ein ganz dunkles Feld, dann

vom Orange, etwa in der Mitte zwischen $H\alpha$ und D, bis in das Violette, an der Stelle von $H\gamma$ ein continuirliches Spectrum, welches an der Stelle von $H\beta$ ein sehr starkes, nach beiden Seiten rasch abnehmendes Helligkeitsmaximum hat. Die sonst in dem continuirlichen Wasserstoffspectrum vorhandenen Schattirungen lassen sich nicht mit Sicherheit erkennen.

Bis zu einem Drucke von 1400 Mm. zeigt das Spectrum keine wesentliche Aenderung; die Lichtstärke nimmt aber ganz beträchtlich zu. Das Spectrum beginnt immer mit dem an den Rändern immer mehr verwaschenen $H\alpha$; daneben ist ein fast dunkles Feld und dann beginnt etwa $\frac{1}{3}$ des Abstandes von $H\alpha - D$ hinter $H\alpha$ ein continuirliches Spectrum, welches bis wenige Minuten über die Stelle reicht, wo bei geringerm Drucke $H\gamma$ sich befindet. Das Violett ist schön hell, so dafs es das ebenso wie $H\beta$ verbreiterte und verwaschene $H\gamma$ zu sein scheint. Das Spectrum ist immer weitaus am hellsten in der Gegend von $H\beta$, so dafs man die Stelle, wo bei geringerem Drucke $H\beta$ erscheint, noch deutlich erkennen kann. Im übrigen erscheint das Spectrum nicht mehr schattirt, so dafs der Charakter desselben ein ganz anderer ist, als der des ersten Wasserstoffspectrums (§. 2).

Schon bei einem Drucke von 1030 Mm. zeigten sich in dem continuirlichen Spectrum einzelne scharfe helle Linien, besonders im Grün und Blau. Die Bestimmung ihrer Lage ergab indefs, dafs dieselben nicht dem Spectrum des Wasserstoffs angehören, sondern dafs es die hellsten Aluminiumlinien sind, es sind die Linien No. 1, No. 5 und No. 7 des im §. 6 bestimmten zweiten Aluminiumspectrums. Die Linien fanden sich nämlich:

1) helle Linie im Grün 62° 43′, im Minimum der Ablenkung
2) » » » » 64° 23′, » » » »
3) zwei helle Lin. im Blau 65° 45′, » » » »

also fast genau so wie die erwähnten Linien im §. 6.

Mit der weitern Steigerung des Druckes nimmt die Lichtstärke der ganzen Erscheinung zu, der Funke leuchtet

durch das ganze Rohr mit schönem, karminrothem, schwach bläulich gesäumtem Lichte, das Spectrum nimmt immer mehr den Charakter eines gar nicht schattirten continuirlichen an, das sich von dem eines glühenden festen Körpers nur durch anders vertheilte Helligkeit, durch geringere Ausdehnung, und durch die Discontinuität bei $H\alpha$ unterscheidet. Indefs auch diese fängt schon bei einem Gasdrucke von 1703 Mm. an sich zu vermindern. Bei diesem Drucke ist $H\alpha$ schon sehr verwaschen, es zeigt sich als ein mehrere Minuten breites Band, an dessen Rändern die Lichtstärke rasch abnimmt. Das vorhin erwähnte dunkle Feld zwischen $H\alpha$ und Orange leuchtet schon mit schwachem rothen Licht, die Helligkeit im Orange ist indefs noch beträchtlich gröfser. Der grüne Theil des Spectrums leuchtet sehr hell, die Helligkeit nimmt anfangs langsamer, dann rascher bis zur Stelle $H\beta$ zu, wo die Helligkeit des Spectrums am gröfsten ist, so dafs diese Stelle fast weifs erscheint. Nach der blauen Seite nimmt die Helligkeit rasch ab, indefs ist Blau und Violett sehr schön, am schönsten in der Gegend von $H\gamma$, so dafs gegenüber der Erscheinung bei geringerem Drucke $H\gamma$ wieder aufzutreten scheint, aber verwaschen und verbreitert wie $H\beta$. Die Gränze des Spectrums geht deshalb etwas über die Stelle von $H\gamma$ hinaus.

Durch noch weitere Vermehrung des Druckes liefs sich eine wesentlich weitere Annäherung an ein continuirliches Spectrum nicht erzielen, selbst bei dem durch die Dimensionen des Apparates bedingten höchsten Drucke von 2240 Mm., also fast 3 Atmosphären, blieb $H\alpha$ noch immer in ähnlicher Weise bestehen; die Verwaschung desselben an den Rändern war aber doch so beträchtlich vorgeschritten, dafs man bei noch weiterer Druckvermehrung erwarten kann, $H\alpha$ ebenso verschwinden zu sehen wie $H\beta$ und $H\gamma$ schon bei geringern Drucken verschwinden. Von $H\alpha$ abgesehen, war indefs bei diesem Drucke das Spectrum schon ein ganz continuirliches, ohne jegliche Schattirung, welches sich von dem eines glühenden festen Körpers nur durch etwas anders vertheilte Helligkeit und die engern Gränzen

unterscheidet. Das continuirliche Licht beginnt unmittelbar neben $H\alpha$, und das rothe vorher dunkle Feld ist jetzt so stark beleuchtet, dafs bei Abblendung von $H\alpha$ keine bedeutende Intensitätssteigerung im Orange mehr zu sehen ist. Die Helligkeit nimmt dann ziemlich stetig im Gelbgrün und Grün zu bis zur Stelle von $H\beta$, bei $H\beta$ ist das Spectrum am hellsten. Hinter $H\beta$ folgt ein sehr helles Blau, dann ein schwächer beleuchtetes Feld und dann ein sehr schönes Violett, mit welchem das Spectrum etwas hinter der Stelle von $H\gamma$ plötzlich schliefst. Das Spectrum entspricht also fast genau dem zwischen den Fraunhoferschen Linien C und G liegenden Theil des Sonnenspectrums, seine Gränzen werden von den verbreiterten äufsersten Linien des Plücker'schen Wasserstoffspectrum gebildet.

17.

Die zunehmende Helligkeit bei wachsendem Drucke des Gases bei den beschriebenen Versuchen läfst erkennen, dafs mit zunehmender Dichte des Gases von einer gewissen Dichte an die Temperatur der Funkenstrecke zunimmt, somit auch, dafs mit steigender Temperatur der Charakter des Wasserstoffspectrums sich immer mehr dem eines continuirlichen nähert. Mit Erzielung einer noch höhern Temperatur konnte man deshalb ein ganz continuirliches Spectrum erwarten. Es wurden dazu die Entladungen einer Leydner Flasche angewandt, durch welche in Folge des plötzlichen Durchtritts grofser Elektricitätsmengen in dem Funkenkanal eine viel höhere Temperatur erreicht wird. Zu dem Zwecke wurden die von dem Ruhmkorff'schen Apparate herkommenden Drähte mit den Belegungen einer Leydner Flasche von etwa 80 Quadratzoll innerer Belegung verbunden, und ihre Enden in das zweite Elektrodenpaar, dessen Enden 16 Mm. von einander entfernt waren, eingehängt. Die Beobachtungen wurden dann ganz so angestellt wie bei den vorhin beschriebenen Versuchen; während die Entladungen der Flasche durch die Röhre hindurchgingen, wurde die Dichte des Gases allmählig gesteigert und das Spectrum stets beobachtet.

Bei sehr geringer Dichtigkeit des Gases in der Geifsler'schen Röhre ist das Einschalten einer Flasche bekanntlich ohne Einflufs, die Flasche ladet sich nicht und der Strom des Inductionsapparates geht einfach durch die Röhre hindurch. War der Druck des Gases auf 18 Mm. gesteigert, so wurde die Flasche geladen und die Erscheinung ist, je nachdem die Flasche eingeschaltet ist oder nicht, eine andere. Ohne Flasche erhielt man bei diesem Drucke ein sehr schönes erstes Spectrum (§. 2), mit Flasche dagegen das aus $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$ bestehende Spectrum; die Linien waren scharf, nur $H\beta$ und $H\gamma$ wie mit einem Schleier bedeckt. Der Hintergrund, auf dem die Linien erscheinen, ist fast ganz dunkel, nur um D herum ist ein helleres Feld, welches schattirt zu sein scheint, wie die entsprechende Partie des ersten Wasserstoffspectrums (§. 2).

Druck 23 Mm. Das Spectrum besteht aus den 3 Linien $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$. $H\alpha$ ist ganz scharf, $H\beta$ und $H\gamma$ erscheinen an den Rändern schon etwas verwaschen. Der Hintergrund ist fast ganz dunkel, nur von etwas vor D bis $H\beta$ schwach beleuchtet.

Druck 43 Mm. Im Spectrum sind $H\alpha$ noch ganz scharf, $H\beta$ schon mehr und $H\gamma$ noch stärker verwaschen und verbreitert. Der Hintergrund ist neben $H\alpha$ ganz dunkel, dann von der Gränze des ersten Spectrums im Orange bis $H\beta$ schwach gelblich bis grün erleuchtet, von $H\beta$ nach der brechbarern Seite ist das Gesichtsfeld bis zu dem verwaschenen $H\gamma$ ganz dunkel. In dem continuirlich beleuchteten Theile sind die Schattirungen des ersten H-Spectrums nicht zu erkennen.

Bei weiterer Druckzunahme dehnen sich $H\beta$ und $H\gamma$ immer mehr aus, so dafs sie bald nur mehr als Helligkeitsmaxima auf einem immer heller werdenden continuirlich beleuchteten Hintergrunde erscheinen, gleichzeitig wird allmählig $H\alpha$ weniger scharf, an den Rändern verwaschen und verbreitert, so dafs bei einem Drucke des Gases von 300 Mm. das Spectrum bei Anwendung der Flasche etwa das Aussehen hat, wie ohne Flasche, wenn der Druck des

Gases fast 3 Atmosphären betrug. Auch die Helligkeit des Spectrums ist dann ungefähr die gleiche.

Bei 450 Mm. Gasdruck ist das Spectrum schon ein sehr helles continuirliches, auf welchem nur $H\alpha$ als eine verbreiterte und verwaschene Linie erscheint, und dessen Helligkeitsmaximum an der Stelle von $H\beta$ sich befindet. $H\gamma$ ist so verwaschen, dafs an seiner Stelle nicht einmal mehr ein Maximum von Helligkeit sich zeigt, sondern Blau und Violett ein schön leuchtendes continuirliches Feld bilden. Die Gränze des Spectrums an der violetten Seite ist das in die Breite gezogene $H\gamma$, etwa bei 67° 20′ im Minimum der Ablenkung.

Druck 560 Mm. Das Spectrum ist jetzt ein ganz continuirliches, auch $H\alpha$ ist als Linie nicht mehr zu erkennen, es hat sich in ein breites rothes Feld verwandelt, wie $H\beta$ ohne Flasche bei 3 Atmosphärendruck. Die linke Gränze des Feldes ist etwa bei 61° 8′, das Maximum bei 61° 22′ und nach rechts hin geht dasselbe allmählig in Orange über; das Grün ist äufserst brillant und seine Helligkeit überall so gesteigert, dafs an der Stelle von $H\beta$ kaum mehr ein Maximum zu erkennen ist.

Mit steigendem Drucke nimmt die Helligkeit des Spectrums an allen Stellen beträchtlich zu, bei 760 Mm. Druck ist an der Stelle von $H\alpha$ nur mehr ein schwaches Maximum vorhanden, und bei 1000 Mm. Druck ist auch dieses kaum mehr zu erkennen. Das Spectrum ist zwischen den Gränzen 61° 8′ und 67° 20′, also den etwas verbreiterten $H\alpha$ und $H\gamma$ absolut continuirlich, wie das Spectrum eines festen Körpers mit nur einigermafsen anders vertheilter Helligkeit. Dasselbe zeigt ein erstes Maximum im Roth, ein zweites im Grün, letzteres Maximum ist indefs so breit, dafs die Stelle von $H\beta$ nicht mehr zu erkennen ist. Die Temperatur der Röhre ist so hoch gesteigert, dafs die Natriumlinie als helle Linie auftritt, herrührend von dem aus dem Glase verdampfenden Natrium.

Bei einem Drucke von 1070 Mm. ist die Helligkeit so weit an allen Stellen gesteigert, dafs die Maxima immer

weiter zurücktreten, dafs die Stellung von $H\alpha$ nur noch eben zu erkennen ist. Die Helligkeit des vom Wasserstoff ausgesandten Lichtes ist so grofs, dafs die Natriumlinie zuweilen schon als dunkle Linie auftritt; zuweilen erscheint dieselbe noch als schwach helle Linie, zuweilen gar nicht. Bei 1230 Mm. Druck tritt das Maximum bei $H\alpha$ noch weiter zurück, das ganze Spectrum ist wahrhaft blendend, es zeigt die Natriumlinien als schöne dunkle Linien, so dafs also auch das Licht des Wasserstoffgases intensiv genug ist, um in einer Atmosphäre von Natriumdampf eine Fraunhofer'sche Linie zu erzeugen, ein Beweis, dafs dazu nicht das Licht eines glühenden festen Körpers erforderlich ist.

Die Entladungen der Flasche liefsen sich bis zu einem Drucke von 1320 Mm. durch die Röhre hindurchführen, indefs erfolgten dieselben dann nur mehr stofsweise. Das Spectrum war bei diesem höchsten Drucke bis auf eine nur sehr wenig gröfsere Helligkeit im Rothen absolut continuirlich, natürlich mit der dunklen Linie *D*. Die Gränzen desselben bleiben aber ganz die frühern; an der rothen Seite liegt dieselbe nur wenig vor der rothen Linie $H\alpha$, bei 61° 8', während $H\alpha$ selbst bei 61° 20' liegt; an der violetten Seite findet sich dieselbe bei 67° 20', während $H\gamma$ bei 67° 10' liegt. Das Wasserstofflicht dehnt sich also bei den höchsten auf diesem Wege erreichbaren Temperaturen nicht merklich über die Gränzen aus, innerhalb derer dasselbe sich sofort zeigt, wenn der Wasserstoff überhaupt beginnt zu leuchten. Daraus folgt mit aller Sicherheit, dafs das beobachtete continuirliche Spectrum in der That ein Wasserstoffspectrum ist, dafs dasselbe nicht etwa von losgerissenen und glühend gewordenen festen Theilen herrührt, da diese ein weit ausgedehnteres Spectrum liefern. Ob bei einer noch weitern Steigerung der Temperatur das Wasserstoffspectrum sich weiter ausdehnen, ob es dieselben Lichtarten enthalten kann wie das Sonnenspectrum, das läfst sich natürlich nicht übersehen; wahrscheinlich ist es nach den vorliegenden Beobachtungen aber

nicht, wenn man bedenkt, dafs bei der beschriebenen Steigerung der Intensität, so weit, dafs die Fraunhofer'sche Linie D sich zeigt, eine merkliche Ausdehnung des Spectrums nicht eintritt.

18.

Stellen wir die vorliegenden Beobachtungen über das Wasserstofflicht zusammen, so ergiebt sich, dafs wir bei demselben 4 verschiedene Spectra unterscheiden können, nämlich das erste Wasserstoffspectrum (§. 2), das Plücker-sche, welches aus den 3 Linien $H\alpha$, $H\beta$ und $H\gamma$ besteht, das aus den sechs grünen Liniengruppen bestehende Spectrum (§. 5), welches sich zeigt, wenn in der Spectralröhre nur minimale Gasmengen vorhanden sind, und wenn man dann den einfachen Inductionsstrom, oder die Entladungen einer Flasche durch dieselbe hindurchsendet [1]), und schliefslich das continuirliche Spectrum, welches sich zeigt, wenn das Gas in der Spectralröhre eine grofse Dichtigkeit hat, und man dasselbe durch die Entladungen der Flasche zum Glühen bringt. Es wirft sich nun sofort die Frage auf, in welchem Verhältnisse diese Spectra zu einander stehen, ob die erstern drei nur Theile des letztern sind, in welches sie bei steigender Temperatur allmählig übergehen, oder ob man die Spectra als wesentlich verschiedene ansehen mufs, so dafs sich daraus eine wesentliche Aenderung des Emissionsvermögens des Wasserstoffs für Licht einzelner Wellenlängen mit der Temperatur ergeben würde. Führen wir die von Herrn Kirchhoff in seiner Arbeit über das Emissions- und Absorptionsvermögen für Wärme und Licht angewandte Bezeichnung ein, nach welcher

$$E = A \,.\, J$$

worin E die bei irgend einer Temperatur ausgesandte Lichtmenge irgend einer Wellenlänge, A das Absorptionsver-

1) Ich bemerke, dafs sich dieses aus den 6 Gruppen bestehende Spectrum auch bei Benutzung des grofsen Ruhmkorff'schen Apparates zeigte, als der Wasserstoff in der Röhre die äufserste mit der Geifsler'schen Pumpe erreichbare Verdünnung hatte.

mögen desselben Körpers für dasselbe Licht bei derselben Temperatur, und J die von einem vollkommen schwarzen Körper bei derselben Temperatur ausgesandte Lichtmenge derselben Wellenlänge bedeutet, so fällt obige Frage damit zusammen, ob die Werthe von A für die verschiedenen Lichtarten beim Wasserstoff constant oder mit der Temperatur veränderlich sind. Im §. 7 der vorigen Mittheilung, als ich nur die 3 ersten Spectra des Wasserstoffs kannte, sprach ich mich für die letztere Ansicht aus; ich nahm an, dafs das erste Wasserstoffspectrum der niedrigsten Temperatur angehöre, weil dasselbe sich bei der gröfsten damals benutzten Gasdichte und Anwendung des einfachen Inductionsstroms zeigte; dafs dann bei steigender Temperatur der Coefficient A in dem Ausdrucke für E für alle Strahlenarten aufser $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$ gleich Null werde, da bei einer geringern Gasdichte, bei welcher die Röhre am hellsten leuchtete, oder bei gröfserer Gasdichte und Anwendung der Flasche das Spectrum nur aus diesen 3 Linien besteht, während der übrige Theil des Spectrums zuweilen gar nicht sichtbar ist; dafs schliefslich bei noch gesteigerter Temperatur der Werth von A auch für $H\alpha$ und $H\gamma$ gleich Null werden, dafür aber für eine gewisse Gruppe von grünen Strahlen wieder eine merkliche Gröfse erhalten könne, weil das Spectrum des Wasserstoffs bei der geringsten Dichtigkeit nur aus den grünen Liniengruppen besteht, die sich besonders schön zeigen, wenn man dann die Entladungen der Flasche durch das Gas hindurchsendet. Eine derartige Veränderlichkeit des Emissionsvermögens ist mir aber durch die letzten Beobachtungen, nach denen bei hinreichender Dichte des Gases das Spectrum innerhalb der Gränzen $H\alpha$ und $H\gamma$ ein ganz continuirliches wird, zweifelhaft geworden. Denn bei der enormen Steigerung der Lichtintensität, welche von einer gewissen Dichte an bei zunehmender Dichtigkeit des Gases auch bei Anwendung des einfachen Inductionsstromes eintritt, kann es nicht zweifelhaft sein, dafs von da ab wenigstens bei gröfserer Dichte, dem Gase durch den Inductionsstrom eine höhere

Temperatur ertheilt wird, und da dann gleichzeitig an allen Stellen des Spectrums die Lichtintensität zunimmt, so kann wenigstens von da ab für keine Wellenlänge der Werth von A gleich Null seyn. Eine gewisse Veränderlichkeit des Emissionsvermögens wird aber trotzdem angenommen werden müssen, da sich sonst für die verschiedenen Wellenlängen eine derartige Verschiedenheit der Function J ergeben würde, wie man sie kaum annehmen kann, und wie sie nach den Emissionsverhältnissen der festen Körper auch wohl nicht angenommen werden darf. Ich erinnere nur an die Intensitätszunahme des unmittelbar neben $H\alpha$ befindlichen rothen Lichtes, welche schliefslich so weit geht, dafs $H\alpha$ nur als geringes Maximum mehr hervortritt, während dieses Feld ohne Flasche erst bei 1703 Mm. Druck merklich leuchtet und mit Flasche bei 300 Mm. Druck gegenüber $H\alpha$ noch so dunkel ist, dafs letzteres noch als ein breites Lichtband erscheint. Ganz ähnlich verhält sich dieser Theil des Spectrums gegenüber dem benachbarten Orange und Gelb.

Die Temperaturen bei den geringern Dichten des Gases und Anwendung des einfachen Inductionsstromes scheinen allerdings mit zunehmender Dichte des Gases nicht immer zu wachsen, wenigstens spricht dagegen, dafs die Lichtintensität bis zu einem Gasdrucke von 670 Mm. entschieden kleiner ist, als bei einem Drucke von 10 — 20 Mm., eine Erscheinung, welche, wie im folgenden hervortreten wird, auch bei andern Gasen wiederkehrt. Durch die im vorigen §. mitgetheilten Versuche mit der Flasche wird aber die frühere Vermuthung, dafs das erste Spectrum einer niedrigern Temperatur angehöre, mindestens zweifelhaft, da mit zunehmender Dichte schon von 15 Mm. an zu den drei Plücker'schen Linien allmählig das continuirliche Spectrum hinzutritt.

Wenn man demnach in den Erscheinungen einen Beweis für eine totale Aenderung des Emissionsvermögens beim Wasserstoff nicht sehen will, so ist es doch nicht möglich durch Annahmen über den Gang der Werthe von

A und *J* die einzelnen Spectra auf einander zu beziehen und aus einander abzuleiten, da man die den verschiedenen Erscheinungen entsprechenden Temperaturen des Gases nicht bestimmen kann. Erst wenn das auf direkterm Wege, als durch Schlüsse, welche auf die Art der Entladung gestützt sind, gelingt, wird man die complicirten Lichterscheinungen beim Wasserstoff verstehen können. Messungen der Stromstärke führen da nicht zum Ziel, da man, um die verschiedenen Lichterscheinungen zu erhalten, gleichzeitig die Dichtigkeit des Gases ändern mufs. Ich habe Versuche vorbereitet, welche auf anderm Wege Aufschlufs geben sollen, wenn dieselben zum Ziele führen, werde ich seiner Zeit darüber berichten.

II. Sauerstoff.

19.

Die Versuche mit Sauerstoff wurden ganz in derselben Weise und mit denselben Apparaten angestellt, wie die vorhin beschriebenen mit dem Wasserstoff. Der Wasserstoffgasometer wurde durch einen mit Sauerstoff gefüllten ersetzt, der Apparat leer gepumpt und dann mit Sauerstoff vielfach ausgewaschen, bis bei kleinen Drucken ein möglichst reines Sauerstoffspectrum erhalten wurde. Es gelang das zwar nicht vollständig, indem die Wasserstofflinie $H\beta$ bei geringem Drucke immer schwach sichtbar war. Bei einer Vermehrung der Gasdichte trat sie indefs sehr bald zurück, so dafs die Beobachtungen dadurch nicht alterirt wurden. Die frühern Versuche (§. 9) gaben das Sauerstofflicht nur bis zu einem Drucke von etwa 30 Mm., es wurde deshalb hier mit einem Drucke von 10 Mm. begonnen. Bei diesem Drucke zeigte sich, als der mit 6 Grove'schen Elementen in Thätigkeit versetzte grofse Inductionsapparat angewandt wurde, ein sehr schönes Spectrum, wie es Plücker beschrieben hat, in welchem fast alle von Plücker angegebenen Linien und Liniengruppen zu sehen waren. Eine Vermehrung des Druckes des eingeschlossenen Gases brachte entsprechend den frühern Beob-

achtungen auch bei Anwendung des grofsen Ruhmkorff-schen Apparates zunächst eine beträchtliche Verminderung der Lichtstärke hervor. Schon bei einem Drucke von 20 Mm. war dieselbe deutlich wahrzunehmen. Bei einem Drucke von 100 Mm. war das Licht schon sehr schwach, so dafs die weniger brechbaren Linien nicht mehr gesehen werden konnten, und bei einem Drucke von 200 Mm. war das Licht so dunkel, dafs nur wenige Linien, die hellsten im grünen und blauen Theile des Spectrums mehr zu sehen waren. Von da ab trat bei Vermehrung des Druckes bald wieder eine Steigerung der Lichtstärke ein; bei einem Drucke von 280 Mm. waren wieder mehr Linien sichtbar und der Hintergrund zeigte sich im Grün schon continuirlich erleuchtet. Die continuirliche Beleuchtung reichte bis in das Blau hinein, sie zeigte sich also zunächst etwa von der Fraunhofer'schen Linie *E* bis in die Mitte von *F* und *G*, und auf diesem Hintergrunde erschienen hell etwa 4 der von Plücker angegebenen Liniengruppen. Bei einem Drucke des Gases von 410 Mm. traten die Linien und Liniengruppen des Plücker'schen Sauerstoffspectrums wieder fast alle auf, insbesondere waren auch, wenn auch schwach, die rothen und gelben Linien wieder sichtbar. Das vorher schon beleuchtete Feld hat an Helligkeit ebenfalls zugenommen, und sich vielleicht nach beiden Seiten etwas ausgedehnt. Eine solche Ausdehnung des continuirlich beleuchteten Hintergrundes, besonders nach der brechbaren Seite hin, ist sicher zu constatiren, wenn der Druck des Gases auf 520 Mm. gewachsen ist; nach der weniger brechbaren Seite, gegen Gelb hin, ist die Ausdehnung geringer, nur bis zum Gelbgrünen. Die Linien und Gruppen erscheinen alle immer noch mit derselben Schärfe. Die Helligkeit ist mindestens ebenso grofs als bei einem Drucke von 10 Mm.

Druck des Gases 650 Mm. Der Hintergrund, von welchem sich die hellen Sauerstofflinien abheben, ist jetzt ganz continuirlich beleuchtet; dieses continuirliche Spectrum fängt eben vor der von Plücker mit $O\alpha$ bezeichneten

fleischfarbenen Sauerstofflinie, etwa bei 61° 53′ im Minimum der Ablenkung an; Roth und Gelb ist noch schwach, Grün dagegen sehr hell beleuchtet, so dafs die beiden ersten schmalen Liniengruppen des Plücker'schen Spectrums im Grün nur wenig mehr hervortreten. Die Gruppen im Blau und Violett heben sich dagegen von dem beleuchteten Hintergrunde noch sehr stark ab. Das continuirliche Spectrum reicht etwa bis 67° 40′ im Minimum der Ablenkung, entsprechend etwa der Mitte zwischen den Fraunhoferschen Linien *G* und *H*. Hinter dem continuirlichen Spectrum auf dunklem Grunde zeigt sich die letzte violette Liniengruppe des Sauerstoffspectrums. Auch bei diesem Drucke noch zeigt das Sauerstoffspectrum gegenüber demjenigen des Wasserstoffs den charakteristischen Unterschied, dafs keine einzige der hellen Linien sich ausbreitet und an Schärfe der Begränzung verliert. Wenn die Linien wegen der gröfsern Helligkeit des Hintergrundes, wie im Grün auch weniger hervortreten, so erscheinen sie doch als ganz scharf begränzte Linien, deren Lage noch ebenso scharf zu messen ist, wie bei geringerer Dichte des Gases.

Eine weitere Vermehrung der Gasdichte brachte keine merkliche Veränderung des Spectrums mehr hervor, nur wurde die ganze Erscheinung lichtstärker. Die Gränze, bis zu welcher man den Inductionsstrom in der angegebenen Weise hindurchführen konnte, war 800 Mm. Druck. Auch dann blieben die Linien und Gruppen des Plückerschen Spectrums auf dem continuirlich hell beleuchteten Hintergrunde scharf und hell sichtbar. Die Helligkeit des continuirlichen Spectrums hatte relativ am stärksten im Orange und Gelb zugenommen, so dafs die Sauerstofflinie $O\alpha$ am wenigsten hell von dem Hintergrunde sich abhob. Die Helligkeit des grünen Hintergrundes war gegen die vermehrte Helligkeit der grünen Liniengruppen mehr zurückgeblieben, indem diese Gruppen bei diesem Drucke nicht weniger hell hervortraten als die blauen und violetten Gruppen. Das Spectrum hatte auch dann sich nach den Seiten nicht ausgedehnt.

Bei weiterer Verdichtung des Sauerstoffs ging unter Anwendung der weiten Elektroden der Strom nicht mehr durch die Röhre hindurch: benutzte man eine Elektrode des weiten und eine des engen Paares oder nur dies letztere Paar, so konnte der Strom etwa bis zu einem Drucke von 1000 Mm. hindurchgeführt werden, dann aber ging er trotz der fast doppelt so grofsen Schlagweite aufsen durch die Luft, oder die Elektricität glich sich gar nicht aus. Aber auch bei diesen hohen Drucken trat keine weitere Veränderung des Spectrums ein.

20.

Um auch das Licht des Sauerstoffs bei noch höhern Temperaturen zu verfolgen, wurde, wie bei den Versuchen mit dem Wasserstoff, die Leydner Flasche benutzt, und gerade so verfahren, wie im §. 18 angegeben wurde.

Bei geringer Dichte des eingeschlossenen Gases sind die Erscheinungen bei Anwendung der Leydner Flasche dieselben, wie ohne Flasche; bei einem Drucke von 30 Mm. indefs zeigt sich mit der Flasche der Hintergrund schon continuirlich beleuchtet, etwa so, wie ohne Flasche bei 600 Mm. Druck, und auf diesem Hintergrunde ein brillantes Plückersches Spectrum. Bei Zunahme der Gasdichte wächst die Helligkeit des Spectrums in allen Theilen, am meisten aber im Orangen und Gelben, so dafs bei einem Drucke von 80 Mm. die fleischrothe und gelbe Linie nur wenig mehr hervortreten; die Linien und Gruppen in den übrigen Theilen des Spectrums nehmen aber in demselben Maafse oder noch stärker an Helligkeit zu als der Hintergrund. Steigt der Druck in der Röhre bis auf 100 Mm., so zeigt sich im Orange und Gelb etwas ganz Aehnliches wie beim Wasserstoff, die Intensität des Lichtes, welches von unmittelbar neben den rothen und gelben hellen Linien liegenden Stellen ausgesandt wird, wächst so stark, dafs diese Linien ausgebreitet und an den Rändern verwaschen erscheinen. In den übrigen Theilen des Spectrums dagegen behalten die hellen Linien ihre ganz scharfe Begrenzung vollständig bei, dieselben

werden blendend hell auf hellem Hintergrunde. Als der Druck bis auf 180 Mm. gestiegen war, konnte man im rothen und gelben Theile des Spectrums die hellen Sauerstofflinien nur mehr als Helligkeitsmaxima in einem ganz continuirlich beleuchteten Felde erkennen, und bei weiter zunehmendem Drucke verschwanden auch diese Maxima, so dafs bei einem Drucke von 280 Mm. das Spectrum im rothen und gelben Theile ganz vollkommen continuirlich, ohne irgend ein hervortretendes Helligkeitsmaximum erschien. Es bildete dieser Theil gewissermafsen die Fortsetzung des continuirlichen Hintergrundes nach der minder brechbaren Seite hin. Im Grün, Blau und Violett blieben dagegen die hellen Liniengruppen immer von gleicher Schärfe, als blendend helle Linien. An keiner derselben war eine Verwaschung der Ränder oder eine Ausbreitung zu sehen. Bei noch weiter gesteigertem Drucke blieb die Erscheinung ungeändert; die Entladungen der Flasche gingen durch die Röhre hindurch, bis der Druck des Gases 540 Mm. betrug. Die Helligkeit des ganzen Spectrums nimmt stetig zu, im Grün, Blau und Violett behalten die Linien aber ihre Schärfe, und ihr Glanz wird durch das Hellerwerden des Hintergrundes nicht beeinträchtigt. Die Gränzen des Spectrums bleiben die vorhin angegebenen, an der minder brechbaren Seite die Stelle der fleischrothen Sauerstofflinie $O\alpha$, an der brechbarern dagegen die letzte der von Plücker gezeichneten Gruppe. Darin liegt der deutlichste Beweis, dafs auch das continuirliche Spectrum dem Sauerstoff angehört, und dafs es nicht etwa festen Theilchen zuzuschreiben ist, welche durch den Entladungsschlag losgerissen sind, da das Spectrum solcher nach beiden Seiten weit über die angegebenen Gränzen hinausreicht.

Einen eigenthümlichen Eindruck macht das Verhalten des orangen und gelben Lichtes, wenn man bei langsam abnehmender Gasdichte beobachtet. Geht man von dem Drucke 280 Mm. aus, bei welchem, wie erwähnt, das Spectrum im Roth und Gelb ganz continuirlich ist, und läfst nun den Druck des Gases dadurch allmählig kleiner wer-

den, dafs man aus dem untern Hahn das Quecksilber langsam abfliefsen läfst, so tritt zunächst an den Stellen der rothen und gelben Linie eine gröfsere Helligkeit hervor, indem in dem zwischen diesen Stellen liegenden Felde die Helligkeit rascher abnimmt. Diese Helligkeitsmaxima treten nach und nach immer stärker hervor und werden gleichzeitig schmäler; etwa bei 150 Mm. Druck scheint das continuirliche rothgelbe Feld in der Mitte zu zerreifsen, und die Helligkeitsmaxima treten als breite Linien hervor. Der Zwischenraum zwischen diesen Linien bleibt dann aber immer noch beleuchtet. Bei noch weiterer Verminderung des Druckes werden die Linien dann schmäler und schärfer. Die umgekehrte allmählige Ausdehnung bis zum Vermischen der aus den Linien hervorgehenden hellen Felder läfst sich natürlich ebenso bei allmähliger Druckzunahme beobachten.

Die Helligkeit des continuirlichen Sauerstoffspectrums ist beträchtlich kleiner als die des Wasserstoffspectrums, auch in dem rothen und gelben Theile. Die Umkehr der Natriumlinie liefs sich hier nicht beobachten.

21.

Die im vorigen beschriebenen Erscheinungen, welche der Sauerstoff zeigt, unterscheiden sich in mancher Beziehung wesentlich von den beim Wasserstoff beobachteten. Beim Wasserstoff zeigt sich die Ausbreitung der hellen Linien und der Uebergang derselben in ein continuirliches Spectrum zuerst an der brechbarern Seite; $H\gamma$ und $H\beta$ verschwinden zuerst, die rothe Linie widersteht der Ausbreitung am längsten, und erst bei den höchsten durch die Entladungen der Leydner Flasche erreichten Temperaturen geht an der rothen Seite des Spectrums dasselbe in ein continuirliches über. Beim Sauerstoff dagegen breiten sich die rothen und gelben Linien allein aus, nur sie verschwinden in dem heller werdenden kontinuirlichen Hintergrund, während im grünen und blauen Theile des Spectrums die hellen Linien ganz scharf bleiben, und so sehr an Hellig-

keit zunehmen, dafs sie auch bei den höchsten Temperaturen, die hier zu erreichen waren, noch eben so hell von dem hellen Hintergrunde sich abheben wie bei niedrigerer Temperatur von dem dunklern Hintergrunde. Ich versuchte eine noch höhere Temperatur herzustellen, indem ich eine gröfsere Flasche mit der Holtz'schen Maschine lud, und deren Entladung durch die Röhre gehen liefs. Indefs auch dann behielten die Linien vom Grün an ihre volle Schärfe, sie hoben sich blendend hell von dem hellen Hintergrunde ab.

Durch dieses eigenthümliche Verhalten des Sauerstoffs werden seine Emissionsverhältnisse noch verwickelter als jene des Wasserstoffs; die Spectralerscheinungen in dem brechbarern Theile, grün, blau, violett, lassen sich, wie mir scheint, alle unter Constanz des Emissionsvermögens, das heifst des Quotienten $\frac{E}{J}$ verstehen, indem man gewisse Annahmen über die Temperatur des Gases bei sehr geringen Dichten des Gases macht, nämlich annimmt, dafs das bei der minimalsten Dichte des Gases entstehende Spectrum doch einer niedrigern Temperatur angehört, als das Plückersche oder das in den vorigen §§. besprochene. Das vollkommne Continuirlichwerden des rothen und gelben Theiles des Spectrums, so dafs an der Stelle von $O\alpha$ und der gelben Sauerstofflinie nicht einmal mehr ein Helligkeitsmaximum auftritt, läfst sich aber mit einer Constanz des Emissionsvermögens wohl nicht vereinigen. Es scheint das um so weniger möglich zu sein, als die Helligkeitsänderungen auch in diesem Theile des Spectrums in einer andern Weise erfolgen als bei dem Wasserstoff. Weitern Aufschlüssen über diesen Theil der Frage steht aber auch hier die Schwierigkeit der Temperaturbestimmung entgegen.

III. Stickstoff.

22.

Um das vom Stickstoff ausgesandte Licht auch bei höhern Drucken zu verfolgen, wurde nicht wie bei den frühern Versuchen Luft angewandt, da man keineswegs sicher

sein konnte, dann die Erscheinungen des reinen Stickstoffs zu erhalten, oder wenn etwa der Hintergrund des die Linien zeigenden Spectrums continuirlich beleuchtet wurde, dafs dieses Licht dem Stickstoff angehöre. Es wurde deshalb ein Gasometer mit möglichst reinem Stickstoff durch Ueberleiten von Luft über erhitzte Kupferspäne gefüllt, und dieser Gasometer an die Stelle des Sauerstoffgasometers gebracht, die Röhre dann mehrmals mit Stickstoff ausgespült und schliefslich zuerst bei geringem Drucke des Gases beobachtet. Es zeigte sich dann ein brillantes Spectrum des Stickstoffs erster Ordnung. Bei Vermehrung des Gasdruckes verhielt sich dann das Spectrum auch bei Anwendung des grofsen durch 6 Elemente in Thätigkeit versetzten Ruhmkorff'schen Apparates gerade so, wie es sich bei Anwendung des kleinen Ruhmkorff gezeigt hatte. (§. 13). Schon bei einem Drucke des Gases von 25 Mm. waren im rothen Theile des Spectrums die Schattirungen gar nicht, im gelben Theile kaum mehr zu sehen, auch im Grün waren dieselben schon verwaschen; ganz scharf erschienen nur mehr die blauen und violetten Cannelirungen. Als der Druck auf 60 Mm. gestiegen war, konnte man die erste rothe Partie des Spectrums kaum mehr erkennen; das Gelbe war ebenfalls sehr verdunkelt und kaum mehr als schattirt zu sehen, im Grün liefsen sich die Schattirungen noch eben wahrnehmen; der blaue und violette Theil war aber, wenn auch lichtschwächer, doch noch vollkommen ausgebildet. In ähnlicher Weise nahm besonders in dem weniger brechbaren Theile des Spectrums die Lichtstärke stetig ab, bis der Gasdruck etwa 260 Mm. betrug; bei diesem Drucke ist das erste Stickstoffspectrum bis zum Blau noch eben sichtbar, die Cannelirungen im Blau und Violett indefs blieben auch jetzt noch scharf zu erkennen, wenn sie auch lichtschwächer und von der brechbaren Seite her schmaler geworden waren. In dem schwach hellen grünen Felde blitzte bei diesem Drucke schon zuweilen eine helle zum zweiten Stickstoffspectrum gehörige Linie hervor.

Die Zahl der zum zweiten Spectrum gehörigen hellen

Linien vermehrt sich bis zu einem Drucke von 400 Mm., ohne dafs das erste Spectrum ganz verschwindet; ist auch roth, gelb und grün sehr schwach, so bleiben doch die Cannelirungen immer noch deutlich sichtbar. Steigt der Druck bis auf 500 Mm., so fängt die Erscheinung an sich zu ändern, das erste Stickstoffspectrum ist abwechselnd sichtbar, abwechselnd nicht; ist es verschwunden, so sieht man statt dessen das zweite Stickstoffspectrum. Man kann die Erscheinung füglich als einen Conflict der beiden Stickstoffspectra bezeichnen. Auch wenn einzelne Cannelirungen des ersten Spectrums sichtbar sind, bleiben eine Anzahl heller Linien im Grün und Blau und selbst an den hellsten Stellen anderer Cannelirungen sichtbar. Das Auftreten dieser Linien ist ganz ähnlich dem Auftreten der Sauerstoffgruppen (§. 12) aus den continuirlich beleuchteten Feldern, es macht den Eindruck, als wenn die hellsten Stellen der Cannelirungen zerrissen, und das ganze Licht derselben sich in den hellen Linien concentrire. Im übrigen läfst sich so unmittelbar übersehen, dafs die Linien des zweiten Stickstoffspectrums nicht etwa an solchen Stellen auftreten, die schon im ersten Spectrum besonders hell beleuchtet sind.

Bei noch weiterer Zunahme der Gasdichte ist das erste Spectrum nicht mehr sichtbar, sondern statt dessen ein continuirlich beleuchteter Hintergrund, auf welchem sich nach und nach das zweite Stickstoffspectrum immer heller und vollständiger ausbildet. Auch hier zeigte sich wieder, wie schon beim Sauerstoff erwähnt wurde, die eigenthümliche Erscheinung, dafs die brechbarern Linien, grün, blau und violett früher auftraten und eher eine grofse Helligkeit erhielten, als die weniger brechbaren im Roth und Gelb, und dafs auch von den letztern zuerst die gelben und dann erst die rothen Linien sich zeigen. Schon bei einem Drucke von 600 Mm. und noch mehr bei 760 Mm. war das zweite Stickstoffspectrum auf einem ziemlich hell beleuchteten continuirlichen Hintergrunde vollständig ausgebildet. Ein sehr viel höherer Druck konnte nicht erreicht

werden, schon bei einem Drucke von 780 Mm. versagte unter Benutzung des weiten Elektrodenpaares der Strom, nachdem er eine Zeitlang durch die Röhre hindurchgegangen war; ein eigenthümliches Verhalten, welches sich bei diesen Versuchen häufiger, auch schon beim Sauerstoff zeigte. Die Gränze, bis zu welcher man den Strom durch die Röhre hindurchtreiben konnte, war im Allgemeinen höher, wenn man die Dichtigkeit des Gases bei stetem Durchgehen des Stromes allmählig wachsen liefs. An der Gränze der Dichte ging dann aber der Strom oft einige Minuten continuirlich durch die Röhre hindurch, dann nur mehr stofsweise und schliefslich, ohne dafs die Dichte des Gases im geringsten geändert war, gar nicht mehr. Liefs man dann die Dichte des Gases kleiner werden, so konnte man bei dann folgender neuen Zunahme der Dichte bei demselben Druck wieder dieselbe Erscheinung beobachten, ein Beweis, dafs nicht etwa eine Schwächung des Stromes der Grund derselben war.

Das Spectrum war bei diesem Drucke, gegenüber demjenigen bei Barometerdruck, natürlich nicht geändert, es blieb ein aus ganz scharfen Linien bestehendes Spectrum zweiter Ordnung auf einem continuirlich beleuchteten Hintergrunde.

Auch mit Anwendung je einer Elektrode der verschiedenen Paare konnte der Strom durch den Stickstoff bei merklich gröfserm Drucke nicht hindurchgeführt werden, er versagte schon bei etwas mehr als 800 Mm. Eine weitere Aenderung des Spectrums liefs sich nicht erkennen.

Die Gränzen des continuirlich leuchtenden Hintergrundes fielen stets mit den Gränzen des Stickstoffspectrums zusammen, so dafs man auch hier sicher sein kann, dafs die continuirliche Beleuchtung dem Stickstoff eigenthümlich ist.

23.

Die Anwendung der Flaschenentladungen lieferte bei dem Stickstoff nichts neues, nur dafs das ganze Spectrum ein viel brillanteres wurde. Bei geringern Drucken zeigt

sich das Linienspectrum auf fast dunklem Grunde, bei Zunahme des Druckes werden die Linien immer brillanter und der Hintergrund immer heller. Bei einem Gasdrucke von 380 Mm. ist das ganze Spectrum wahrhaft blendend, und es schien manchmal als wenn sich in dem continuirlichen Hintergrunde des Linienspectrums die Schattirungen des ersten Stickstoffspectrums erkennen liefsen, nur die für das erste Stickstoffspectrum so characteristischen Cannelirungen im Blau und Violett zeigten sich nicht. Deshalb ist der continuirliche Hintergrund nicht als erstes Stickstoffspectrum zu bezeichnen. Die hellen Linien und Liniengruppen behielten über das ganze Spectrum hin ihre volle Schärfe bei, an keiner Stelle war eine Ausdehnung und Verwaschung der Ränder wahrzunehmen, so dafs die Erscheinung ganz den Eindruck machte, als wenn das Linienspectrum wie ein zweites vor dem continuirlichen aufgestellt wäre. So blieb die Erscheinung bis zur Gränze bei welcher die Entladung durch die Röhre hindurchging, welche etwa bei 500 Mm. lag, das Linienspectrum blieb unverändert scharf, und die Gränzen des Spectrums blieben die frühern.

24.

Nach den in den beiden letzten §. §. beschriebenen Erscheinungen zeigt sich in den Emissionsverhältnissen des Stickstoffs gegenüber denen des Wasserstoffs und Sauerstoffs ein wesentlicher Unterschied; der Stickstoff zeigt nur die beiden von Plücker beschriebenen Spectra, und bei hohem Drucke oder Anwendung der Flasche ein zweites Spectrum auf continuirlich beleuchtetem Hintergrunde. Das zweite Spectrum kann sich ebenfalls bei passender Dichte des Gases bilden unter Anwendung des einfachen Inductionsstromes, so dafs nicht, wie nach den frühern Versuchen im §. 14 angenommen werden mufste, zur Bildung desselben der Entladungsschlag der Leydner Flasche, also der plötzliche Durchtritt grofser Electricitätsmengen erforderlich ist. Der ganze Verlauf der Erscheinungen zeigt aber doch, dafs das zweite Stickstoffspectrum von dem ersten und

auch dem zuletzt erhaltenen continuirlichen so wesentlich verschieden ist, als gehörte dasselbe einem ganz andern Gase an. Das Auftreten desselben bei Zunahme des Gasdruckes (§. 23) bereitet sich vor durch eine stete und starke Helligkeitsabnahme des ersten Spectrums. Die ersten Linien blitzen dann auf in dem fast dunklen grünen Theile des Spectrums, dann aber gleich mit solcher Helligkeit, dafs die Möglichkeit, sie wären vorher nicht sichtbar gewesen, weil das ganze Gesichtsfeld zu hell war, absolut ausgeschlossen ist. Dasselbe zeigt sich in den Cannelirungen, in welchen bei 500 Mm. Druck die hellen Linien erscheinen. Wie erwähnt erscheinen bei diesem Drucke abwechselnd die Reste des ersten und die Anfänge des zweiten Spectrums, in den Cannelirungen blitzen dann die Linien auf, als wenn dieselben zerrissen wurden und an Stelle derselben die Linien kämen. Aehnlich ist es bei Anwendung der Flasche; das Linienspectrum liegt als ein ganz fremdes Spectrum vor dem continuirlich hellen Hintergrunde, an keiner Stelle tritt wie beim Sauerstoff im Roth und Gelb eine Vermischung des Linienspectrums und des Hintergrundes ein. Beim Stickstoff kann man sich deshalb allerdings des Eindruckes nicht erwehren, als habe man es mit zwei verschiedenen Körpern zu thun, dem die verschiedenen Spectra entsprechen; der erste liefert das Spectrum erster Ordnung, der zweite das Linienspectrum und bei hinreichend hoher Temperatur zwischen den Linien und Gruppen ein continuirliches Spectrum. Für jeden dieser verschiedenen Zustände des Stickstoffs, wenn man sie so bezeichnen darf, lassen sich dann wahrscheinlich die Emissionserscheinungen unter Annahme eines constanten Emissionsvermögens übersehen. Indefs auch hier mufs ich mich damit begnügen darauf hinzuweisen, wie verwickelt die Emissionsverhältnisse sind, mir vorbehaltend im Verlaufe meiner Versuche gerade diese Seite näher ins Auge zu fassen.

Bonn, April 1869.