BEITRÄGE ZUR SPECTRALANALYSE

VON

DR. JOSEF MARIA EDER,

DIRECTOR DER K. K. LEHR- UND VERSUCHSANSTALT FÜR PHOTOGRAPHIE UND REPRODUCTIONSVERFAHREN IN WIEN.

(Mit zwei heliographischen Spectraltafeln und drei Textfiguren.)

VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 3. NOVEMBER 1892.

I.

Über das sichtbare und das ultraviolette Emissions-Spectrum der Ammoniak-Oxygen-Flamme (Ammoniak-Spectrum).

Bei meinen Untersuchungen »Über das sichtbare und das ultraviolette Emissions-Spectrum schwach leuchtender verbrennender Kohlenwasserstoffe und der Oxyhydrogen-Flamme«[1] hatte ich die Überzeugung gewonnen, dass die charakteristischen Linien und Banden derartiger Flammenspectren im violetten und ultravioletten Theile liegen. Es schien mir interessant, auch das Emissions-Spectrum des in Sauerstoff verbrennenden Ammoniaks einer genaueren Untersuchung zu unterziehen, in der Voraussetzung: charakteristische neue Linien im stärker brechbaren Theile des Ammoniak-Spectrums aufzufinden.

Gleich bei den ersten Vorversuchen fand ich diese Vermuthung bestätigt. Über die von mir entdeckten höchst charakteristischen und schön definirten Banden im Violett und Ultraviolett des Spectrums der Ammoniak-Oxygen-Flamme machte ich bereits in einer vorläufigen Notiz im Anzeiger der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien vom 6. März 1891 eine Mittheilung.

Diese Hauptbanden und Linien des Ammoniak-Flammenspectrums im Ultraviolett haben sogar eine weitaus grössere photographische Helligkeit, als die bisher bekannten zumeist verwaschenen Linien im sichtbaren Spectrum, welche letztere bis jetzt mehrfach Gegenstand der Beobachtung waren, nämlich durch Mitscherlich,[2] Dibbits,[3] Hofmann[5] und G. Magnanini.[4]

Von diesen Bestimmungen der Wellenlängen der Linien und Banden des Ammoniak-Flammenspectrums rühren die eingehendsten von G. Magnanini her, welcher das sichtbare Spectrum mittels eines Krüss'schen Spectroskop (mit zwei Glasprismen von 60°) sorgfältig ausmass. Jedoch unterwarf dieser Spectroskopiker, ebenso wie Dibbits und Hofmann, nur den helleren Theil des Spectrums der Untersuchung; schon im Indigoblau wird die directe Beobachtung unsicher, und es sind im Violett bei der geringen Helligkeit des in Rede stehenden Spectrums die Linien entweder kaum oder gar nicht sichtbar

[1] Denkschriften der mathem.-naturw. Cl. der kais. Akad. der Wissensch. in Wien, Bd. LVII (1890).

[2] Poggendorff's Annal. 1863, Bd. 121, S. 459. — Auch Kayser, Spectralanalyse, 1883.

[3] Poggendorff's Annal. 1864, Bd. 122, S. 497. — Kayser, Spectralanalyse 1883. — Auch Watts, Index of Spectra, 1889, S. 161.

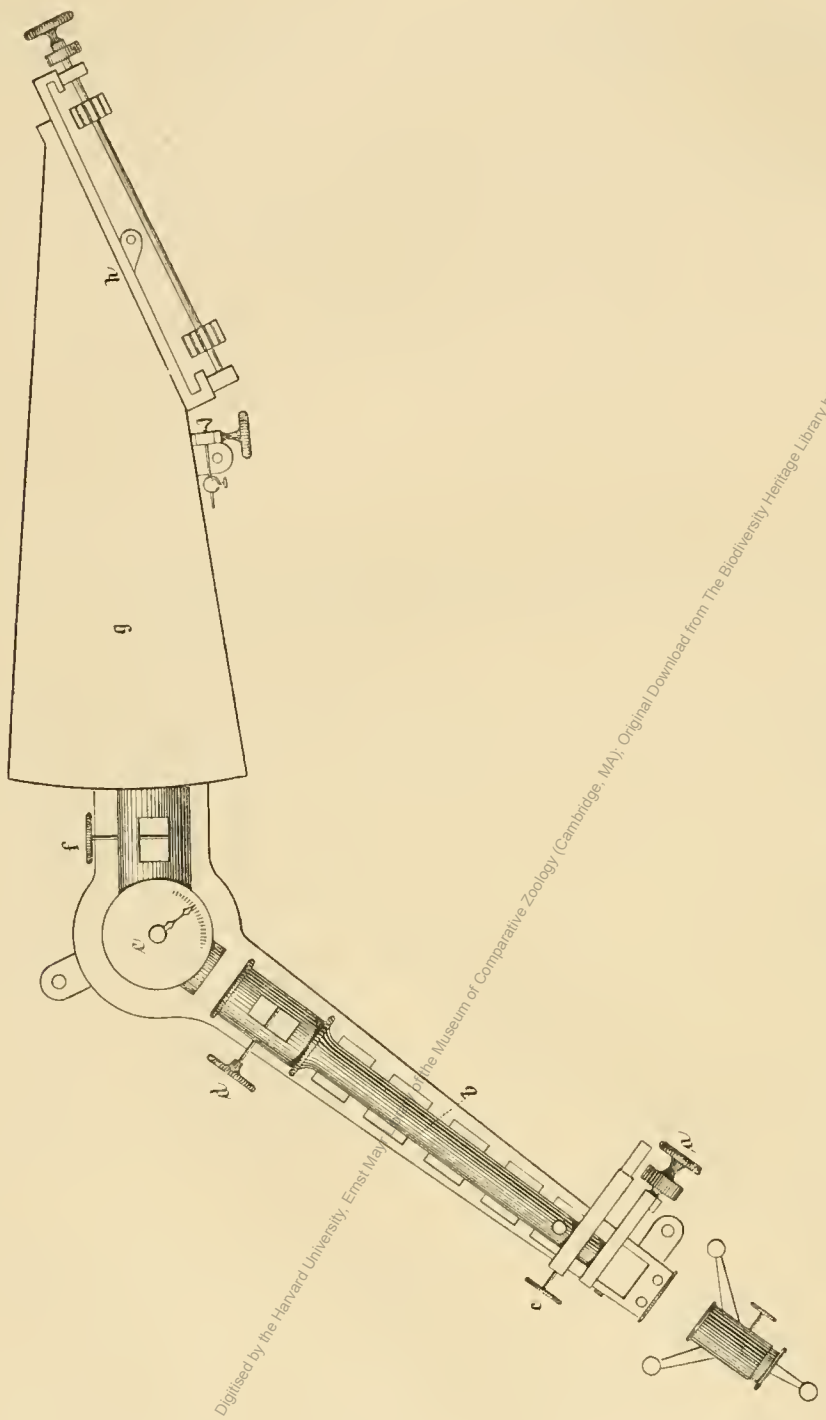
[4] Poggendorff's Annal. Bd. 147, S. 92. — Kayser a. a. O.

[5] Atti della reale Accademia de lincei. 1889. Serie quarta. Bd. 5, I. Semester, S. 900.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

und entziehen sich der Messung. Das Studium dieses, sowie des ultravioletten Theiles ist nur mit Hilfe der photographischen Methode möglich, welche ich aus diesem Grunde anwendete, um zur genaueren Kenntniss dieses merkwürdigen Spectrums zu gelangen.

Fig. 1.



Während bis jetzt nur ungefähr 70 Linien im sichtbaren Spectrum von $\lambda = 6666$ bis $\lambda = 4450$ bekannt waren, habe ich ungefähr 240 neue Linien $\lambda = 5000$ bis $\lambda = 2262$ entdeckt, so dass von dem Ammoniak-Emissions-Spectrum nach unserer nunmehrigen Kenntniss über 300 Linien zukommen, worunter sich aber ohne Zweifel noch mehrfach unaufgelöste Banden befinden, welche aus zahlreichen Linien bestehen dürften.

Der angewandte Quarz-Spectrograph.

Obschon der von mir benützte Quarz-Spectrograph (welcher ein Cornu'sches Bergkrystallprisma von 60° enthält) bereits in der oben citirten Abhandlung in den »Denkschriften« ausführlich beschrieben worden war, so sehe ich mich dennoch veranlasst, nachträglich eine Ergänzung zu jener Beschreibung folgen zu lassen, und zwar angeregt durch mehrere Anfragen betreffs einiger Details dieses Apparates.

Fig. 1 zeigt die äussere Ansicht des Spectrographen, mit der Schumann'schen Camera- und Cassetteneinrichtung (von oben gesehen): *a* ist die Theiltrommel des durch eine Mikrometerschraube regulirbaren Collimatorspalte, *b* das Collimatorrohr, dessen Lage zum Prisma durch eine Schraubenvorrichtung bei *c* verändert werden kann. Durch das Trieb *d* lässt sich die Collimatorlinse (Bergkrystall) verstellen. Das Gehäuse *e* enthält das Cornu'sche Prisma und bei *f* befindet sich das Trieb für die Bergkrystallinse, welche das Spectrumbild in die photographische Camera *g* auf die nächst *h* befindliche schräge Platte wirft, welche in der bekannten Weise in einer Cassette befindlich ist.

Die Camera besteht aus einem langen hölzernen Kasten *g*, dessen verjüngtes Ende die Laufbahn der mittels zweier Triebe und Zahnstangen parallel verschiebbarer Cassette trägt. Die Laufbahn ist zur Längsrichtung des Kastens sehr geneigt. Den Winkel, den sie mit der Mittellinie des Kastens einschliesst, beträgt

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

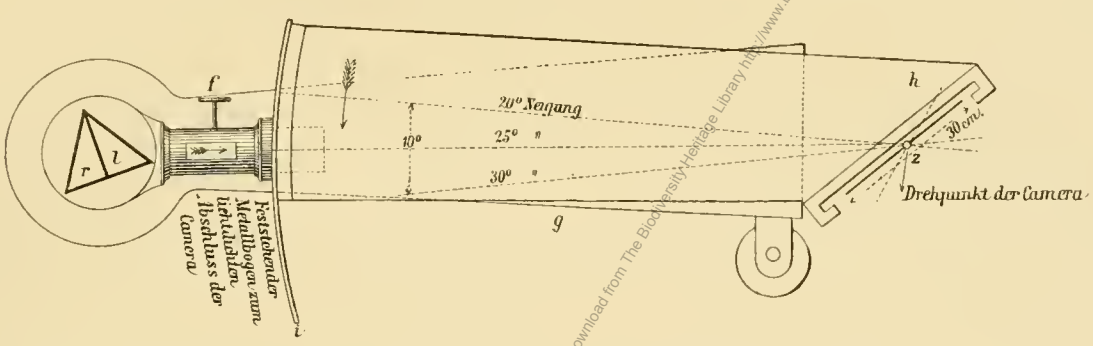
ungefähr 25°. Die Camera lässt sich um einen Zapfen drehen, der unterhalb der Cassettenlaufbahn auf einem kräftigen Arm des gusseisernen Untergestells des Spectrographen angebracht ist. Die verlängerte geometrische Axe dieses Zapfens fällt genau mit der verticalen Mittellinie der lichtempfindlichen Seite der photographischen Platte zusammen; zugleich schneidet die optische Axe die Cameralinse. — Zapfenaxe, Laufrichtung der Platte und brechende Kante des Quarzprismas sind parallel.

Dieser eigenartigen Anordnung des Zapfens *z* zufolge bleibt die Plattenmitte, wenn sie einmal scharf eingestellt ist, auch dann noch im Focus, sobald man die Camera dreht und damit zugleich die Neigung der Platte zur Linienaxe ändert. Die Einstellung der Camera auf einen bestimmten Winkel macht sich nämlich nöthig, wenn das Spectrum in allen seinen Theilen gleichmässig scharf erscheinen soll.

Die Winkelbeweglichkeit der Camera umfasst 10° und der Neigungswinkel zwischen Linsenaxe und Platte kann zwischen 20° und 30° beliebig verändert werden.

Fig. 2 zeigt diese von Herrn V. Schumann in Leipzig ersonnene, äusserst vortheilhafte Einrichtung

Fig. 2.

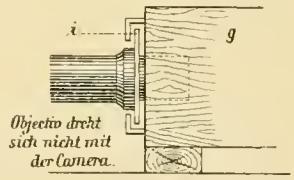


von oben gesehen. Die Drehung der Camera erfolgt bei *z*. Das Objectiv *f* ist fest am Gehäuse für das Doppelprisma angebracht. Ein feststehender Metallbogen (*i*) schliesst äusseres Licht aus.

Fig. 3 zeigt in einer seitlichen Ansicht, wie dieser Metallbogen *i* lichtdicht und dennoch beweglich mit der Camera *g* verbunden ist.

Im Übrigen habe ich zu der in meiner früheren Abhandlung mitgetheilten Beschreibung der von mir benützten Apparate nichts hinzuzufügen.

Fig. 3.



Herstellung der Ammoniak-Sauerstoff-Flamme und des Vergleichsspectrums.

Die genannten Spectroskopiker, welche das sichtbare Spectrum der Ammoniakflamme untersuchten, liessen gasförmiges Ammoniak mit Sauerstoff verbrennen und benützten die resultirende fahl-gelbe Flamme zur Beobachtung. Auch ich befolgte denselben Vorgang, musste aber besonders darauf bedacht sein, eine lang anhaltende möglichst helle Ammoniak-Flamme zu erzielen, weil dieselbe für meine Zwecke während einer Belichtungszeit von ungefähr 6—12 Stunden annähernd constant andauern musste. Die lichtschwächeren Banden des Ammoniak-Spectrums gaben nämlich erst nach langer Belichtungszeit ein hinlänglich kräftiges photographisches Bild, welches die zum Ausmessen der Linien erforderliche Deutlichkeit besitzt.

Eine constante und genügend helle Ammoniak-Sauerstoff-Flamme lässt sich in folgender Weise erzielen: In einem geräumigen Glaskolben wird ein inniges Gemisch von gelöschtem Kalk und Chlorammonium im Sandbade langsam erwärmt und das entweichende Ammoniakgas in Wasser gewaschen. Das Trocknen des Gases schien mir für den hier beschriebenen Versuch nicht nothwendig, weil sich beim Verbrennen das Ammoniak ohnedies Wasserdampf bildet und die Wasserbanden im Spectrum unvermeidlich sind. Das Ammoniakgas wird in zu einer ⊤-förmigen Glasröhre geleitet, in welche andererseits ein angsamer Strom von Wasserstoffgas eintritt. Der Wasserstoff wird mittels Zink und Schwefelsäure ent-

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

wickelt, mit Silbersulfatlösung gereinigt und dann durch mehrere, mit starkem wässerigen Ammoniak gefüllte Wulff'sche Flaschen geleitet, wodurch es Ammoniakgas mit sich nimmt. Diese Mischung von Ammoniakgas und Wasserstoffgas[1] wird aus dem ⊤-Rohre in ein Linnemann'sches »Knallgasgebläse« geleitet und entzündet. Das Spectrum dieser fahlen gelblichen Flamme zeigt ein nicht besonders lebhaftes Ammoniak-Spectrum. Die Helligkeit des Spectrums wird jedoch merklich grösser, sobald man Sauerstoff zutreten lässt. Es trennt sich dann die Flamme in einen inneren ziemlich hellen blassgelben Kegel und einen reichlichen, oberen, nahezu farblosen Flammentheil (Mantel). Lässt man zu wenig Sauerstoff zutreten, so gehen beide Theile ineinander über, dabei verliert aber die Flamme an Helligkeit; bei der richtigen Sauerstoffzufuhr ist der innere gelbe Kegel ungefähr $^1/_2$ bis 1 *cm* hoch; bei zu viel Sauerstoff aber verschwindet der gelbe Kegel fast völlig und die Flamme zeigt kein Ammoniak-Spectrum mehr

Es sei gleich hier erwähnt, dass nur das Spectrum des inneren gelben Kegels der Ammoniak-Sauerstoff-Flamme das charakteristische Ammoniak-Spectrum aussendet, während der nahezu farblose äussere Mantel das Wasserdampf-Spectrum gibt, welches allerdings nur in der Spectrumphotographie des Ultravioletts nachweisbar ist, dem Auge bei der directer Beobachtung aber unsichtbar bleibt.

Es herrscht also bei dieser Flamme dieselbe Erscheinung vor, wie bei dem Spectrum der Bunsen'schen Leuchtgasflamme, bei welcher ich gleichfalls den Nachweis führte,[2] dass das Swan'sche Kohlenspectrum am deutlichsten im inneren blauen Flammenkegel auftritt, während der äussere nahezu farblose Theil blos das Wasserdampf-Spectrum gibt.

Dem von mir entdeckten und weiter unten genauer beschriebenen Emissions-Spectrum des in Sauerstoff verbrennenden Ammoniaks sind aber stets die charakteristischen ultravioletten Banden des Wasserdampf-Spectrums (Emissions-Spectrum) mehr oder weniger beigemengt. Da ich dieses letztere Spectrum aber in meiner oben citirten Abhandlung in den »Denkschriften der Akademie« genau beschrieben und ausgemessen hatte, so war die Ausscheidung der dem Ammoniak zugehörigen charakteristischen Spectrallinien und Banden von jenen des Wasserdampf-Spectrums nicht schwierig.

Zur Bestimmung der Wellenlängen der Linien des Ammoniak-Spectrums bezog ich dieses Spectrum auf das Funkenspectrum einer Legirung von Zink + Cadmium + Blei.[3] Zur besseren Übersichtlichkeit und zur Controle der von mir angegebenen Werthe theile ich jene Wellenlängen des Metallspectrums mit, welche ich bei der Reduction der beobachteten und ausgemessenen Linien des Ammoniak-Spectrums in die Rechnung setzte.

Cd	5085	Nach Thalén	Pb	4386	Nach Hartley u. Adeney	Cd	3611·8
Zn	4924		Pb	4245			3609·6
Zn	4911		Pb	4245		Pb	3573
Zn	4813		Pb	4058		Cd	3466·8
Cd	4799		Luft	3995			3465·4
Zn	4721		Luft	3919		Luft	3437·0
Cd	4677		Luft	3749		Cd	3402.9
Luft	4629	Nach Hartley u. Adeney[4]	Pb	3739		Zn	3344·4
Luft	4446		Pb	3683		Zn	3301·7
Luft	4415		Pb	3639		Zn	3281·7

[1] Ammoniakgas + Wasserstoff brennt im Knallgasgebläse gleichmässiger als Ammoniakgas ohne Wasserstoffbeimengung, ohne dass die Spectralerscheinungen in merklicher Weise differiren würden.

[2] A. a. O.

[3] Dieses Funkenspectrum der Metall-Legirung wurde mitten in das Ammoniak-Spectrum hineinphotographirt (s. die beigegebene Tafel), so dass die Lage der Linien oben und unten abgelesen werden konnte.

[4] Die Genauigkeit der Messungen dieser Bande erstreckte sich nur auf Eine Angström'sche Einheit, weshalb ich auch die Hartley-Adeney'schen Zahlen nur auf vier Stellen genau angebe.

Digitized by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Cd	2747·1	Nach Hartley u. Adeney	Zn	2521·3	Nach Hartley u. Adeney[3]
Zn	2711·5		Zn	2514·7	
Pb	2613·4		Zn	2490·4	
Zn	2607·6		Zn	2485·9	
Cd	2572·2		Pb	2475·7	
Zn	2557·3		Cd	2469·3	
Zn	2526·3		Zn	2441·6	

Zn	2427·0	Nach Hartley u. Adeney
Pb	2393·7	
Cd	2329·5	
Cd	2313·6	
Cd	2265·1	

Beschreibung des Emissions-Spectrums des Ammoniaks.

Bei der Untersuchung des Emissions-Spectrums der Ammoniak-Sauerstoff-Flamme tritt die Überlegenheit der photographischen Methode sehr deutlich hervor. Dies gilt nicht nur — was ganz selbstverständlich ist — für das Ultraviolett, sondern auch für jene Farben des Spectrums, welche der directen Beobachtung mit dem Auge zugänglich sind, namentlich im Blau und Violett. Es geht dies aus der Gegenüberstellung der directen spectroskopischen Ablesungen von Dibbits, Hofmann und Magnanini mit meinen auf photographischem Wege gewonnenen spectrographischen Resultaten (s. unten) hervor, wo die letzteren viel mehr Linien ergeben.

Meine photographischen Aufnahmen wurden theils auf Erythrosin-Bromsilbergelatine-Platten, theils auf hochempfindlichen reinen Bromsilbergelatine-Platten hergestellt; die ersteren Aufnahmen erstrecken sich bis ins Gelb, die letzteren bis ins Grün.[2]

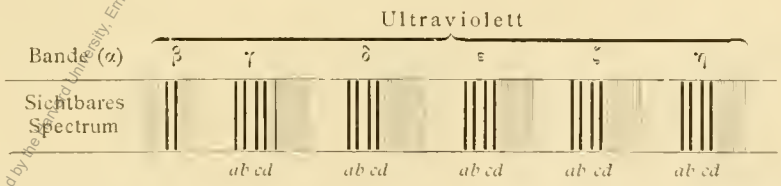
Die rothen, gelben und grünen Linien sind von Magnanini mit befriedigender Genauigkeit gemessen, während ich für die blauen und violetten Banden nur die der photographischen Methode gelten lassen möchte.

Das Emissions-Spectrum des in Sauerstoff verbrennenden Ammoniak-Gases zeigt folgenden charakteristischen Bau:

1. Eine Hauptbande (α) von grösserer Wellenlänge, welche sich von Roth bis in den Beginn des Ultraviolett erstreckt und aus vielen theils schärferen, theils verwaschenen Linien oder Banden besteht; dieselben zeigen keine irgendwie auffallende Regelmässigkeit.

2. Eine zweite (erst von mir entdeckte) höchst charakteristische, aus scharfen Linien bestehende und regelmässig angeordnete Bande, welcher die grösste photographische Lichtwirkung im ganzen Spectrum zukommt. Die kräftigste Linie dieser Bande (β) hat eine Wellenlänge von $\lambda = 3359$, die zweitstärkste $\lambda = 3370$; rechts und links von diesen Linien folgt anscheinend in regelmässiger Vertheilung ein System von feinen Linien; der Typus der Bande β, sowie die nachfolgenden Hauptbanden lässt sich durch die nebenstehende rohe Skizze[3] veranschaulichen (Fig. 3), während ein genaueres Bild die heliographische Reproduction der Spectrumphotographie (Taf. I, Fig. 1) darbietet.

Skizze der Hauptbanden des Emissions-Spectrums der Ammoniak-Oxygen-Flamme.



3. An der stärker brechbaren Seite des Ammoniak-Spectrums treten fünf analog gebaute, einander sehr ähnliche (gleichfalls neue) Banden auf, welche ihre scharfe Kante gegen das weniger brechbare Ende

[1] Bei dieser Cadmiumlinie wurde ein auf Eine Angström'sche Einheit abgerundeter Werth eingesetzt, weil die Genauigkeit der Messung der hierauf bezogenen letzten Ammoniakbande keine höhere war.

[2] Die auf der beigegebenen Tafel abgebildete Heliographie des Ammoniak-Spectrums ist nach einer Aufnahme auf Bromsilbergelatine hergestellt und reicht nur bis in's Grün, dagegen sind die ultravioletten Partien deutlicher als auf meinen Erythrosinplatten.

[3] Siehe Anzeiger d. kais. Akad. d. Wissensch. Wien (mathem.-naturw. Cl.) vom 5. März 1891, Nr. VI.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

richten und sich in der anderen Richtung in sehr viele, nahe bei einander stehende, ziemlich regelmässig gruppirte feine Linien auflösen lassen. Die obige Skizze γ bis η gibt ein beiläufiges Bild des Baues dieser Banden. Die Linien (*ab*) einerseits und (*cd*) anderseits stehen nahe beisammen. Der Raum zwischen *b* und *c* ist jedoch bei jeder Bande (η bis η) mit einem continuirlichen, gegen das stärker brechbare Ende abschattirten Spectrum erfüllt, welches sich vielleicht in feine dichte Linien auflösen lassen dürfte. Von der Linie *d* ab sind viele feine Linien deutlich sichtbar.

Nächst der Bande (β) ist die Bande ε die lichtstärkste, gleich darauf folgen an Lichtstärke die Bande δ und ζ, dann γ, dann η.

Es soll besonders hervorgehoben werden, dass der Bau der ultravioletten Ammoniakbanden mit demjenigen des Emissions-Spectrums des Wasserdampfes (Oxyhydrogen-Flamme, s. Eder a. a. O.) insoferne eine entfernte Ähnlichkeit hat, als bei beiden sich homologe Banden allmälig schwächer werdend wiederholen und dadurch auf einen gewissermassen rhytmischen Bau der ganzen Reihenfolge der Banden hinweisen. Jedoch sind beim Emissions-Spectrum des Wasserdampfes die ultravioletten Banden in entgegengesetzter Seite mehr abschattirt, als beim Ammoniak, d. h. die Banden γ, δ, ε, ζ, η haben beim Ammoniak-Spectrum ihre scharfe und kräftigere Kante gegen das weniger brechbare Ende gerichtet und schattiren sich gegen das brechbarere Ende ab; bei dem Wasserdampf-Spectrum (Bande α, β, γ, δ) ist das Entgegengesetzte der Fall. Ferner erstreckt sich das Ammoniak-Spectrum viel weiter gegen das brechbarere Ende, als das Spectrum des Wasserdampfes.[1] Auch zeichnen sich die sämmtlichen sechs ultravioletten, sehr linienreichen Ammoniak-Banden β bis η durch einen weitaus regelmässigeren Bau gegenüber dem Wasserdampf-Spectrum aus. Dass das sichtbare Ammoniak-Band α jedoch unregelmässig und theilweise verwaschen ist, habe ich bereits erwähnt.

Im Nachstehenden theile ich die Wellenlänge der von mir gemessenen Linien im Emissions-Spectrum der Ammoniak-Oxygen-Flamme mit und füge zur grösseren Übersichtlichkeit die von Lecocq de Boisboudron, Dibbits, Hofmann und Magnanini ermittelten Wellenlängen im sichtbaren Spectrum hinzu. Es ist bemerkenswerth, dass die Wellenlängenbestimmungen der genannten Forscher im Roth, Gelb und Grün befriedigend übereinstimmen, so gut es eben bei dem verwaschenen Charakter der meisten dieser Banden möglich ist. Es ist jedoch sehr bemerkenswerth, dass die Beobachtungen durch directe Ablesung am Spectroskop schon im Blau sehr unsicher wird; ich fand eine ganze Reihe genügend deutlicher Linien auf meinen Spectrumphotographien im Blau, welche den früheren Beobachtern entgangen waren, während die von mir aufgefundenen Banden im Violett und Ultraviolett sämmtlich neu sind. Die Genauigkeit meiner Wellenlängenangaben im Ultraviolett ist wesentlich genauer, als jene im weniger brechbaren Theile des Spectrums, weil einerseits die Linien des von mir untersuchten Spectrums im ersteren Falle besser definirt sind, und anderseits die Dispersion meines Spectrographen im Ultraviolett weitaus grösser ist.

Selbstverständlich ist bei der folgenden Aufzählung der Linien des Emissions-Spectrums des brennenden Ammoniaks die Eliminirung der gleichzeitig auftretenden Wasserdampflinien, welche das erstgenannte Spectrum theilweise durchsetzen, vorgenommen worden, und zwar auf Grund meiner früheren Untersuchungen. (Denkschriften d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, 1890.)

Auf der heliographischen Reproduction des Ammoniak-Spectrums (Taf. I, Fig. 1) erkennt man deutlich die Ammoniak-Banden α bis η, nebst den Wasserbanden α und β; mitten durch ist das Vergleichsspectrum einer Legirung von Cadmium, Zink und Blei (Funkenspectrum) photographirt. Leider sind in der heliographischen Reproduction die Feinheiten des zarten Linienbaues der einzelnen Banden verlorengegangen, so dass unsere Heliogravure nur ein unvollkommenes Bild des in Rede stehenden Spectrums gibt.

---

[1] In beiden Fällen ist vom Flammenspectrum im Knallgasgebläse die Rede.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Tabelle

über die Wellenlänge der Linien im Emmissions-Spectrum in der Ammoniak-Oxygen-Flamme.

(Ausgedrückt in Angström'schen Einheiten.)

Lecocq de Boisbaudran	Dibbits[1]	Hofmann[1]	Magnanini	Eder	Bemerkungen	
		Ammoniakbande α				
	733—652	—	6606	—	Nebelige Linie	Roth
—	662	663—659	6626	—	detto	Roth
—	—	—	6602	—	Schwache, aber scharfe Linie	Roth
—	654	—	6502—6532	—	Nebelige Bande, nicht in Linien auflösbar	Roth
—	—	644—642	6488—6433	—	Bande, in Linien auflösbar, gegen Roth zu nebelig	Roth
—	651—633	637—633	6405	—	Feine Linie	Roth
—	—	—	6387	—	Schwach sichtbare Linie	Orange
—	—	—	6366	—	detto	Orange
—	—	—	6351	—	detto	Orange
6325	633—629	—	6329	—	Stark. Die Linie ist scharf gegen Roth, nebelig gegen die andere Seite	Orange
6293	—	—	6292	—	Stark. Die Linie ist gegen Violett nebelig	Orange
—	624	—	6262	—		Orange
—	—	625—620	6228	—		Orange
—	—	—	6220	—		Orange
6180	620	—	6188	—	Starke Linie, gegen Roth scharf, gegen Violett nebelig	Orange
—	—	617	6170	—		Orange
—	613	613	6114—6094	—		Orange
—	—	—	6070	—		Orange
6045	606—602	606—603	6050	—	Starke Linie (Diese fünf Linien bilden ein sehr charakteristisches und intensives Band)	Orange
—	—	—	6044	—		Orange
—	—	—	6022	—		Orange
—	—	601	6014	—		Orange
—	599	—	6005	—	Starke Linie, scharf gegen Violett, nebelig gegen Roth	Orange
—	597	597	5972	—	Stark	Orange
5964	597—571	—	5958	—	Starke Linie, welcher (gegen das brechbarere Ende) zahlreiche schwächere, dicht aneinander stehende Linien folgen	Orange
—	—	—	5922	—		Orange
—	—	—	5912	—		Orange
—	—	589	5886	—	Linie, gegen Violett nebelig	Gelb
—	—	—	5882	—		Gelb
—	—	585—583	5869	—	Unscharfe verschwommene Linie	Gelb
—	—	—	5860	—		Gelb
—	582	—	5832	—		Gelb
—	—	—	5805—5787	—	Die Bande besteht aus vielen unmessbaren Linien	Gelb
—	—	—	5773	—	Scharfe Linie	Gelb
—	571	—	5762	—	Linie, unscharf gegen das brechbare Ende	Gelb
—	—	574—571	5740	—	detto	Gelb
—	—	—	5735	—		Gelb
—	—	—	5724—5710	—	Diese Bande bildet eine Serie von Linien, deren Intensität gegen Violett sich vermindert	Gelb
5702	571	—	5702	—	Starke Linie	Gelb
—	569—550	—	5693	—	Starke Linie	Gelb
—	—	—	5074—5654	—	Bande, schwer in Linien auflösbar	Gelb
	—	—	5640	—		Gelb
		—	5630	—	In der Nähe dieser Linie (gegen Violett) ist eine feine Linie	Gelb

[1] Dibbits und Hofmann geben die Wellenlänge nur auf drei Stellen an.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Lecoeq de Boisbaudran	Dibbits *	Hofmann *	Magnanini	Eder	Bemerkungen	
		Ammoniakbande α				
—	—	—	5608	—		Gelb
—	—	559—556	5597—5568	—		
—	554—550	—	5557	—		
—	—	—	5525	—		
—	—	—	5485	—		
5450-5406	—	555—540	5465—5438	—	Diese Bande besteht aus Linien, nebelig gegen Roth	
—	—	—	5430			
—	—	—	5416	—		
—	539	538	5390	—	Undeutlich	Grün
—	539—527	534	5339—5303	—	Grenzen einer Bande, welche von sehr schwachen Linien erfüllt ist	
5252	527—524	518—526	5270—5262	—	Diese Bande besteht aus zwei Linien, welche allmälig nebelig werden	
—	—	—	5253—5242	—	detto	
—	523—517	—	5230	—	Nebelig	
—	—	519—516	5212—5172	—	Bande, nicht in Linien auflösbar	
—	—	—	5166	—		
—	514	—	5156	—	Nebelig	
—	—	513	5127 5123	—	Nebelig gegen die stärker brechbare Seite	
—	—	—	5115—5108	—	Beiderseits nebelig	
—	508	507—502	5084 5072	5079	Mitte der breiten Linie	
—	500—492	—	5072—5020	5007	Linie schmäler als die vorige	
—	592—472	498	4995—4955	4984	Mitte einer ziemlich breiten Linie	
—	—	490—495	—	4966		Blau
—	—	—	4923	4924		
—	—	488—485	4878-4864	4895		
—	—	—		4869		
—	—	—	4840	4839		
—	—	480—479	4789-4774[1]	4785	Grenzen eines breiten Streifens	
—	—	—		4777		
—	—	—	—	4747		
—		470—469	—	4722	Breite Streifen	
—	—	467—465		4678		
—	—	—	—	4602		
—	—	—	4647 (?)	4641		
—	—	461—459	—	4620		
—	—	—		4506		
—	—	455—454	4550—4520	4549—4534	Breite Streifen; Mitte bei 4541	
—	—			4511		
—	—	—	4513-4492	4499		
—		—	—	4488		
—	—	—	—	4460		
—	—	—	—	4442		
—	—		—	4419		
—	—	—	—	4350		
			—	4338		Violett
—			—	4328	Alle diese Linien treten hell auf einem schwachen continuirlichen Spectrum hervor; sie sind bei weitem nicht so scharf, als die Linien der folgenden Banden β—η.	
—	—	—		4306		
—	—	—		4289		
—				4244		

[1] Die Banden von 4789 bis 4492 erklärt Magnanini als unklar und die Grenze derselben unsicher aufzufinden. Auf meinen Spectrumphotographien ist der Verlauf der Banden aber sehr gut zu erkennen.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

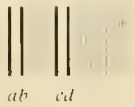
Lecoeq de Boisbaudran	Dibbits *	Hofmann *	Magnanini	Eder	Bemerkungen	
Ammoniakbande α						
—	—	—	—	4204	Alle diese Linien treten hell auf einem schwachen continuirlichen Spectrum hervor, sie sind bei weitem nicht so scharf, als die Linien der folgenden Banden β—η.	Violett
—	—	—	—	4189		
—	—	—	—	4178		
—	—	—	—	4162		
—	—	—	—	4142		
—	—	—	—	4099		
—	—	—	—	4093		
—	—	—	—	3959		Ultraviolett
—		—	—	3947		
—	—	—	—	3919		
—	—	—	—	3885		
—	—	—	—	3797		
—	—	—	—	3790		
—	—	—	—	3779		
—	—	—	—	3750(?)		
—	—	—	—	3748		
—	—	—	—	3740		
—	—	—	—	3682		
—	—	—	—	3638		
—	—	—	—	3572		

Eder	Intensität der Linien[1]	Bemerkungen
Ammoniakbande β, Hauptbande im Ultraviolett		
3432·2	1	Regelmässig angeordnete, deutliche scharfe Linien, welche sich beiderseits um die charakteristischen Hauptlinien λ=3370·0 und 3359·4 anordnen.
3429·2	1	
3426·3	2	
3423·0	2	
3419·6	3	
3416·0	4	
3412·6	5	
3408·9	5	
3405·5	5	
3401·7	5	Von hier an tritt ein schwach leuchtendes continuirliches Spectrum auf, über welchem sich die selbstleuchtenden scharfen Linien abheben.
3398·4	5	
3395·2	4	
3391·5	4	
3387·8	3	
3384.3	2	
3380·5	1	
3370·0	7	Starke, scharfe, charakteristische Linie, welche isolirt steht.
3359·4	10	Stärkste Hauptlinie des gesammten ultravioletten Ammoniakspectrums.
3353·5		Nebelige breite Linie.
3340·3	1	
3336 0	2	

Eder	Intensität der Linien	Bemerkungen
3332·7	3	
3329·4	4	
3325·8	5	
3322·6	5	
3318·9	5	
3315·9	5	
3312·8	4	
3309·6	3	
3306·5	3	
3303·8	3	
3300·8	2	
3398 3	2	
3395·5	1	
Ammoniakbande γ *abcd*		
Linie *a* 2718·3	2	Diese Bande lagert sich über die linienreiche H_2O-Bande γ und ist nur wenig heller als letztere, so dass die Messung schwer fällt. Es wurden von diesem Band, dessen Bau analog den nachfolgenden ist, nur die vier charakteristischen Linien gemessen, während die
Linie *b* 2717·2	2	
Linie *c* 2710·0	2	
Linie *d* 2708·2	3	

[1] Die grösste Intensität wird mit 10 bezeichnet, die kleinste mit 1.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

	Eder	Intensität der Linien	Bemerkungen
			feinen Linien, welche sich von der Linie *d* (des Bandes γ) gegen das brechbarere Ende erstrecken und das Band abschattirt erscheinen lassen, sich der genaueren Beobachtung entzogen.
			Ammoniakbande δ  *ab* *cd*
a	2594·7	2	Deutliche charakteristische Linie, woran sich ein schwaches, anscheinend continuirliches Spectrum schliesst, das gegen das brechbarere Ende schwächer wird.
b	2593·4	3	Charakteristische Hauptlinie, gegen das weniger brechbare Ende scharf, gegen das brechbarere als continuirliches Band abschattirt.
c	2580·8	2	Charakteristisch. Ähnlich gebaut wie die vorige Linie. Sehr nahe daran schliesst sich die Kante der Linie *d*.
d	2585·3	4	Starke Linie, welche der Beginn eines aus zahlreichen Linien bestehenden Bandes ist; das letztere hebt sich auf einem allmälig schwächer werdenden continuirlichen Spectrum ab.
	continuirl. mit Spuren von Linien bis		
	2583·0	3	Von da an sind zahlreiche Linien in regelmässiger Anordnung deutlich kennbar.
	2581·8	3	
	2580·5	3	
	2579·6	3	
	2578·6	3	
	2577·3	3	
	2576·3	3	
	2575·1	3	
	2573·6	3	
	2572·4	3	
	2571·2	3	
	2569·9	3	
	2568·3	3	
	2567·0	3	
	2565·3	3	
	2563·7	3	
	2562·2	3	
	2560·6	3	
	2558·9	3	
	2557·3	2	
	2555·4	2	
	2553·7	1	
	2551·7	1	
	2549·9	1	Es schiebt sich hier anscheinend eine neue Bande ein, deren zahlreiche Linien dichter als bei der vorigen stehen, oder deren Linien sich mit den eventuell sich weiter fortsetzenden Linien der Haupt-
	2549·0	1	
	2548·0	1	
	2547·0	1	
	2546·0	1	
	2545·1	verwaschen und nebelig	bande δ sich vermischen. Die Vertheilung der Linien erscheint von λ=2549·9 ab nicht mehr so regelmässig wie bisher, sondern je zwei und zwei Linien nähern sich etwas. Es liegt auch hier ein schwach leuchtendes continuirliches Spectrum zu Grunde.
	2543·9		
	2543·1		
	2542·3		
	2541·5		
	2540·2		
	2539·2		
	2537·8		
	2536·9		
	2535·4		
	2534·1		
	2532·8		
	2531·0		
	2529·6		
	2528·3		
	2527·2		
	2526·2		
	2525·1		
	2523·6		
	2522·7		
	2521·5		
	2500·4		
	2499·1		
			Ammoniakbande ε. (Ähnlich gebaut wie die vorhergehende Bande δ. Die vier Hauptlinien sind in ganz analoger Weise mit *a*, *b*, *c*, *d* bezeichnet.)
a	2478·0	2	Diese Bande ist lichtstärker als die vorige; sie ist lichtstärker als die Banden γ, δ, ζ und η. Der Linie *b* folgt ein gegen das brechbarere Ende abschattirtes Band; *a* und *e* stehen isolirt.
b	2476·6	3	
c	2470·7	3	
d	2469·5	5	Von hier ab folgt ein continuirliches, ziemlich lichtstarkes Spectrum, in welchem mehrere nebelige Linien vertheilt sind; das continuirliche Spectrum tritt allmälig zurück und die zahlreichen regelmässig vertheilten Linien werden von da ab gut messbar.
	continuirl. mit nebeligen Linien bis		
	2463·4	3	
	2462·2	3	
	2461·3	3	
	2460·3	4	
	2459·4	4	
	2458·4	4	
	2457·4	4	
	2456·4	4	
	2455·4	3	
	2454·3	3	
	2453·1	3	Von hier ab werden die Linien breiter und scheinen aus nahe beisammen liegenden Doppellinien zu bestehen.
	2451·9	3	
	2450·7	3	
	2449·7	3	
	2447·7	3	
	2446·8	3	
	2445·0	3	
	2443·8	3	

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

	Eder	Intensität der Linien	Bemerkungen
	2442·5	3	
	2441·5	3	
	2439·5	2	
	2437·9	2	
	2436·4	2	Hier lagert sich ein continuirliches, nach dem brechbareren Ende schwächer werdendes Spectrum hinein, welches einige der zunächst folgenden Linien undeutlich macht.
	2434·5	2	
	2432·7	2	
	2431·8	2	
	2429·9	2	
	2428·1	2	
	2427·1	2	
	2424·8	2	
	2423·0	2	
	2421·1	1	
	2419·2	1	
	2418·8	1	
	2416·9	1	
	2414·5	1	
	2413·0	1	
	2410·8	1	
	2409·3	1	
	2407·8	1	
	2406·3	1	

Ammoniakbande ζ. — Der Bau dieser Bande, die Anordnung der vier Hauptlinien (*a*, *b*, *c*, *d*) und schattirten Bande ist ganz analog wie bei δ und ε. S. Figur auf voriger Seite.

a	2370·7	2	
b	2369·9	3	
c	2364·1	2	
d	2363·0	4	
	2361·4	2	Diese Linien sind schwierig auf einem continuirlichen Spectrum wahrzunehmen.
	2360·5	2	
	2359·9	2	
	2359·0	3	Von hier ab wird das continuirliche Spectrum schwächer und werden die Linien deutlich.
	2358·8		
	2357·4	4	
	2356·5	4	
	2355·5	4	
	2354·7	4	
	2354·0	4	
	2353·2	4	
	2352·4	4	
	2351·4	4	
	2350·7	4	
	2349·4	4	
	2348·4	4	
	2347·4	4	
	2346·4	4	
	2345·4	4	
	2344·7	4	
	2343·0	4	
	2341·7	4	
	2340·4	4	
	2339·1	5	
	2337·8	5	
	2336·2	4	
	2334·8	3	Mitte einer Doppellinie.
	2333·4	2	Gleichfalls die Mitte einer Doppellinie.
	2332·0	1	
	2331·6	1	Von hier ab trennen sich die Doppellinien weiter und konnten einzeln gemessen werden.
	2330·6	1	
	2329·9	1	
	2329·0	1	
	2328·5	1	
	2327·0	1	Die einzelnen Componenten der Doppellinien gehen von hier ab so weit auseinander, dass man sie nicht mehr im Zusammenhange wahrnimmt; sie schieben sich völlig ineinander.
	2326·1	1	
	2325·3	1	
	2324·6	1	
	2323·5	1	
	2323·0	1	
	2321·9	1	
	2321·4	1	
	2320·4	1	
	2319·7	undeutlich	Verwaschene Linien.
	2317·9		
	2316·5		
	2315·1		
	2313·1		
	2311·6		
	2309·4		
	2307·4		

Ammoniakbande η. — Ist ganz analog gebaut, wie Bande δ, so dass die dort angegebene Skizze auch hier gelten kann; die vier Hauptlinien sind mit *a*, *b*, *c*, *d* bezeichnet.

a	2271	1	
b	2270	1	
c	2264	1	
d	2262	1	An diese Linie schliessen sich zahlreiche dicht neben einander stehende sehr schwache Linien an, welche sich beiläufig bis $\lambda = 2210$ erstrecken.

Vergleicht man die von mir aufgefundenen zahlreichen Banden im ultravioletten Emissions-Spectrum der Ammoniak-Oxygen-Flamme (inclusive der Banden im sichtbaren Spectrum), so ergibt sich keinerlei

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Übereinstimmung mit dem Emissions-Spectrum aus Wasserstoff oder Stickstoff in den Geissler'schen Röhren.

Es ist das Spectrum der Ammoniak-Oxygen-Flamme das Verbindungsspectrum des Ammoniak, welches dem Spectrum des Wasserdampfes in der Hydro-Oxygen-Flamme analog ist.

Dasselbe Verbindungsspectrum des Ammoniak scheint aufzutreten, wenn man den elektrischen Funken durch wässeriges Ammoniak schlagen lässt. Lecocq de Boisbaudran (Compt. rend. Bd. 101, S. 43 [1]) fand nämlich im Funkenspectrum des wässerigen Ammoniaks die stärksten Linien des Flammenspectrums, was ich auf Grund eigener Versuche bestätigen kann.

Emissions-Spectrum von Aminen, welche in Sauerstoff verbrennen.

Obschon bereits G. Magnanini (a. a. O.) das Flammenspectrum von Äthyl- und Trimethylamin (in Sauerstoff verbrennend) untersucht und gefunden hatte, dass kein anderes Spectrum ausser dem Swan'schen und dem Ammoniak-Spectrum auftrat, so wiederholte ich dennoch denselben Versuch, weil Magnanini das Ultraviolett nicht in den Bereich seiner Untersuchungen gezogen hatte. Es schien mir nämlich nicht unmöglich, dass das Flammenspectrum verbrennender Amine im Ultraviolett ein charakteristisches Verhalten zeigen würde. Deshalb verbrannte ich gasförmiges Äthylamin mit Sauerstoff und photographirte das Spectrum dieser Flamme. Auf der Spectrumphotographie zeigten sich drei Spectren übereinander gelagert:

1. Das Swan'sche Spectrum verbrennender Kohlenwasserstoffe.
2. Das Ammoniak-Spectrum (jedoch nur in der Hauptbande β).
3. Das Wasserdampf-Spectrum.

Das Auftreten irgend einer neuen charakteristischen Bande oder Linie konnte ich nicht wahrnehmen, weshalb ich den Schluss ziehe, dass die mit Sauerstoff verbrennenden Aminen keine ihnen eigenthümlichen Emissions-Spectren geben, sondern nur als Componenten die drei genannten Spectren aufweisen.

---

[1] Auch Beiblatt zu den Annal. d. Chem. u. Phys. 1886, S. 171.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Denkschriften der Akademie der Wissenschaften.Math.Natw.Kl. Frueher: Denkschr.der Kaiserlichen Akad. der Wissenschaften. Fortgesetzt: Denkschr.oest.Akad.Wiss.Mathem.Naturw.Klasse.

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: 60

Autor(en)/Author(s): Eder Josef Maria

Artikel/Article: Beiträge zur Spectralanalyse. (Mit 2 heliographischen Spectraltafelnund 3 Textfiguren.) I. Über dassichtbare und das ultraviolette Emissions-Spectrum der Ammoniak-Oxygen-Flamme (Ammoniak-Spectrum) 1-12