Über die Emission von Oxyden.

Von Joseph Hofmann.

Aus dem physikalischen Institut der Universität Erlangen.

Einleitung.

In neuerer Zeit sind zwar verschiedene Arbeiten ausgeführt worden, welche die Strahlung der Glühstrümpfe und der in ihnen enthaltenen Substanzen behandeln. Doch beschränkten sich diese Untersuchungen nur auf das sichtbare Spektrum. Ich hielt es deshalb für lohnend, sie auch auf das ultraviolette Spektrum auszudehnen und in dem ersten Teile meiner Arbeit „Die relative Intensität verschiedener Lichtquellen im sichtbaren und ultravioletten Spektrum“ zu prüfen. Im zweiten Teile soll dann die Strahlung von Thor- und Ceroxyd und deren Mischungen für verschiedene Temperaturen verglichen werden mit der des blanken Platins.

Im physikalischen Institute zu Erlangen sind in letzter Zeit einige Arbeiten[1][2]) mit dem Vierordtschen Photometer ausgeführt worden, welche die Brauchbarkeit desselben auch für das ultraviolette Licht beweisen, so oft es sich darum handelt, aus der gleichen Helligkeit zweier übereinander liegender Stellen in zwei verschieden hellen Spektren auf das Intensitätsverhältnis der die Spektren erzeugenden Lichtquellen zu schließen.

Auf Anraten des Herrn Professors Dr. E. Wiedemann führte ich deshalb meine Untersuchungen mit diesem Photometer aus, und zwar gewann ich die Resultate des ersten Teils auf photographischem Wege, die des zweiten Teils durch Beobachten der Spektren mit dem Auge.

---

[1]) B. Glatzel, Phys. Zeitschrift, 1. Jahrg. 285, 1899—1900.

[2]) F. A. Müller, Sitzungsberichte der phys.-med. Soz. Erlangen, 34, S. 189. 1902.

I. Teil.

Prinzip der Methode.

Das Prinzip der Methode zur Bestimmung von relativen Helligkeiten in den verschiedenen Teilen des Spektrums ist folgendes:

Die zu untersuchende Lampe wird vor den Doppelspalt eines Spektralapparates gebracht, so daß ihr Licht durch die obere Hälfte des Doppelspaltes einfällt, während von der Seite her das Licht einer Vergleichslampe mittels eines total reflektierenden Prismas durch den unteren Spalt in den Apparat gelangt. Hierauf wird das Beobachtungsfernrohr auf den Spektralbereich, in dem die Helligkeit bestimmt werden soll, eingestellt und dann das Verhältnis der Spaltbreiten so lange verändert, bis eine photographische Aufnahme in der Nähe der eingestellten Wellenlänge Gleichheit der Schwärzungen ergibt. Da nach dem Bunsen-Roscoeschen Gesetze bei gleich langer Exposition gleichen Schwärzungen gleiche Intensitäten entsprechen, so läßt sich aus dem Verhältnisse der Spaltbreiten nach der unten angegebenen Formel die Helligkeit für diese Stelle berechnen. Zur Ermittelung der Gleichheitsstelle dient eine später beschriebene Methode. Hat man auf diese Weise für die verschiedenen Teile des Spektrums die Helligkeiten bestimmt, so zeichnet man aus ihnen die Helligkeitskurve, wobei als Abszissen die Wellenlängen, als Ordinaten die Helligkeiten aufgetragen werden.

Versuchsanordnung.

Die Versuchsanordnung war folgende: Benutzt wurde ein Spektralapparat mit Zeißschen Quarz-Flußspatobjektiven und zwei Quarzprismen. Jedes derselben bestand aus einem rechts- und einem linksdrehenden Halbprisma mit einem brechenden Winkel von 30°, die mit chemisch reinem Glyzerin unter möglichster Vermeidung von Luftbläschen zusammengekittet waren. Die Stellung der Prismen blieb während der ganzen Untersuchung dieselbe. Sie waren auf das Minimum der Ablenkung für eine Wellenlänge im äußersten Violett eingestellt. Es gelangten zwei Quarzprismen zur Verwendung, um durch die stärkere Dispersion den zu untersuchenden Spektralbereich zu verbreitern und so die Messungen zu erleichtern.

Die Einstellung des Spektralapparates geschah in der gewöhnlichen Weise[1]).

Das Skalenfernrohr[2]) war so gestellt, daß die Skala in die untere Hälfte des Gesichtsfeldes fiel.

Das diffuse Licht wurde in der von Dr. F. A. Müller[3]) angegebenen Weise ausgeschlossen und seine vollständige Entfernung geprüft.

Über die Trennungslinie der beiden Spalthälften war ein Faden aus dünnem Draht gespannt, wodurch auch die beiden Spektralphotographien durch einen feinen Strich getrennt wurden.

Das Vergleichsprisma aus Quarz war auf einem mit schwarzen Papier überzogenen und mittels einer Mikrometerschraube verstellbaren Stativ so aufgestellt, daß seine obere Kante mit der Mitte des Fadens sich deckte. Die eine Kathetenfläche desselben war genau parallel der Spaltebene, die andere senkrecht dazu. Senkrecht vor dieser stand die Vergleichslampe, so daß deren Strahlen nach totaler Reflexion an der Hypotenusenfläche parallel zur Achse des Fernrohres einfielen. Um das von dieser Lampe kommende Licht von der unteren Spalthälfte abzuhalten und genaue Messungen zu erzielen, wurde die Hypotenusenfläche mit schwarzem Papier bedeckt, damit kein Licht hindurchgelangen konnte.

Wenn die photographische Platte zum Exponieren hergerichtet war, mußte auf bestimmte Zeit das Licht dem Apparate zugeführt werden. Um dies zu ermöglichen, stand eine rechtwinkelige Blende aus Pappe mit dem Vergleichsprisma auf demselben Stativ. Wollte man nun eine gewisse Zeit lang exponieren, so brauchte man nur diese Blende die gewünschte Zeit hinwegzunehmen.

Die Breite der unteren Spalthälfte, durch die das Licht der Vergleichslampe einfiel, blieb während einer Untersuchung konstant, die Breite der oberen wurde mittels einer Mikrometerschraube geändert. Für verschiedene Untersuchungen wählte ich die Stellung der unteren Schraube entsprechend der Inten-

---

[1]) E. Wiedemann und H. Ebert, Phys. Praktikum, 298. 1899.

[2]) E. Wiedemann und H. Ebert, Phys. Praktikum, 297 u. 298. 1899.

[3]) F. A. Müller, Sitzungsberichte d. phys.-med. Soz. Erlangen, 34, S. 189. 1902.

sität der zu vergleichenden Lampen. Die größte Spaltbreite, welche verwendet wurde, betrug 1,5 mm.

Die Einstellung auf einen bestimmten Spektralbereich erfolgte in der Weise, daß das Fadenkreuz des Beobachtungsfernrohres auf denjenigen Teilstrich der Skala eingestellt wurde, welcher etwa in der Mitte desselben lag.

Bei den photographischen Aufnahmen konnte an Stelle des Okulars in das Beobachtungsfernrohr ein Metallrahmen eingeschraubt werden, in welchem sich eine Kassette so verschieben ließ, daß man acht Aufnahmen nacheinander machen konnte, wie dies von J. J. Acworth[1]) angegeben worden ist. Auf der obersten und untersten Aufnahme war die Skala photographiert, die mittleren sechs waren Spektralphotographien für verschiedene Spaltbreiten. Verwendet wurden Bromsilbergelatineplatten von Dr. C. Schleußner für die Aufnahmen im blauen und ultravioletten Teil des Spektrums, während für die Aufnahmen im sichtbaren Teile desselben orthochromatische Platten von O. Perutz in München bezogen waren.

Beide Arten von Platten wurden mit einem Pyrogallol-Sodaentwickler behandelt, fixiert und dann getrocknet. Zum Ausmessen erweist es sich als zweckmäßig, die Platten nicht zu dunkel zu entwickeln.

Die Lichtquellen.

Zur Untersuchung gelangten die Hefnerlampe, der Auersche Glühstrumpf, der Cerofirmstrumpf und einige andere Glühstrümpfe. Ihre Zusammensetzung war folgende: Strumpf Nr. 1, 100 % Thornitrat; Strumpf Nr. 2, 100 % Cernitrat; Strumpf Nr. 3, 50 % Thornitrat und 50 % Cernitrat; Strumpf Nr. 4, 99 % Thornitrat und 1 % Cernitrat; das Gewebe war für alle Baumwolle; Strumpf Nr. 5, 97,5 % Thornitrat, 1 % Cernitrat und 1,5 % Beryllnitrat; Gewebe: sog. Ramie. Diese letztgenannten Glühstrümpfe waren mir durch die gütige Vermittelung des Herrn Prof. Dr. E. Wiedemann von der westfälischen Gasglühlichtfabrik von F. W. und Dr. C. Killing in Delstern zur Verfügung gestellt worden, wofür ich der Firma an dieser Stelle meinen Dank aussprechen möchte. Von den elektrischen Licht-

[1]) J. J. Acworth, Wied. Ann. 42, S. 375. 1891.

quellen kam nur die Nernstlampe zur Untersuchung, die mit einer Spannung von 110 Volt betrieben wurde.

Mit Ausnahme der Hefnerlampe waren alle Lichtquellen von vornherein der Höhe nach verstellbar. Die Hefnerlampe wurde zu diesem Zwecke auf ein Stativ mit Mikrometerverstellung gebracht. Jede Lichtquelle wurde so vor den Spektralapparat gestellt, daß das von ihr herrührende Spektrum die größte Helligkeit zeigte.

Da die leuchtende Fläche mancher Lichtquellen sehr schmal war und außerdem breitere Flammen nach Köttgen[1]) nicht in allen Teilen der leuchtenden Fläche gleiche Helligkeit zeigen, so wurde ein mattgeschliffenes Quarzfenster in den Strahlengang gebracht, dessen diffuses Licht dann als Lichtquelle diente. Bei der Nernstlampe war die Anwendung eines solchen Quarzfensters schon deshalb geboten, weil sonst die drei Drahtwindungen, welche zum Erhitzen des Glühkörpers dienen, in der Form von drei dunklen Streifen auf der Photographie sich gezeigt und leicht zu Fehlern beim Messen geführt hätten.

Als Vergleichslampe wollte ich durchweg die Hefnerlampe benutzen. Dabei stieß ich aber auf große Hindernisse, da die Helligkeit im Ultraviolett zu klein war. Ich benutzte deshalb die Auerlampe als Vergleichslampe und verglich mit deren Intensität die aller übrigen. Die Intensität der untersuchten Lichtquellen, die Auerlampe ausgenommen, bezogen auf die Hefnerlampe als Vergleichslampe, bekam ich wie unten angegeben.

Auch die Anwendung des Gasglühlichtes brachte manche Schwierigkeiten mit sich, hervorgerufen durch die großen Druckänderungen in der Gasleitung. Die Photographien erwiesen sich zunächst als ganz unbrauchbar, da fortwährend schwankende Resultate erhalten wurden. Doch half die Einschaltung eines Gasdruckregulators auch über diese Schwierigkeit hinweg.

An den Lampen für das Gasglühlicht ließ ich Reguliervorrichtungen anbringen, mittels deren die Luftzufuhr so geregelt werden konnte, daß die Emission der Strümpfe einen Maximalwert erhielt.

---

[1]) E. Köttgen, Wied. Ann. 53, S. 793. 1894.

Das Photometer.

Um die Stelle gleicher Schwärzung aufzufinden, wandte ich folgendes Verfahren an: Auf einen Bogen matten schwarzen Papiers klebt man einen etwa 1 mm breiten Streifen weißen Papiers und benuzt diesen wie einen leuchtenden Spalt, indem man die photographische Platte darüber legt. Wie schon erwähnt war auf jeder derselben die Skala unten und oben aufgenommen. Die Platte erhält nun eine solche Lage, daß derselbe Teilstrich der oberen und der unteren Skala mit dem weißen Streifen zusammenfällt. Dadurch befinden sich bei den sechs Spektralphotographien dieselben Wellenlängen unter demselben und durch Vergleichung der Aufnahmen miteinander kann dann leicht die Stelle gleicher Schwärzung für eine bestimmte Wellenlänge gefunden werden. Mit Vorteil verwendet man zur Auffindung dieser Stelle eine Lupe.

Die der Gleichheitsstelle entsprechende Wellenlänge wurde der Eichungskurve der Skala (s. u.) entnommen.

Berechnung.

Ist zur Erzielung gleicher Schwärzung auf der photographischen Platte ein Verhältnis der Spaltbreiten $b_1 : b_2$ nötig, so besteht zwischen den Intensitäten I_1 und I_2 der beiden Lichtquellen die Beziehung:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{b_2}{b_1}$$

Nun sind aber die Spaltbreiten den zugehörigen Umdrehungen der Mikrometerschrauben U direkt proportional, so daß, wenn ϱ den Proportionalitätsfaktor bedeutet,

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\varrho \cdot U_2}{\varrho \cdot U_1} = \frac{U_2}{U_1}$$

wird.

Nennen wir die Intensität der einen Lichtquelle $A\lambda$, die der anderen, welche damit verglichen wird, $B\lambda$, für die Wellenlänge λ, so ist für diese Wellenlänge:

$$\frac{A\lambda}{B\lambda} = \frac{U_2,\lambda}{U_1,\lambda}$$

Bedeutet λ_0 eine Wellenlänge, für die man bei jeder Lampe die Gleichheitsstelle bestimmt, so kann man bilden:

$$\frac{\frac{A\lambda}{B\lambda}}{\frac{A\lambda_o}{B\lambda_o}} = \frac{\frac{U_2,\lambda}{U_1,\lambda}}{\frac{U_2,\lambda_o}{U_1,\lambda_o}} = \frac{U_2,\lambda \cdot U_1,\lambda_o.}{U_2,\lambda_o \cdot U_1,\lambda.}$$

Da aber für eine Untersuchung U_1 = Konstans ist, so folgt:

$$\frac{\frac{A\lambda}{B\lambda}}{\frac{A\lambda_o}{B\lambda_o}} = \frac{U_2,\lambda.}{U_2,\lambda_o.}$$

Das Verhältnis wird also für $\lambda = \lambda o$ gleich 1 für alle Lichtquellen. Nach dem Vorgange E. Köttgens[1]) wurde λo zu 590 $\mu\mu$ genommen.

In der angegebenen Weise wurden die Helligkeiten der verschiedenen Strahlen der untersuchten Lichtquellen verglichen mit der entsprechenden Helligkeit der Auerlampe als Vergleichslampe. Um die Resultate auf die Helligkeit der Hefnerlampe umzurechnen, dient der Ausdruck:

$$\frac{\text{Helligkeit einer Lichtquelle}}{\text{Helligkeit der Hefnerlampe}} = \frac{\text{Helligkeit derselben Lichtq.}}{\text{Helligkeit d. Auerlampe}} \times \frac{\text{Helligk. d. Auerlampe}}{\text{Helligk. d. Hefnerlampe}}$$

Eichung der Skala in Bezug auf Wellenlängen.

Die Eichung für den sichtbaren Teil des Spektrums war die gewöhnliche.

Um die Skala für den ultravioletten Teil des Spektrums zu eichen, wurde das Kadmiumspektrum bei verschlossenem unterem Spalte aufgenommen, so daß die Cd-Linien den oberen Teil des Gesichtsfeldes erfüllten. Die Skala wurde dann darunter aufgenommen. Die Wellenlängen der Hauptlinien des Cd-Spektrums wurden den Ederschen Spektraltafeln entnommen. Mit Hilfe eines Zeißschen Komparators wurden die den bekannten Cd-Linien entsprechenden Skalenteile festgestellt.

---

[1]) E. Köttgen, Wied. Ann, 53 p. 793. 1894.

Die Eichungskurve wurde gezeichnet, indem die Skalenteile als Abscissen und die ihnen entsprechenden Wellenlängen als Ordinaten aufgetragen wurden.

Bestimmung der relativen Helligkeit.

Die nach der oben beschriebenen Methode berechneten relativen Helligkeiten sind in den folgenden Tabellen wiedergegeben. Dabei bezeichnen λ die Wellenlänge, x die relative Helligkeit der Lichtquellen bezogen auf die Auerlampe (Fig. 1), y die relative Helligkeit derselben bezogen auf die Hefnerlampe als Vergleichslampe (Fig. 2). Die Kurven sind in der Weise gezeichnet, daß die Wellenlängen als Abscissen und die ihnen entsprechenden relativen Helligkeiten als Ordinaten aufgetragen sind. Da für $\lambda = 590\ \mu\mu$ die relative Helligkeit aller Lampen gleich 1 ist, so schneiden sich alle Kurven in einem Punkte.

Die Kurven tragen die Nummern der ihnen entsprechenden Tabelle.

Wenn manche Tabellen umfangreicher sind als andere, so kommt das daher, daß wegen Schwierigkeiten nicht bei allen Strümpfen für die gleiche Zahl von Wellenlängen gemessen werden konnte.

Tabelle I.

Auerstrumpf.

λ	x	y
625		0,80
590		1,0
550		1,30
518		1,60
494		1,89
474		2,15
456		2,43
439		2,70
424		2,95
410		3,21
398		3,43
387		3,63
376		3,83
367		4,0

Tabelle II.
Nernstlampe.

λ	x	y
625	1,18	0,94
590	1,0	1,0
550	0,85	1,11
518	0,79	1,26
494	0,79	1,47
474	0,80	1,70
456	0,81	1,96
439	0,83	2,23
424	0,85	2,51
410	0,88	2,82
398	0,92	3,16
387	0,96	3,52
376	1,02	3,91
367	1,08	4,32

Tabelle III.
Cerofirmstrumpf.

λ	x	y
625	0,99	0,78
590	1,0	1,0
550	1,02	1,32
518	1,03	1,65
494	—	—
474	1,05	2,28
456	—	—
439	1,07	2,89
424	—	—
410	1,10	3,52
398	—	—
387	1,12	4,06
376	—	—
367	1,14	4,56

Tabelle IV.
Strumpf Nr. 1. (100 % Thornitrat.)

λ	x	y
625	1,09	0,88
590	1,0	1,04
550	0,91	1,16
518	0,85	1,31
494	0,90	1,72
474	1,08	2,33
456	1,33	3,22
439	1,60	4,34
424	1,88	5,53
410	2,22	7,12
398	2,60	8,9
387	3,03	11,05
376	3,46	13,2
367	4,15	16,6

Tabelle V.

Strumpf Nr. 2. (100 % Cernitrat.)

λ	x	y
625	1,49	1,19
590	1,0	1,0
550	0,63	0,82
518	0,43	0,69
494	0,33	0,61
474	0,26	0,55
456	0,20	0,50
439	0,17	0,46
410	0,13	0,42

Tabelle VI.

Strumpf Nr. 3. (50 % Thornitrat und 50 % Cernitrat.)

λ	x	y
625	1,27	1,02
590	1,0	1,0
550	0,73	0,95
518	0,54	0,86
494	0,42	0,79
474	0,34	0,73
456	0,28	0,68
439	0,23	0,62
424	0,19	0,57
410	0,16	0,53
398	0,14	0,48
387	0,12	0,44

Tabelle VII.

Strumpf Nr. 4. (99 % Thornitrat und 1 % Cernitrat.)

λ	x	y
625	1,02	0,82
590	1,0	1,0
550	0,98	1,27
518	0,96	1,54
474	0,93	2,0
439	0,91	2,46
410	0,89	2,86
387	0,88	3,19
367	0,87	3,48

Tabelle VIII.

Strumpf Nr. 5. (97,5 % Thornitrat, 1 % Cernitrat und 1,5 % Beryllnitrat.)

λ	x	y
625	1,01	0,80
590	1,0	1,0
550	0,99	1,28
518	0,98	1,57
494	0,96	1,80
474	0,93	2,0
456	0,90	2,19
439	0,87	2,35
424	0,84	2,49
410	0,81	2,60
398	0,79	—
387	0,76	2,76
376	0,73	—
367	0,70	2,87

Fig. 1.

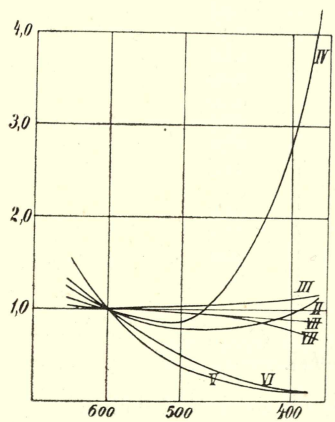
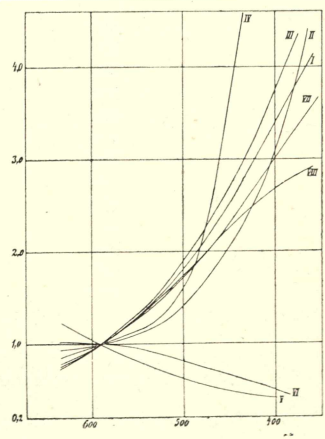


Fig. 2.



Aus den Tabellen und den zugehörigen Kurven (Fig. 1 und 2) geht zunächst hervor, daß die Strahlung des Auerschen Glühstrumpfes (Tab. I) äußerst reich ist an sichtbaren Strahlen.

Die Nernstlampe (Tab. II) besitzt ein Minimum bei 500 $\mu\mu$ und steigt dann stetig gegen das Blau an. Ihr Spektrum zeigt sich jedoch auch noch recht intensiv im sichtbaren Teile.

Der Cerofirmstrumpf (Tab. III) sendet bei ebenso gleichmäßiger Verteilung auf die einzelnen Teile des Spektrums noch

etwas mehr Licht aus als der Auersche Glühstrumpf. Vor der Untersuchung hatte derselbe etwa 50 Stunden gebrannt. Seine Helligkeit war anfangs etwas kleiner als die des Auerschen Glühstrumpfes, nahm aber mit der Brennzeit stetig zu.

Der Glühstrumpf No. 1 (Tab. IV) zeigt ähnlich der Nernstlampe ein Minimum bei 518 $\mu\mu$ und steigt dann schnell gegen das Blau an. Sein Spektrum ist besonders reich an violettem Lichte, was schon die blaue Färbung erkennen läßt.

Dagegen ist das Spektrum der Glühstrümpfe No. 2 und No. 3 (Tab. V und VI) sehr arm an grünem und blauem Lichte. Besser steht es mit den Strümpfen No. 4 und No. 5 (Tab. VII und VIII), doch bleibt ihre Helligkeit weit hinter der des Auerschen Glühstrumpfes zurück.

Vergleicht man die Glühstrümpfe ihrer Zusammensetzung nach, so folgt, daß die Strahlung des Strumpfes, der reines Cernitrat enthält (Strumpf No. 2), am ungünstigsten ist. Setzt man Thornitrat zu, dann wächst die Strahlung stetig mit dem Prozentgehalte an Thornitrat, bis sie etwa bei einer Mischung von 99,4 % Thornitrat und 0,6 % Cernitrat ein Maximum erreicht. Diese Zusammensetzung wird bei der Herstellung der Auerschen Glühstrümpfe gewählt, indem zu 1 g Thornitrat 6 mg Cernitrat genommen werden[1]).

Zur Verwendung in der Praxis eignen sich von den untersuchten Lichtarten also nur der Cerofirmstrumpf, der Auersche Glühstrumpf und die Nernstlampe.

Glühstrumpf No. 1 ist trotz seiner großen Helligkeit im Blau zu Beleuchtungszwecken nicht zu verwerten, weil bei seiner Armut an gelben und grünen Strahlen die blauen so überwiegen, daß sein Licht ganz blau erscheint.

II. Teil.

Über die Lichtemission von Thoroxyd, Ceroxyd und deren Mischungen bei verschiedenen Temperaturen.

Vorbemerkung.

Herr John[2]) hat die Strahlung verschiedener Substanzen, darunter die von Thor und Cer in der Form von Oxyden, untersucht.

---

[1]) Hartleben, Das Gasglühlicht, Chem.-Tech. Bibl. Wien 1901.

[2]) John, Wied. Ann. 56, S. 433. 1895.

Das Verfahren, das er dabei anwandte, bestand darin, daß er die eine Seite eines dünnen Platinbleches etwa mit Thoroxyd bedeckte, die andere dagegen unbestrichen ließ. Durch den elektrischen Strom brachte er dieses Blech zum Glühen und verglich die Emission der überstrichenen Fläche mit derjenigen der nicht überstrichenen für verschiedene Wellenlängen mittels spektraler Zerlegung. Das Platinblech war dabei zwar gegen äußere Luftströmungen geschützt, aber es wurde im lufterfüllten Raume geglüht, wodurch die Konvektionsströme nicht vermieden waren. Ich entschloß mich daher, die Versuche von John in der Weise zu wiederholen, daß ich zur Vermeidung der Konvektionsströme das Platinblech im luftleeren Raume glühte und dasselbe auf der einen Seite von der Mitte aus mit den zu untersuchenden Oxydschichten bedeckte. So konnte die Emission der beiden aneinander grenzenden Flächen untersucht werden. Ich legte auch Wert darauf, die Emission für verschiedene Temperaturen zu prüfen.

Zur Untersuchung gelangten Thoroxyd, Ceroxyd, dann zwei Mischungen beider, die erste bestehend aus 10 Teilen Thoroxyd und 1 Teil Ceroxyd, die zweite aus 1 Teil Thoroxyd und 10 Teilen Ceroxyd, und endlich zum Vergleiche damit noch Calcium- und Eisenoxyd.

Prinzip der Methode.

Das Prinzip der von mir angewandten Methode ist folgendes:

Das Platinblech, mittels dessen die Emission der erwähnten Oxyde geprüft werden soll, wird so vor den Doppelspalt des Spektralapparates gebracht, daß die Grenze zwischen der bestrichenen und der unbestrichenen Fläche mit der Mitte des Spaltes zusammenfällt. Die unbestrichene Fläche dient als Vergleichslicht. So hat man die beiden Spektren unmittelbar übereinander. Nun wird das Beobachtungsfernrohr auf den Spektralbereich, in dem man messen will, eingestellt und durch Veränderung der Spaltbreite gleiche Helligkeit herbeigeführt. Hieraus läßt sich die relative Helligkeit des bestrichenen und nicht bestrichenen Platinbleches bestimmen. Aus den diese Größen enthaltenden Tabellen werden Helligkeitskurven wie früher konstruiert.

Versuchsanordnung.

Die Versuchsanordnung war folgende:

Benutzt wurde derselbe Spektralapparat mit denselben Einrichtungen wie oben. Das verwendete Platinblech war 4 mm lang, 6,5 mm breit und 0,03 mm dick. Bei diesen Dimensionen war dann der Widerstand desselben so groß, daß noch Messungen für hinreichend hohe Temperaturen gemacht werden konnten.

Die Oxydschicht wurde in der Weise aufgetragen, daß die in destilliertem Wasser gelösten Nitrate mit einem Pinsel vorsichtig aufgestrichen wurden. Das Platinblech wurde nach jedem Überstreichen in die Flamme des Bunsenbrenners gehalten, wobei sich das Nitrat in Oxyd verwandelte.

Die ersten Versuche wurden mit einer durch viermaliges Überstreichen erhaltenen Thoroxydschicht angestellt und mit einer durch 6, 10 und 25maliges Überstreichen erhaltenen wiederholt. Nach 6maligem Überstreichen zeigte sich das Maximum[1]) der Emission, von da an nahm sie stetig ab und hatte daher bei 25 maligem Überstreichen einen kleineren Wert. Auch bei den meisten anderen Oxyden wurden Versuche bei 6 und 25 maligem Überstreichen angestellt; bei Calcium- und Eisenoxyd wurden dagegen nur Schichten untersucht, welche durch 25 maliges Überstreichen erhalten worden waren.

Um die Spektren scharf übereinander zu bekommen, war in den Strahlengang eine Quarzlinse eingeschaltet, welche ein Bild von dem Platinblech auf dem Spalte entwarf, so daß die Trennungslinie im Spektrum mit der Grenze auf dem Platinblech zusammenfiel.

Um das Platinblech im luftleeren Raume zu glühen, benutzte ich eine Röhre, wie sie von E. Wiedemann[2]) angegeben und in der Fig. 3 dargestellt ist.

Durch den Schliff *a* war ein Messingstab hindurchgeführt und luftdicht angekittet. Das obere Ende diente zur Zuführung des Stromes. Am anderen Ende hing das Platinblech in eine Klemme *b* fest eingespannt, frei herunter, wodurch die sonst bei der Erwärmung eintretende Krümmung desselben vermieden

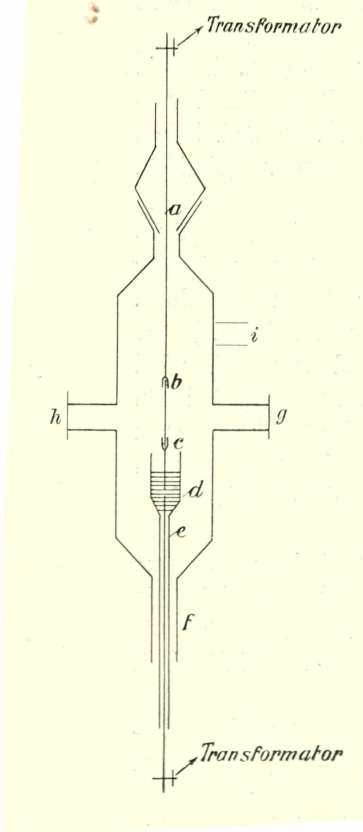
---

[1]) John, Wied. Ann. 56, S. 433. 1895.

[2]) E. Wiedemann, Wied. Ann. 37, S. 196. 1889.

wurde. Das andere Ende des Platinbleches war in eine ebensolche Klemme *c* eingespannt, welche durch einen frei herunterhängenden Kupferdraht mit dem Quecksilbernäpfchen *d* leitend verbunden war. An das Näpfchen war eine Glasröhre *e* angeschmolzen, welche durch das am unteren Ende der Röhre befindliche Ansatzrohr *f* hindurchgleiten konnte. Durch die Glasröhre *e* hindurch übermittelte ein Kupferdraht den Kontakt mit dem Quecksilber. Das Näpfchen *d* mit der angeschmolzenen Röhre *e* konnte durch die Öffnung bei *a* in die Röhre gebracht werden.

Fig. 3.



In der Mitte der Röhre, einander gegenüber, befanden sich zwei Ansatzrohre *g* und *h*. An das eine war ein Glasfenster, an das andere ein Quarzfenster luftdicht angekittet. Das erste diente zur Messung der Temperatur, durch das zweite gelangten die Strahlen zum Spektralapparat. Die beiden Fenster und das Platinblech standen immer parallel zueinander. Außerdem war die überstrichene Seite dem Quarzfenster zugewendet, um allenfalls Messungen im Ultraviolett machen zu können. Das Ansatzrohr *i* diente zum Evakuieren.

Den Strom lieferte ein Transformator, der von einer Wechselstrommaschine gespeist wurde. Die Anzahl der primären Windungen war 410, die der sekunräden 17.

Im Stromkreis des Transformators lag außerdem ein Kurbelrheostat, bei dessen Änderung man verschiedene Temperaturen erhielt.

Die Temperatur des Platinbleches wurde mit einem von mir nach den Angaben von Holborn und Kurlbaum[1]) zu-

---

[1]) L. Holborn und F. Kurlbaum, Ann. d. Phys. 10, S. 225. 1903.

sammengesetzten optischen Pyrometer bestimmt. Das Objektiv eines Fernrohrs hatte eine Brennweite von 9 cm, das Okular eine solche von 5 cm. Durch eine seitliche Öffnung konnte eine Glühlampe von 6 Volt Spannung in das Fernrohr eingeführt werden. Auf den Faden der Glühlampe, dessen Ebene senkrecht stand zur Achse des Fernrohres, war das Okular scharf eingestellt. Dann wurde das Platinblech durch Nähern oder Entfernen des Stativs, auf dem das Fernrohr stand, in die deutliche Sehweite gebracht. Dabei stand die Achse des Fernrohres senkrecht zur Ebene des Platinbleches. Außerdem erhielt das Fernrohr eine solche Stellung, daß der zum Messen verwendete Teil des Fadens mit der Mitte des Platinbleches sich deckte.

In den Kreis der Glühlampe war ein Ampèremeter und ein Schieberwiderstand eingeschaltet. Das Ampèremeter gestattete Ablesungen bis auf 0,01 Ampère genau und war nach einer weiter unten beschriebenen Methode für verschiedene Temperaturen des Platins geeicht.

Die Temperatur des Platinbleches bestimmt man in der Weise, daß man so viel Widerstand im Stromkreise der Glühlampe ausschaltet, bis die Helligkeit des Glühlampenfadens nicht mehr unterschieden werden kann von der Helligkeit der leuchtenden Platinfläche. Für diese Stellung liest man die Zahl der Ampères ab. Die Eichungskurve für das Ampèremeter gibt dazu die Temperatur.

Um die Messungen in den einzelnen Teilen des Spektrums zu erleichtern, befand sich im Beobachtungsfernrohr an Stelle des Fadenkreuzes eine enge Blende, welche wie das Fadenkreuz auf den Teilstrich eingestellt wurde, bei dem man messen wollte.

Zur Bestimmung der relativen Helligkeiten diente, wie erwähnt, das Vierordtsche Photometer unter Benutzung der im ersten Teile angegebenen Formel. Da aber nur der sichtbare Teil des Spektrums untersucht wurde, so wurden keine photographischen Aufnahmen gemacht.

Die Helligkeitskurven wurden in der oben angegebenen Weise gezeichnet.

Eichung des Ampèremeters für Temperaturen.

Zur Eichung des Ampèremeters in Bezug auf Temperaturen wurde eine Nullmethode benutzt. Die Versuchsanordnung war folgende:

Den einen Stromkreis bildet ein Thermoelement, verbunden durch den Widerstand von 1 Ohm mit einem Galvanometer, den anderen ein doppelzelliger Akkumulator, ein Unterbrecher, ein Milliampèremeter, derselbe Widerstand von 1 Ohm, ein großer und ein kleiner Schieberrheostat.

Das Thermoelement verdankte ich der Güte des Herrn Dr. A. Wehnelt. Dasselbe bestand aus einem Platin-Rhodiumdrahte und war in der physikalisch-technischen Reichsanstalt geeicht worden für verschiedene Temperaturen bezogen auf Milliampères bei der oben gegebenen Versuchsanordnung. Hieraus wurde dann die Eichungskurve für das Thermoelement gezeichnet, indem die Temperaturen als Abscissen und die ihnen entsprechenden Milliampères als Ordinaten aufgetragen wurden. Um eine möglichst genaue Temperaturangabe zu bekommen, war der Platin-Rhodiumdraht zwischen zwei Platinfolien so hindurchgezogen, daß die Lötstelle möglichst in die Mitte zu liegen kam.

Die Platinfolien befanden sich in einer zum Evakuieren hergerichteten Röhre von ähnlicher Beschaffenheit wie die S. 19 beschriebene. Das Thermoelement wurde durch seitliche Ansätze in der Mitte der Röhre in dieselbe eingeführt. Den Strom lieferte derselbe Transformator wie oben. Auch der Widerstand war derselbe.

Wurden nun die Platinfolien erwärmt, so gab das Galvanometer einen Ausschlag, der aber durch die elektromotorische Kraft des Akkumulators kompensiert wurde. Der große Widerstand diente zur groben, der kleine zur feinen Einstellung.

Auf die eine der beiden Platinfolien war nun wieder das oben erwähnte optische Pyrometer eingestellt und auch hier wurde wieder gleiche Helligkeit zwischen dem Glühlampenfaden und der leuchtenden Platinfläche herbeigeführt. Darauf wurden die Milliampères, die zur Kompensation notwendig waren, abgelesen. Aus der Eichungskurve für das Thermoelement ergab sich dann die zugehörige Temperatur. Hierauf wurden die Ampères

abgelesen, welche durch die Glühlampe hindurchgingen. Aus dieser Beziehung zwischen Ampère und Temperatur wurde dann die Eichungskurve für das Ampèremeter gezeichnet, indem die Temperaturen als Abscissen und die zugehörigen Ampères als Ordinaten aufgetragen wurden.

Bestimmung der relativen Helligkeit.

Die Tabellen sind in der Weise angeordnet, daß λ die Wellenlänge, x, y, z die relativen Helligkeiten bezeichnen, wie sie den Temperaturen 1050°, 1250° und 1500° entsprechen.

Die Kurven sind in der Weise gezeichnet, daß die Wellenlängen als Abscissen und die ihnen entsprechenden Helligkeiten als Ordinaten aufgetragen sind. Da aber alle gleichen Verlauf zeigen, so begnügte ich mich damit, hier nur drei wiederzugeben, so wie sie aus der Tabelle A IV hervorgehen. (Fig. 4.)

Tabelle A.

Thoroxyd.

I. Blech 4mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,95	0,88	0,82
632	0,97	0,93	0,90
590	1,0	1,0	1,0
554	1,04	1,06	1,10
522	1,09	1,13	1,22
497	1,14	1,21	1,35
476	—	1,30	1,48

II. Blech 6mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,91	0,85	0,80
632	0,95	0,92	0,88
590	1,0	1,0	1,0
554	1,05	1,08	1,14
522	1,11	1,18	1,29
497	1,18	1,29	1,42
476	—	—	1,58

III. Blech 10mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,95	0,92	0,85
632	0,97	0,95	0,91
590	1,0	1,0	1,0
554	1,04	1,06	1,11
522	1,09	1,13	1,23
497	1,15	1,21	1,35
476	—	—	1,48

IV. Blech 25mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,98	0,94	0,90
632	0,99	0,97	0,94
590	1,0	1,0	1,0
554	1,03	1,05	1,08
522	1,06	1,10	1,16
497	1,09	1,16	1,24
476	—	—	1,33

Tabelle B.

Ceroxyd.

I. Blech 6mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,93	0,87	0,82
632	0,96	0,92	0,90
590	1,0	1,0	1,0
554	1,05	1,08	1,12
522	1,10	1,16	1,24
497	1,16	1,25	1,38
476	—	—	1,52

II. Blech 25mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,97	0,92	0,88
632	0,98	0,95	0,93
590	1,0	1,0	1,0
554	1,03	1,06	1,09
522	1,06	1,13	1,18
597	1,09	1,20	1,26
476	—	—	—

Tabelle C.

10 Teile Thoroxyd + 1 Teil Ceroxyd.

I. Blech 6mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,93	0,90	0,82
632	0,96	0,94	0,90
590	1,0	1,0	1,0
554	1,04	1,07	1,11
522	1,09	1,15	1,24
497	1,15	1,24	1,37
476	—	—	1,51

II. Blech 25mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,96	0,93	0,88
632	0,98	0,96	0,92
590	1,0	1,0	1,0
554	1,04	1,06	1,11
522	1,09	1,13	1,22
497	1,14	1,20	1,33
476	—	—	—

Tabelle D.

1 Teil Thoroxyd + 10 Teile Ceroxyd.

I. Blech 6mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,90	0,84	0,77
632	0,95	0,91	0,88
590	1,0	1,0	1,0
554	1,05	1,10	1,14
522	1,11	1,21	1,30
497	1,19	1,31	1,44
476	—	—	1,58

II. Blech 25mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,97	0,94	0,90
632	0,98	0,96	0,94
590	1,0	1,0	1,0
554	1,04	1,06	1,08
522	1,09	1,12	1,18
497	1,14	1,19	1,27
476	—	—	—

Tabelle E.

Calciumoxyd.

Blech 25mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,96	0,94	0,90
632	0,98	0,96	0,94
590	1,0	1,0	1,0
554	1,03	1,06	1,10
522	1,06	1,13	1,20
497	1,10	1,19	1,30
476	—	—	—

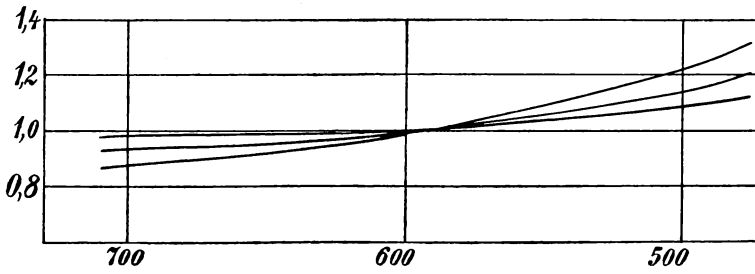
Tabelle F.

Eisenoxyd.

Blech 25mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,95	0,90	0,85
632	0,97	0,94	0,90
590	1,0	1,0	1,0
554	1,06	1,09	1,13
522	1,13	1,19	1,26
497	1,21	1,29	1,38
476	—	—	—

Fig. 4.



Resultat.

Aus den Zahlen und Kurven folgt, daß, wenn wir die relative Helligkeit für $\lambda = 590\ \mu\mu$ gleich 1 setzen, die Emission in dem Blau größer ist als in dem Rot. Es läßt sich dies vielleicht auf eine allgemeine nach dem Blau zunehmende Ab-

sorption zurückführen. In der Tat fand ich, ähnlich wie andere, daß Cer- und Thorsulfat im Violett und besonders im Ultraviolett sehr große Absorption zeigen. Ich prüfte die Absorption in der Weise, daß ich vom Kadmiumfunken ein Spektrum auf einem fluoreszierenden Schirme entwarf und in den Strahlengang einmal eine mit Thor- oder Cersulfat gefüllte Röhre brachte, dann eine ebensolche, welche destilliertes Wasser enthielt. Doch müssen die Schichtdicken ziemlich groß gewählt werden, wenn sich die erwartete Absorption deutlich zeigen soll.

Sehr eigen ist, daß der Verlauf der Kurven bei allen Oxyden der gleiche ist. Die selektive Emission bei den Glühstrümpfen zeigt sich also bei dieser Versuchsanordnung nicht. Es dürfte dieselbe im ersten Falle auf einer besonderen Art der Verteilung der Oxyde beruhen.

Zum Schlusse sei es gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. E. Wiedemann, für die Anregung zu dieser Arbeit und seine vielseitige Unterstützung meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Auch den Herren Professor Dr. G. C. Schmidt, Dr. A. Wehnelt und Dr. Reiger fühle ich mich für ihre liebenswürdige Hilfe zu großem Danke verpflichtet.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: 36

Autor(en)/Author(s): Hofmann Joseph

Artikel/Article: Über die Emission von Oxyden 108-129