

**5. Über die Absorption des Lichtes
in den mit Metaldampf gefärbten Flammen;
von J. Stscheglayew.**

Zweck der Arbeit ist eine Untersuchung der Absorption, welche Strahlen von einer bestimmten Wellenlänge in einer mit Metaldampf gefärbten Gasflamme, wenn die letzte homogenes Licht von derselben Wellenlänge aussendet, erleiden.

In welchem Grade folgt diese Absorption dem Kirchhoffschen Gesetz?

Nach dem Kirchhoffschen Gesetz ist das Verhältniß der Emission eines Körpers zu dessen Absorption für eine bestimmte Wellenlänge die Funktion der Temperatur allein; es ist gleich der Emission des schwarzen Körpers bei derselben Temperatur und für dieselbe Wellenlänge

$$\frac{E}{A} = e.$$

Wenn die Absorption in den Flammen dem Kirchhoffschen Gesetz folgt, so soll dies Verhältniß mit der Temperatur sich ebenso ändern, wie die Strahlung eines schwarzen Körpers, für eine bestimmte Wellenlänge, mit der Temperatur sich ändert.

Die Abhängigkeit der Strahlung des schwarzen Körpers von der Temperatur ist von W. Wien¹⁾ in der Form

$$(1) \quad J = c_1 \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T}}$$

gegeben, wo J die Intensität der Strahlung, λ die Wellenlänge, T die absolute Temperatur und c_1 , c_2 Konstanten sind.

Wenn man die Formel (1) logarithmiert, so hat man:

$$(2) \quad \log J = \beta - \gamma \frac{1}{T},$$

d. h. $\log J$ ist eine lineare Funktion von $1/T$.

1) W. Wien, Wied. Ann. 58. p. 662. 1896.

Wenn man also $1/T$ als Abszissen und $\log J$ als Ordinaten aufträgt, so bekommt man eine gerade Linie, aus deren Neigungskoeffizient die Konstante c_2 sich berechnen läßt.

Die experimentelle Prüfung dieser Formel wurde für das sichtbare Spektrum von Wanner¹⁾ unternommen. Er hat sie vollkommen bestätigt gefunden und die Konstante c_2 aus den Messungen mit verschiedenen Wellenlängen zu 14550 berechnet. In unserem Falle, wenn das Kirchhoffsche Gesetz auf die Flammen anwendbar ist, muß das Verhältnis der Emission zur Absorption nach derselben Formel (2) sich ändern und die aus dem Neigungskoeffizient dieser Geraden berechnete Konstante c_2 soll denselben Wert haben, wie er von Wanner für den schwarzen Körper berechnet wurde.

Ich dachte zuerst eine Bogenlampe als primäre Lichtquelle zu benutzen und die Absorption, welche das in ein kontinuierliches Spektrum zerlegte Licht derselben in einer farbigen Flamme erleidet, messend zu verfolgen. Die, sogar mit Gleichstrom gespeiste, Bogenlampe hat sich aber für längere Versuchsdauer nicht konstant genug erwiesen und außerdem ließ sich die Absorption im kontinuierlichen Spektrum nur bei äußerst kleiner Spaltbreite beobachten; sie trat dann aber in Form einer Inversionlinie auf; die Vergleichung der Intensitäten einer schmalen Linie mit einem ebenso schmalen Spektralstreifen einer Vergleichslampe war sehr erschwert. Ich mußte daher als primäre Lichtquelle auch eine farbige Flamme mit homogenem Licht nehmen und konnte auf diese Weise mit viel größeren Spaltbreiten arbeiten. Zunächst brauchte ich solche farbige Flammen, welche bei gleichmäßiger Färbung längere Zeit ihre Form und Intensität konstant behalten. Die Flamme des Bunsenbrenners, sei sie wie gewöhnlich, mit Salzperle, oder nach Beckmannscher Methode²⁾ gefärbt, läßt keine photometrische Beobachtungen zu, da ihre Intensität sich fortwährend ändert. Ich habe eine Methode zur Herstellung der farbigen Flammen angegeben³⁾, welche allen

1) H. Wanner, *Ann. d. Phys.* 2. p. 141. 1900.

2) E. Beckmann, *Zeitschr. f. phys. Chem.* 34. p. 595; 35. p. 443 u. 652. 1900.

3) J. Stscheglayew, *Zeitschr. f. phys. Chem.* 39. p. 111. 1901.

meinen Forderungen genügende Flammen gibt. Sie besteht darin, daß eine Salzlösung durch einen gleichmäßigen Luftstrom unter dem Drucke von 60–80 mm Quecksilber zerstäubt wird und diese, mit Salzstaub gesättigte Luft, mit dem Leuchtgas gemischt, in einem engen Brenner verbrannt wird. Man erhält so eine Flamme, welche gleichmäßig gefärbt ist und deren Form und Intensität längere Zeit unveränderlich bleibt.

Es ergab sich aber im Laufe der Arbeit, daß nur die flüchtigsten Salze verwendet werden konnten; die weniger flüchtigen geben keine genügend große Intensität der Flamme, um die photometrischen Messungen mit Glanschem Spektrophotometer zu ermöglichen.

In folgendem wurden die mit beinahe gesättigten Natriumbromid- und Lithiumchloridlösungen gefärbten Flammen untersucht.

Die Versuchsanordnung war folgende. Vor dem Spalte eines Glanschen Spektrophotometers, 1 cm von demselben entfernt, war ein Schirm mit vertikalem, 7 mm langem und 1 mm breitem Spalte *S* befestigt (Fig. 1). Die erste Flamme (I) befand sich im Abstand von 8 cm von dem Spalte *S*, die zweite (II), in welcher die Absorption beobachtet wurde, stand unmittelbar vor demselben und konnte in vertikaler Richtung verschoben werden, so daß die Messungen in verschiedenen Teilen der Flamme vorgenommen werden konnten.

Es wurde die Lichtintensität, welche durch den Spalt *S* in das Spektrophotometer kam, gemessen und zwar 1. von der Flamme I allein (*J*), 2. von beiden Flammen, wobei die Strahlen von I die Flamme II durchsetzten. ($J + i - A$), wo *A* die Intensität ist, welche in der zweiten Flamme absorbiert wird und 3. von der Flamme II allein (*i*).

Ist φ der Winkel, um welchen das Nicolprisma des Apparates gedreht werden muß, um die gleiche Beleuchtung der beiden Hälften des Gesichtsfeldes zu bekommen, von der Stellung aus gerechnet, wo das Licht der Flamme ausgelöscht ist, so ist die Intensität der Flamme dem $\text{ctg}^2 \varphi$ proportional.

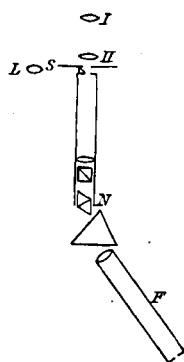


Fig. 1.

Es seien $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ die entsprechenden Winkel für die drei oben genannten Messungen, dann ist:

$$J = c \cdot \operatorname{ctg}^2 \varphi_1, \quad J + i - A = c \cdot \operatorname{ctg}^2 \varphi_2, \quad i = c \operatorname{ctg}^2 \varphi_3;$$

man bekommt hieraus:

$$A = c (\operatorname{ctg}^2 \varphi_1 + \operatorname{ctg}^2 \varphi_3 - \operatorname{ctg}^2 \varphi_2)$$

und die Absorption der Flamme II ist:

$$a = \frac{A}{J} = \frac{\operatorname{ctg}^2 \varphi_1 + \operatorname{ctg}^2 \varphi_3 - \operatorname{ctg}^2 \varphi_2}{\operatorname{ctg}^2 \varphi_1}.$$

Das gesuchte Verhältnis der Emission der zweiten Flamme zur Absorption derselben ist i/a .

In die Werte von J, i, A kommt ein Proportionalitätsfaktor c hinein, welcher von der Absorption im Apparate und von der Intensität der Vergleichsquelle abhängt; dagegen ist die Absorption a eine reine Zahl.

Das Verhältnis i/a wird folglich in einem bestimmten Maß ausgedrückt.

Als Vergleichsquelle diente eine (für 30 Volt Spannung) Glühlampe L , welche hinter einer Mattglasscheibe in 10 cm Entfernung von der Kollimatorachse seitlich stand, und das Licht durch ein kleines reflektierendes Prisma P in den Apparat schickte. Sie wurde mit Gleichstrom einer Akkumulatorenbatterie (12—14 Akkumulatoren) gespeist; ein regulierbarer Widerstand und ein Westonsches Ampèremeter erlaubten die Stromstärke von 0,8—1,0 Amp. bis 0,001 Amp. genau konstant zu halten; so war es möglich, die Beobachtungsergebnisse von verschiedenen Tagen miteinander zu vergleichen. Aus dem Spektrum dieser Lampe wurde mit der Okularblende ein möglichst enger Teil ausgeschnitten, welcher der stets zu untersuchenden Farbe der Flamme gleich war. Nach Schluß jeder photometrischen Beobachtungsreihe wurde in die absorbierende Flamme genau vor dem Spalte S ein Thermoelement hineingeschoben, so daß die Lötstelle möglichst auf der Achse der Flamme sich befand und die Temperatur in dem entsprechenden Querschnitte der Flamme gemessen.

Das Thermoelement wurde nach Le Chatelier aus 0,1 mm dünnen Pt- und 90 Proz. Pt- + 10 Proz. Rh-Drähten

gemacht, deren Enden fest miteinander gebunden waren, so daß die Verbindungsstelle einen ganz kleinen Knoten bildete. Die freien Enden wurden an starken Kupferdrähten angelötet und die Lötstellen standen in einem Petroleumbade, dessen Temperatur auch beobachtet wurde.

Die Messung der elektromotorischen Kraft geschah nach einer Kompensationsmethode in folgender Weise.¹⁾ In den Kreis eines kleinen Akkumulators sind ein Rheostat R , ein Widerstand $0,15\text{ Ohm}$, ein regulierbarer Widerstand W und ein Milliampèremeter M von Siemens & Halske eingeschaltet (Fig. 2). Im Nebenschluß zum Widerstand $0,15\text{ Ohm}$ liegt das Thermoelement T und das Spiegelgalvanometer G .

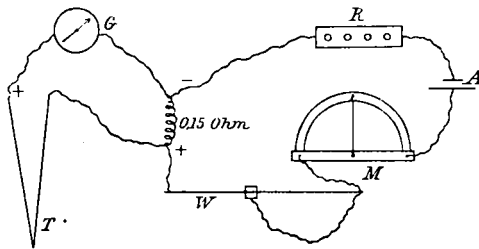


Fig. 2.

Reguliert man die Stromstärke i im Akkumulatorkreise so lange, bis das Galvanometer keinen Ausschlag zeigt, so ist die elektromotorische Kraft des Thermoelementes

$$E \text{ Volt} = i \text{ Amp.} \times 0,15 \text{ Ohm.}$$

Die Stromstärke i läßt sich bis $0,2\text{ Milliamp.}$ genau bestimmen, was der elektromotorischen Kraft von $0,0002 \text{ Amp.} \times 0,15 \text{ Ohm} = 30 \text{ Mikrovolt}$ entspricht; das entspricht aber der Temperaturänderung von ca. $2,5^\circ$.

Um die Angaben des Thermoelementes auszuwerten, wurde die elektromotorische Kraft bei den Schmelztemperaturen von Zn, Cu und Pt bestimmt und aus den erhaltenen Zahlen die drei Koeffizienten der quadratischen Formel

$$e = a + bt + ct^2$$

1) Vgl. St. Lindeek u. R. Rothe, Zeitschr. f. Instrumentenk. 20. p. 293. 1900.

2) L. Holborn u. A. Day, Ann. d. Phys. 2. p. 505. 1900.

berechnet, wo e die elektromotorische Kraft in Mikrovolt, t die Temperaturdifferenz der Lötstellen bedeutet.

Das in Asbestpappe eingebettete Thermoelement wurde in das im Tiegel geschmolzene Zink eingetaucht und der Ausschlag des Galvanometers mit vorgeschaltetem Widerstand von 100 Ohm jede $\frac{1}{2}$ Min. beobachtet; die Empfindlichkeit des Galvanometers betrug $1^{\circ} = 4,1 \cdot 10^{-7}$ Amp. Beim Schmelzen und Erstarren blieb der Ausschlag längere Zeit konstant. Es ergab sich für Temperaturdifferenz der Lötstellen von 382° die elektromotorische Kraft 2712 Mikrovolt. Um die elektromotorische Kraft bei Schmelztemperatur des Kupfers zu bestimmen, wurde nach Holborn und Day¹⁾ ein etwa 2 mm kurzes Stück Kupferdraht, von der Dicke 0,15 mm, zwischen den Drähten des Thermoelementes eingelötet, ein Tonrohr über die Lötstelle herüberschoben und diese mit dem Linnemannschen Sauerstoffbrenner so lange erhitzt, bis der Kupferdraht geschmolzen war; es wurde der Ausschlag des Galvanometers im Moment des Schmelzens beobachtet; so ergab sich für Temperaturdifferenz von 1048° die elektromotorische Kraft von 9280 Mikrovolt.

Endlich wurde die Lötstelle des nackten Thermoelementes mit einer Sauerstoffspitzflamme langsam und vorsichtig erhitzt, bis Platin geschmolzen war; für Temperaturdifferenz von 1760° ergab sich die elektromotorische Kraft von 17240 Mikrovolt.

Aus diesen drei Daten berechnen sich die oben genannten Koeffizienten zu:

$$a = -673, \quad b = 8,495, \quad c = 0,000956.$$

Aus der nach Formel

$$e = -673 + 8,495 t + 0,000956 t^2$$

konstruierten Kurve wurden dann Temperaturen für die beobachteten elektromotorischen Kräfte entnommen.

Es folgt als Beispiel eine vollständige Beobachtungsreihe für NaBr-Lösung.

1) L. Holborn u. A. Day, l. c.

Einstellungen des Nicols auf gleiche Beleuchtung auf beiden Seiten der Lage, wo das Flammenspektrum ausgelöscht ist.

Hintere Flamme I		Beide Flammen zusammen		Vordere Flamme II	
109,1°	39,8°	98,6°	49,5°	101,0°	48,2°
110,5	40,0	100,6	51,5	100,8	49,6
110,6	39,1	99,6	50,2	101,2	50,5
		100,1	49,8		49,5
Mittel 110,1°	39,6°	99,7°	50,2°	101,0°	49,4°
Differenz	70,5°	49,5°		51,6°	

$$\begin{aligned}
 \varphi_1 &= 35,25^\circ, & \varphi_2 &= 24,75^\circ, & \varphi_3 &= 25,8^\circ, \\
 \operatorname{ctg}^2 \varphi_1 &= 2,002, & \operatorname{ctg}^2 \varphi_2 &= 4,705, & \operatorname{ctg}^2 \varphi_3 &= 4,279, \\
 J &= c \operatorname{ctg}^2 \varphi_1, & J + i - A &= c \operatorname{ctg}^2 \varphi_2, & i &= c \operatorname{ctg}^2 \varphi_3. \\
 a = \frac{A}{J} &= \frac{\operatorname{ctg}^2 \varphi_1 + \operatorname{ctg}^2 \varphi_3 - \operatorname{ctg}^2 \varphi_2}{\operatorname{ctg}^2 \varphi_1} = \frac{2,002 + 4,279 - 4,705}{2,002} = 0,787. \\
 \frac{i}{a} &= c \cdot \frac{4,279}{0,787} = c \cdot 5,436.
 \end{aligned}$$

Stromstärke im Akkumulatorkreise $i = 112$ Milliamp.

112 Milliamp. $\times 0,15$ Ohm = 16800 Mikrovolt.

Entsprechende Temperaturdifferenz der Lötstellen = 1723°.

Temperatur der kalten Lötstellen = 19°.

Absolute Temperatur der heißen Lötstelle: $1723 + 19 + 273 = 2015^\circ$.

Die Temperaturbestimmungen aus der Messung der elektromotorischen Kräfte können als genügend genau angesehen werden. Da aber in einem Querschnitt der Flamme eine ungleichmäßige Temperaturverteilung herrscht, so kann man die erhaltenen Resultate nicht als vollständig genau annehmen. Die hier angegebene Methode, die Absorption zu bestimmen, ist ihrer Natur nach mit großen Fehlerquellen behaftet, was sich auch in den Beobachtungen ausspricht. Sie wurde erst gewählt, nachdem viele Versuche, eine genauere Bestimmungsart zu gewinnen, sich aus dem einen oder anderen Grunde als nicht durchführbar erwiesen hatten.

Es wurde deshalb das ganze Temperaturintervall von 286° , in das die Beobachtungen für die Na-Flamme fielen, in sechs Temperaturbereiche von $20\text{--}35^\circ$ geteilt und der Mittelwert der Temperatur und des Verhältnisses i/a für die in diese Bereiche fallenden Beobachtungen genommen. Die folgenden Tabellen enthalten die Beobachtungsergebnisse für Na-Flammen.

Na-Flammen.

Abs. Temp. 2027–2000°		Abs. Temp. 1993–1964°		Abs. Temp. 1915–1894°	
Abs. Temp.	$\frac{i}{a}$	Abs. Temp.	$\frac{i}{a}$	Abs. Temp.	$\frac{i}{a}$
2027	6,503	1993	4,161	1915	3,136
2014	5,667	1993	4,645	1912	3,250
2021	4,281	1985	5,174	1910	2,689
2015	5,436	1985	4,180	1907	3,034
2006	4,062	1980	4,437	1898	2,254
2005	4,548	1978	4,263	1894	2,473
2002	4,233	1978	4,107		
2002	4,189	1976	5,048		
2000	4,937	1973	3,550		
2000	3,774	1972	5,221		
		1965	3,859		
		1964	4,694		
Mittel 2009	4,837	1979	4,445	1903	2,806
$\frac{1}{T} \cdot 10^8 = 495$	$\log \frac{i}{a} = 0,685$	$\frac{1}{T} \cdot 10^8 = 505$	$\log \frac{i}{a} = 0,648$	$\frac{1}{T} \cdot 10^8 = 525$	$\log \frac{i}{a} = 0,448$

Abs. Temp. 1888–1853°		Abs. Temp. 1849–1827°		Abs. Temp. 1807–1778°	
Abs. Temp.	$\frac{i}{a}$	Abs. Temp.	$\frac{i}{a}$	Abs. Temp.	$\frac{i}{a}$
1888	2,664	1849	2,315	1807	1,705
1870	2,455	1845	1,647	1800	1,775
1859	1,893	1837	1,750	1794	1,398
1859	2,273	1827	1,692	1793	1,224
1853	2,057			1787	1,395
				1781	1,539
				1778	1,456
Mittel 1866	2,268	1839	1,851	1791	1,503
$\frac{1}{T} \cdot 10^8 = 536$	$\log \frac{i}{a} = 0,356$	$\frac{1}{T} \cdot 10^8 = 544$	$\log \frac{i}{a} = 0,267$	$\frac{1}{T} \cdot 10^8 = 559$	$\log \frac{i}{a} = 0,177$

Wenn man $\log i/a$ als Ordinaten und $1/T$ als Abszissen aufträgt, so bekommt man eine gerade Linie (Fig. 3). Sie ist aber zur Abszissenachse etwas mehr geneigt, als die derselben Wellenlänge entsprechende Isochromate für den schwarzen

Körper, und die Konstante c_2 der Wienschen Formel berechnet sich daraus zu 11832. Das Verhältnis i/a wächst also für Na-Flammen mit der Temperatur langsamer, als die Strahlung des schwarzen Körpers.

Die Beobachtungen in Li-Flammen mußten in noch kleinerem Temperaturintervall gemacht werden, da die Emission in kälteren Teilen der Flamme zu schwach war. Nichtsdestoweniger zeigt auch hier das Verhältnis

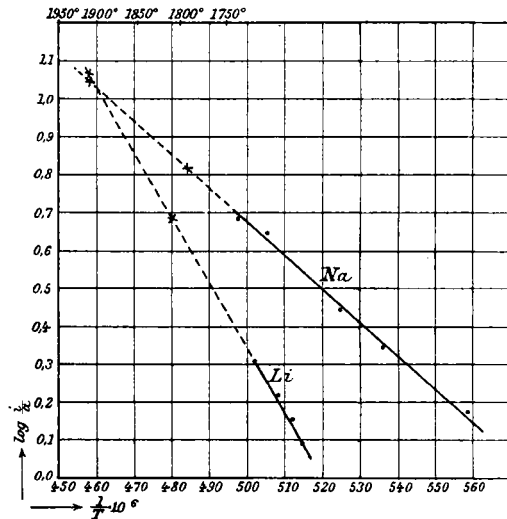


Fig. 3.

i/a eine sehr große Zunahme mit der Temperatur. — Die Beobachtungsergebnisse sind in folgenden Tabellen zusammengestellt:

Li-Flammen.

Abs. Temperatur 1996 – 1987 °		Abs. Temperatur 1972 – 1968 °		Abs. Temperatur 1955 – 1941 °		Abs. Temperatur 1897 – 1879 °	
Abs. Temp.	$\frac{i}{a}$	Abs. Temp.	$\frac{i}{a}$	Abs. Temp.	$\frac{i}{a}$	Abs. Temp.	$\frac{i}{a}$
1996	1,966	1972	1,536	1955	1,475	1897	0,849
1992	2,309	1971	1,753	1955	1,420	1883	0,920
1988	1,985	1969	1,769	1955	1,443	1879	0,816
1987	1,779	1969	1,602	$\frac{1}{T} \cdot 10^6$ = 511,5	$\log \frac{i}{a}$ = 0,161		
		1969	1,505				
		1968	1,640				
				1941	1,284		
				1941	1,191		
Mittel 1991	2,010	1970	1,634	1941	1,238	1886	0,860
$\frac{1}{T} \cdot 10^6$ = 502	$\log \frac{i}{a}$ = 0,303	$\frac{1}{T} \cdot 10^6$ = 508	$\log \frac{i}{a}$ = 0,213	$\frac{1}{T} \cdot 10^6$ = 515	$\log \frac{i}{a}$ = 0,093	$\frac{1}{T} \cdot 10^6$ = 530	$\log \frac{i}{a}$ = -0,065

Von den bei der niedrigsten Temperatur erhaltenen Resultaten abgesehen, wo wegen der schwachen Emission die Messungen sehr ungenau sind, ist auch hier $\log i/a$ eine lineare Funktion von $1/T$ (Fig. 3); aber diese Gerade steigt mit wachsender Temperatur viel steiler, als die entsprechende Isochromate für den schwarzen Körper, so daß für die Wiensche Konstante c_2 aus dieser Neigung zu hoher Wert 23000 berechnet werden könnte. Für Li-Flammen wächst also das Verhältnis i/a viel schneller mit der Temperatur, als die Strahlung des schwarzen Körpers.

Um die Beobachtungen auf noch höhere Temperaturen erweitern zu können, wurden die Flammen des Sauerstoff-

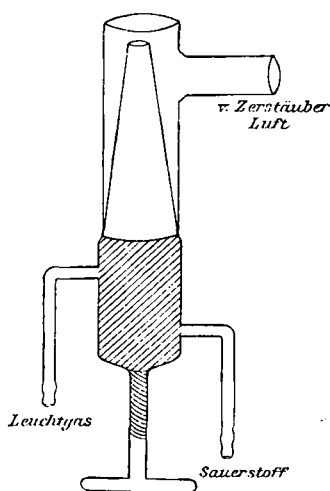


Fig. 4.

gebläses benutzt. Auf den Linne-mannschen Brenner wurde ein T -Rohr aufgesetzt (Fig. 4), in welches ein mit Salzstaub gesättigter Luftstrom aus dem Zerstäuber geblasen wurde. In solchen Flammen konnte man aber nicht die Temperatur direkt messen, da die meisten Teile derselben schon so heiß sind, daß das Platin des Thermoelementes schmilzt. Es wurden die photometrischen Messungen in den zwei Stellen dieser Flammen vorgenommen, wo dünner Platindraht und dünner Draht aus 30 Proz. Platin-Iridium-

Legierung eben zu schmelzen anfang. Diese Drähte, ebenso wie solche für Thermoelemente, wurden von der Firma W. C. Heräus in Hanau geliefert und die Schmelztemperatur für reines Platin zu 1780° , für Pt-Ir-Legierung zu 1900° von derselben angegeben.

Es ergaben sich folgende Zahlen für i/a :

Natrium		Lithium	
Pt-Schmelz- temperatur	Pt-Ir-Schmelz- temperatur	Pt-Schmelz- temperatur	Pt-Ir-Schmelz- temperatur
7,887	11,384	4,681	10,465
5,785	9,699	4,981	12,584
7,312	12,077	4,568	11,268
5,296	10,950	4,663	11,351
6,231	13,071	4,701	
	11,126		
	10,112		
Mittel 6,512	11,203	4,719	11,418
log = 0,513	log = 1,049	log = 0,674	log = 1,058

Wenn man die Logarithmen dieser Zahlen auf der Verlängerung der gefundenen Geraden aufträgt, so entsprechen die Punkte den Temperaturen in C.^o

	Na	Li	Mittel
Pt	1797°	1813°	1808°
Pt-Ir	1910°	1910°	1910°

Die Zahlen stimmen mit den Schmelztemperaturen von Pt- und Pt-Ir-Legierung — 1780° bez. 1900° ziemlich nahe überein.

Die vorliegende Untersuchung zeigt, daß das Kirchhoffsche Gesetz auf die monochromatischen Flammen, welche die leuchtenden Metaldämpfe enthalten, nicht anzuwenden ist.

Dieses Resultat ist zu erwarten, wenn man durch die Pringsheimschen¹⁾ Versuche als bewiesen annimmt, daß die Metaldämpfe nur zu leuchten im stande sind, falls eine chemische Reaktion vorhanden ist und die Erhöhung der Temperatur allein sie nicht zum Leuchten bringt. Denn das Kirchhoffsche Gesetz stellt die Bedingung, daß die Strahlung reine Temperaturstrahlung ist.

Es zeigt sich, daß die Änderung der Funktion $\log i/a$ mit der Temperatur in beiden untersuchten Fällen von der vom Kirchhoffschen Gesetz vorgeschriebenen in verschiedenen Richtungen abweicht. Während diese Funktion für Na-Flammen

1) E. Pringsheim, Wied. Ann. 45. p. 428. 1892.

mit der Temperatur langsamer zunimmt, als \log . der Strahlung des schwarzen Körpers, ist die Zunahme derselben für Li-Flammen eine erheblich schnellere, als für die entsprechende Isochromate des schwarzen Körpers. In beiden Fällen bleibt aber $\log i/a$ eine lineare Funktion von $1/T$.

In welcher Weise diese Tatsachen in Einklang mit der Theorie gebracht werden können, sollen die weiteren Untersuchungen der Strahlung von Metaldämpfen in Flammen aufklären.

St. Petersburg, 15. Februar 1903.

(Eingegangen 23. Mai 1903.)
