

**3. Rote Grenze und spektrale Verteilung
der Lichtelektrizität des Platins in ihrer
Abhängigkeit vom Gasgehalt;
von Rudolf Suhrmann.**

(Auszug aus der Dresdner Dissertation, Juni 1921.)

§ 1. Einleitung.

Bei der an Metallen beobachteten Lichtelektrizität spielen die Gase eine doppelte Rolle, wie es sich Hrn. Hallwachs seinerzeit, angeregt von einem Versuchsergebnis des Hrn. Lenard¹⁾, durch die Tatsache aufdrängte, daß frischgereinigte Metalloberflächen nach dem Verbringen in ein kleines, geschlossenes Gefäß eine Lichtelektrizität ergeben, die zuerst etwas ansteigt und erst später, nach Überschreiten eines Höchstwertes, langsam ins Abfallen kommt. Dies führte zu der Auffassung, daß zwar einerseits die sich allmählich auflagernde Gasschicht eine Elektronen *absorbierende* Wirkung ausübt, andererseits aber das Einlagern von Gasmolekülen zwischen die Metallatome eine die Elektronenabtrennung *befördernde*.²⁾ Diese Anschauung der primären Mitwirkung der aufgenommenen Gase beim lichtelektrischen Grundprozeß wurde durch eine Reihe von, bis auf eine, im hiesigen Physikalischen Institut durchgeführte Arbeiten³⁾ in ihren Konsequenzen mit positivem Ergebnis verfolgt. Den Abschluß erhielten diese Untersuchungen durch vier weitere im hiesigen Institut ausgeführte Arbeiten⁴⁾,

1) P. Lenard, Ann. d. Phys. 12. S. 490. 1903; vgl. auch W. Hallwachs, Lichtelektrizität § 34 b.

2) W. Hallwachs, Abhandlung d. Isis (Dresden) 1909, S. 70. Über die weitere Literatur vgl. W. Hallwachs, Deutsch. Phys. Ges. 14. S. 635. 1912.

3) Die Literatur ist zu ersehen aus den Zitaten der Arbeit von G. Wiedmann u. W. Hallwachs, Deutsch. Phys. Ges. 16. S. 107—120. 1914.

4) K. G. Kober (im Feld gefallen), Maximum der Lichtelektrizität als Funktion des Gasgehalts von Metall (W. Hallwachs, Phys. Zeitschr. 16. S. 95. 1915); F. Stumpf, Deutsch. Phys. Ges. 16. S. 989—994. 1914;

welche den von der Theorie geforderten Verlauf der Lichtelektrizität bei Entgasung der Metalle — nämlich zuerst ein Ansteigen bis zu einem Maximum, veranlaßt durch das Weggehen der auf der Oberfläche adhärierenden Gasschicht, dann Abnehmen der Lichtelektrizität bis auf schließlich sehr kleine Werte infolge Entfernung des absorbierten Gases — experimentell verwirklichten und gegen die mannigfachen in der lichtelektrischen Zelle auftretenden Fehlerquellen durch deren eingehende Untersuchung einwandfrei sicherstellten. Das Schlußergebnis war (Simon), daß mindestens 99,9 Proz. der für Platin bei Bestrahlung mit einer Quarz-Quecksilberlampe erhaltenen Lichtelektrizität der Mitwirkung absorbierten Gases verdankt wird.

Eine weitere Folge der Theorie war, daß beim Entgasen einer Metallplatte die rote Grenze der Lichtelektrizität zuerst, beim Weggehen der *adhärierenden* Schicht, welches durch Glühen verhältnismäßig leicht und schnell vor sich geht, zu größeren Wellenlängen sich verschieben, aber mit fortschreitender Abgabe des absorbierten Gases wieder zu kleineren Wellenlängen zurückweichen müßte. Da die experimentelle Prüfung dieser Folge das Arbeiten mit spektral zerlegtem und energetisch ausgewertetem Licht notwendig machte, ließ sich damit die Untersuchung der Einwirkung der Entgasung auf die Lichtelektrizität für verschiedene Wellenlängen verbinden, was zu einer Vertiefung der Erkenntnis der Gaswirkung führte und die Frage zu erörtern gestatten mußte, bis zu welchem Wellenlängengebiet man mindestens fortschreiten muß, um lichtelektrische Wirkung auch bei gasfreiem Metall eventuell erwarten zu können. Eine diesbezügliche Untersuchung, welche von dem in den genannten Arbeiten gewonnenen Entgasungsverfahren des Platins durch Glühen im Leeren Gebrauch machen konnte und zur vollen Bestätigung der obengenannten Folgerungen führte, unternahm ich auf Anregung des Hrn. Geheimrat Hallwachs. Die Ergebnisse derselben gelangen im folgenden zur Darstellung.

M. Sende, Absorbiertes Gas und Lichtelektrizität der Metalle; Dissertation. Dresden 1917 (Auszug: Phys. Zeitschr. 21. S. 562–563); H. Simon, Über den Einfluß absorbierten Gases auf die Lichtelektrizität; Dissertation Dresden 1920 (Auszug: Phys. Zeitschr. 21. S. 563–564. 1920).

§ 2. Aufgabe und Versuchsanordnung.

Da untersucht werden sollte, ob und wie sich die langwellige Grenze bei Platin mit dem Gasgehalt verschiebt, so mußte das Metall im besten Vakuum nach und nach durch Glühen von seiner Gasbeladung befreit und zwischendurch seine scheinbare spezifische Lichtelektrizität für verschiedene Wellenlängen gemessen werden. Die von der wechselnden Intensität der verwendeten Spektrallinien unabhängige Festlegung der roten Grenze verlangte außerdem eine nebenhergehende Bestimmung der Energie des auffallenden Lichtes. Hieraus ergab sich die folgende Versuchsanordnung.

Das von der Quecksilberlampe ausgestrahlte Licht wird durch den Kondensator gesammelt und tritt in einen Ultraviolettmonochromator von Fuess mit feststehenden Rohren und beweglichem Quarzdoppelpolprisma mit konstanter Ablenkung von 90° ein, der mittels einer in $\mu\mu$ geeichten Trommel auf bestimmte Wellenlängen eingestellt wird. In das Austritts-

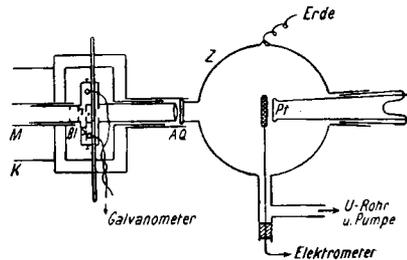


Fig. 1.

(Die Zelle Z ist um 90° gedreht gezeichnet.)

bestimmte Wellenlängen eingestellt wird. In das Austrittsrohr *M* (Fig. 1) des Monochromators ist das Ansatzstück eines innen geschwärzten, seitlich mit zwei Stellschrauben versehenen Messingkastens geschoben, in dem die Thermosäule *T* hängt. Von dieser führt eine verdrehte Leitung zu einem Kugelpanzergalvanometer. Hinter dem Eintrittspalt und vor der Thermosäule sind die Blenden *Bl* angebracht, um falsches Licht zu beseitigen. Zur Vermeidung von Störungen der Thermosäule durch Luftströmungen umgeben den Monochromator sowie den Thermosäulenbehälter mit Watte ausgepolsterte Kästen *K*. Auch der Stromkreis, in dem Thermosäule und Galvanometer enthalten sind, ist durch Watteeinpackung geschützt. Zwei Schirme halten die direkte Strahlung der Quecksilberlampe von der Anordnung fern.

Eine Klappe am Kasten *K* vor dem Eintrittsspalt gestattet, das Licht vom Beobachtungsorte aus in den Mono-

chromator eintreten zu lassen, bzw. abzublenden. Neben der Thermosäule befindet sich der Austrittsspalt S , der durch Verschieben an deren Stelle in den Strahlengang gebracht werden kann. Zwischen ihm und der Zelle Z sitzt eine achromatische Quarzsteinsalzlinse A ¹⁾, die in einem an der Rückseite des Thermosäulenkastens angeschraubten Ansatzrohr befestigt ist. Sie projiziert die im lichtelektrischen Spalt S erscheinende Linie auf die Mitte der in der Zelle befindlichen Platinfolie Pt von 25 mm Länge, 2,5 mm Breite und 0,01 mm Dicke. Die ausgelösten Elektronen werden vom Netz aufgefangen und durch eine auf Bernstein isolierte, elektrostatisch geschützte Leitung nach einem Hallwachsschen Quadrantenelektrometer geleitet, das durch einen Wollastondraht von 0,01 mm Dicke und 22 cm Länge auf die Empfindlichkeit von 1425 Skt./Volt bei einem Nadelpotential von 80 Volt gebracht war. Die ganze Anordnung isolierte vorzüglich, ein unbedingtes Erfordernis für so geringe Aufladungen, wie sie im Verlauf der Versuche erhalten wurden.

Von der lichtelektrischen Zelle führt ein seitlich angeschmolzenes Glasrohr über ein in fester CO_2 oder flüssiger Luft liegendes U-Rohr zu einer Gaedeschen Diffusionspumpe, der eine Sprengelsche Quecksilberpumpe als Vorpumpe dient. Zwischen Diffusionspumpe und U-Rohr zweigt ein McLeodmanometer ab, das bis auf $2 \cdot 10^{-5}$ mm Druck abzulesen gestattet; sein Quecksilberfaden blieb bei dem ausgezeichneten Vakuum, das die Diffusionspumpe herstellte, stets etwa 15 mm in der Kapillaren hängen beim Senken der Kugel.

Neben der Zelle ist eine Glaskugel von etwas größerem Inhalt angesetzt, damit sich das beim Glühen der Folie austretende Gas möglichst schnell verteilt.

Als Zelle wurde die auch von Hrn. Simon²⁾ benutzte, innen versilberte Glaskugel von 18 cm Durchmesser verwendet. Sie trägt vorn ein Ansatzrohr mit aufge kitteter Quarzplatte Q (Fig. 1) für den Lichteintritt, hinten einen eingeschliffenen Konus. Dieser hält mittels hindurchgeschmolzener Platinstifte zwei dicke Kupferstäbe, die Träger der Platinfolie.

1) Der durch Einschalten von A und Q entstehende Lichtverlust wird in § 3 bestimmt.

2) Simon, a. a. O.

Das letzterer gegenüberstehende Netz sitzt an einem Messingstab, welcher, durch Bernstein isoliert, in ein nach unten gerichtetes angeschmolzenes Rohr eingekittet ist.

An die Platinstifte sind die Zuleitungsdrähte des Glühstromkreises angeklemt, in dem sich ein Regulierwiderstand zum Verändern der Stromstärke befindet; sie dienen zugleich zum Anlegen eines beschleunigenden Potentials von -240 Volt an die Platinfolie, nachdem Vorversuche gezeigt hatten, daß dies zum Herstellen des Sättigungsstromes vollkommen zureichte. Als Glühstromquelle wurde auf 10 Volt heruntertransformierter Wechselstrom benutzt. Die Silberschicht an der Innenwandung der Zelle lag an Erde.

Als Lichtquellen dienten eine Quecksilberdampfampe aus Quarzglas von Heräus und ein Quarzbrenner von der Quarzlampengesellschaft in Hanau von besonders großer Lichtstärke; beide wurden mit dem Gleichstrom einer Akkumulatorenbatterie von 110 Volt betrieben und brannten mit vorzüglicher Konstanz.

Die Thermosäule hat einen inneren Widerstand von $4,5 \Omega$: dicht vor ihr befindet sich ein $0,5$ mm breiter Spalt und neben diesem der schon erwähnte, gleich breite lichtelektrische Spalt: er kann zur Justierung um sein oberes Ende seitlich ein wenig gedreht und festgeschraubt werden. Spalt und Thermosäule sitzen an einem mit Führungsleisten versehenen Rahmen, der mit Hilfe eines Glasstabes hin- und hergeschoben wird, um je nach Bedarf Thermosäule oder lichtelektrischen Spalt in den Strahlengang zu bringen. Zur besseren Führung dient eine an den Leisten und am Messingkasten angebrachte Einschnappvorrichtung. Auch die Schutzkästen, in denen sich der Thermosäulenbehälter befindet, sind in den für den Glasstab vorhandenen Durchbohrungen mit Führungsvorrichtungen versehen, so daß man den Rahmen, ohne das Temperaturgleichgewicht zu stören, von außen hin- und herschieben kann, und stets Thermosäule bzw. lichtelektrischer Spalt an dieselbe Stelle treten. Beide Spalte lassen sich von der Rückseite des Messingkastens aus durch ein abschraubbares Ansatzrohr beobachten.

Die Thermosäule steht in Verbindung mit einem Du Bois-Rubensschen Kugelpanzergalvanometer mit dem leichten Magnetsystem und 10Ω innerem Widerstand. Bei einer einfachen Schwingungsdauer von 4 Sek. ergab sich eine Empfind-

lichkeit von $2,4 \cdot 10^{-10}$ Amp./Skt. bei 2,7 m Skalenabstand. Das Instrument ist zum Schutze gegen Erschütterungen nach der Methode von Julius aufgehängt. Da seine Empfindlichkeit nicht ganz konstant blieb, wurde sie während der Versuche von Zeit zu Zeit neu bestimmt und zwar jedesmal im ganzen Ausschlagsintervall. Bei sehr großen Lichtintensitäten schickte man gemessene Hilfsströme in entgegengesetzter Richtung durch Galvanometer und Thermosäule und bestimmte so die Strahlungsintensitäten durch Kompensation der Thermostrome.

§ 3. Justierung der Anordnung.

Besondere Sorgfalt mußte der Justierung der Thermosäule und des lichtelektrischen Spaltes zugewendet werden.

Nachdem der Eintrittsspalt am Monochromator und die beiden Austrittsspalte die gleiche Breite von 0,5 mm erhalten hatten, kam der die beiden letzteren tragende Rahmen in den Messingkasten, dessen Drehung Spaltbild und Thermosäulenspalt parallel machte. Der Monochromator war hierbei auf die blaue Linie $436 \mu\mu$ eingestellt. Darauf schob man den Rahmen zur Seite, so daß der lichtelektrische Spalt in den Strahlengang trat, drehte diesen, bis er dem Spaltbild parallel war und schraubte ihn fest. Nun wurde der Rahmen mit Spalt und Thermosäule aus dem Messingkasten herausgenommen und der Beobachtungsspalt an der Rückseite der Thermosäule durch ein dünnes Kupferblech geschlossen, was ihre Trägheit bedeutend verringerte und störende Luftströmungen fernhielt. Die nicht vom regulären Strahlengang getroffenen Teile der Säule und des lichtelektrischen Spaltes verdeckten ebenfalls geschwärzte Metallplatten, so daß also die gesamte, durch letzteren fallende Lichtenergie auf die Thermosäule auftreffen mußte, wenn der Spalt zur Seite trat. Nachdem der Rahmen wieder in den Kasten eingesetzt und der Glasstab befestigt und in den Führungen gelagert war, verstellte man zunächst bei bestrahlter Thermosäule die linke der beiden am Messingkasten vorhandenen Anschlagschrauben bis zum maximalen Galvanometerausschlag; und dann bei zur Seite geschobener Thermosäule die rechte, bis eine hinter den lichtelektrischen Spalt gesetzte Kaliumzelle die maximale Intensität anzeigte. Beim Anschlagen des Rahmens an die linke der beiden Schrauben

mußte also die Linie auf die Thermosäule fallen, beim Anschlagen an die rechte der lichtelektrische Spalt, auf den fokussiert war, von der gesamten Linie erfüllt sein.

§ 4. Hilfsuntersuchungen.

1. Energieverteilung im Spektrum einer Quarz-Quecksilberlampe von $500 \mu\mu$ bis $216 \mu\mu$.

Um beurteilen zu können, welche Linien des Hg-Spektrums sich am besten für die folgenden lichtelektrischen Messungen eignen, wurde zunächst das gesamte Spektrum von 500 bis $216 \mu\mu$ energetisch ausgewertet. Das Ergebnis stellen die beiden Kurven Fig. 2 dar.

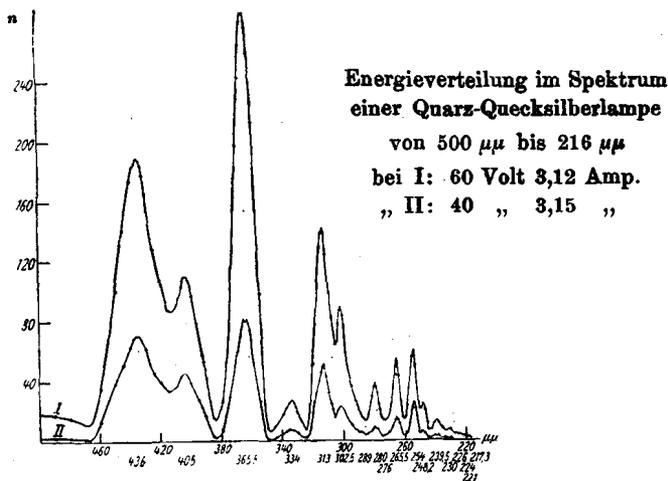


Fig. 2.

Kurve I ist bei 60 Volt und 3,12 Amp., Kurve II bei 40 Volt und 3,15 Amp. aufgenommen. Die Abszisse gibt die an der Trommel des Monochromators abgelesenen Wellenlängen an, die Ordinate die Galvanometerausschläge. Die Galvanometerempfindlichkeit beträgt $2,58 \cdot 10^{-10}$ Amp./Skt.

2. Absorption und Reflexion an Linse und Quarzplatte.

Das Einbringen der Linse *A* (Fig. 1) und der Quarzplatte *Q* in den Strahlengang hinter der Thermosäule hat zur Folge, daß die mit letzterer gemessene Energie um den in *A* und *Q* entstehenden Lichtverlust vermindert wird. Dies ließ sich

jedoch nicht umgehen, da ohne Linse nur ein geringer Bruchteil des aus S austretenden Strahlenbündels auf die Platinfolie Pt fiel, und außerdem die ganze Folie belichtet wurde, was wegen der verschiedenen Gasbeladung in der Mitte und an den Enden¹⁾ zu vermeiden war. Die Thermosäule bei der Energiemessung an die Stelle der Platinfolie zu bringen, war auch nicht angängig, da das Einbauen der Säule in die Zelle Störungen beim Glühen mit sich gebracht hätte.

Um nun die lichtelektrischen Messungen auf die mit der Thermosäule bestimmte Lichtintensität beziehen zu können, ermittelte man den Lichtverlust in A und Q auf lichtelektrischem Wege. Dabei kam eine Zelle mit genügend gealterter Al-Platte zur Anwendung; zwischen Netz und Platte lagen 280 Volt. Da das Umstellen der Zelle bei jeder neuen Wellenlänge (denn Linse und Quarzplatte mußten des Strahlenganges wegen an ihrer Stelle bleiben) beträchtliche Fehlerquellen in die Messungen gebracht hätte, wurde die lichtelektrische Wirkung, bezogen auf die Intensitätseinheit (in Galv. Anschl.), einmal unmittelbar hinter dem lichtelektrischen Spalt und ein zweites Mal nach dem Einschalten von Linse und Quarzplatte an der Stelle, an der sich später die Platinfolie befinden mußte, ermittelt; d. h. man bestimmte jedesmal die Lichtenergie mit der Thermosäule, wodurch auch Fehler aus den Veränderungen der Lampenintensität wegfielen, und bildete den Quotienten aus der Aufladung, bezogen auf die Intensitätseinheit, vor und hinter Linse und Quarzplatte. So ergab sich der Reduktionsfaktor R , mit dem alle folgenden lichtelektrischen Messungen in der großen Zelle Z (Fig. 1) zu multiplizieren sind, um den Einfluß der Absorption und Reflexion von Linse und Quarzplatte auszuschalten.

Die Tabellen I und II geben die Meßresultate wieder; sie entstanden also in folgender Weise: Nach der Bestimmung der Linienintensität n mit der Thermosäule schob man letztere mit Hilfe des Glasstabes zur Seite, so daß die vorher gemessene Lichtenergie durch den lichtelektrischen Spalt in die Zelle fiel und maß die Aufladegeschwindigkeit des Elektrometers mit der Stoppuhr in Sekt. pro 10 Sek. Darauf kam die Thermosäule wieder in den Strahlengang, die Intensität einer weiteren Linie wurde ermittelt usw. Die Quotienten a/n der Aufladung

1) Vgl. H. Simon, a. a. O.

während 10 Sek. in Skalenteilen a und der Lichtintensität n ergeben nun die Lichtelektrizität, bezogen auf die Intensitätseinheit. Da die Galv.-Empf. bei den Versuchsreihen der Tabellen I und II nicht dieselbe ist, bedeutet $[a/n]$ a/n bei der Galv.-Empf. $2,77 \cdot 10^{-10}$ Amp./Skt.

Tabelle I. (Kurve 1 in Fig. 3.)

Linse und Quarzplatte im Strahlengang.

Wellenlänge in $\mu\mu$	Galv.-A. n	Aufladung		Aufladung in 10 Sek. a	$\left[\frac{a}{n} \right]$
		Skt.	Sek.		
217,3	3,5	100	133,6	7,485	2,14
221	6,8	100	70,4	14,20	2,09
226	11,5	200	89,8	22,27	1,936
230	18,8	200	60,8	32,90	1,750
248,2	74,5	300	45,3	66,23	0,889
265,5	160,5	300	38,0	78,95	0,492
302,5	234,8	200	82,4	24,27	0,103
313	357,1	200	94,2	21,23	0,0595
334	59,9	10	66,9	1,495	0,02495

Galv.-Empf.: $2,77 \cdot 10^{-10}$ Amp./Skt.

Tabelle II. (Kurve 2 in Fig. 3.)

Linse und Quarzplatte nicht im Strahlengang.

Wellenlänge in $\mu\mu$	Galv.-A. n	Aufladung		Aufladung in 10 Sek. a	$\frac{a}{n}$	$\left[\frac{a}{n} \right]$
		Skt.	Sek.			
217,3	3,3	300	67,7	44,31	13,43	13,11
221	6,1	300	41,2	72,82	11,94	11,65
226	11,7	350	33,8	103,53	8,849	8,637
230	19,1	400	29,0	137,93	7,222	7,049
248,2	71,4	300	12,9	232,56	3,257	3,179
265,5	57,2	300	29,5	101,69	1,778	1,735
302,5	224,8	300	42,3	70,92	0,316	0,308
313	348,6	300	49,2	60,97	0,175	0,171
334	56,3	30	80,0	3,75	0,067	0,065

Galv.-Empf.: $2,84 \cdot 10^{-10}$ Amp./Skt. $[a/n]$ bedeutet a/n bezogen auf die Galv.-Empf. $2,77 \cdot 10^{-10}$ Amp./Skt.

Fig. 3 zeigt die den Tabellen I und II entsprechenden Kurven 1 und 2; die Abszisse gibt die Wellenlänge, die Ordinate die Aufladung, bezogen auf die Intensitätseinheit.

Kurve 3 stellt den Reduktionsfaktor R dar; ihr sind die Werte der Tab. III entnommen, mit denen die späteren Platinmessungen zu multiplizieren sind.

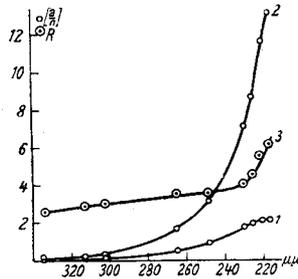


Fig. 3. (Tabellen I, II, III.)

Tabelle III. (Kurve 3 in Fig. 3.)

Wellenlänge in $\mu\mu$	R	Wellenlänge in $\mu\mu$	R
217,3	6,33	265,5	3,40
221	5,30	276	3,28
224	4,70	280	3,23
230	4,03	289	3,13
239,5	3,80	302,5	2,99
248,2	3,58	313	2,85
254	3,50	334	2,60

§ 5. Ergebnisse der Messungen an Platin.

1. Das Wandern der roten Grenze.

Für das Verständnis der beiden in diesem Paragraphen gegebenen Versuchsgruppen ist folgendes zu beachten. Das Glühen der Platinfolie im besten Vakuum bewirkt zweierlei: Erstens wird die auf dem Metall adsorbierte Gasschicht beseitigt, zweitens das vom Platin absorbierte Gas ausgetrieben. Da die Gashaut den langsamen Elektronen den Austritt verwehrt, das absorbierte Gas jedoch das Austreten von Elektronen begünstigt, muß durch das Zusammenwirken beider Vorgänge jenes von den Herren Kober, Sende und Simon¹⁾ beobachtete Maximum zustande kommen. Glüht man nun zu Anfang schwach, so ist die Gashaut erst nach mehrmaligem

1) Vgl. den Bericht von W. Hallwachs, Phys. Zeitschr. **21**. S. 561. 1920.

Glühen beseitigt; dabei wird jedesmal zugleich etwas vom absorbierten Gas ausgetrieben, so daß der entstehende Höchstwert der lichtelektrischen Empfindlichkeit nicht ganz die Größe des Maximums erreicht, das bei anfänglichem kräftigen Glühen auftritt, bei dem gleich das erste Mal die hindernde Gashaut fast vollständig verschwindet. Ferner ist für die folgenden Versuche von Bedeutung, daß dem Austreiben des Gases durch die Glühtemperatur eine Grenze gesetzt ist, daß also, wenn die Folie z. B. genügend oft auf Rotglut erhitzt wurde, selbst zahlreiche weitere Rotglühungen ihren Gasgehalt kaum noch vermindern können, dagegen ein Erhitzen auf Weißglut wieder Gas auszutreiben vermag.

Bei den zunächst mitzuteilenden Versuchen kam eine schon zu Vorversuchen verwendete Pt-Folie zur Anwendung. Ihre vor dem Glühen in der oben angegebenen Weise ermittelte lichtelektrische Empfindlichkeitsverteilung ergab die in Tab. IV und Fig. 4, Kurve 1 eingetragenen Werte.

Tabelle IV. (Fig. 4, Kurve 1.)

Spezifische Lichtelektrizität vor dem Glühen: L_1 .

λ	n	a	$\frac{a}{n}$	$\left(\frac{a}{n}\right) = L_1$
221	4,8	8,20	1,709	9,06
224	6,8	11,32	1,664	7,82
230	12,0	19,55	1,629	6,57
239,5	23,8	19,85	0,834	3,17
248,2	34,6	9,99	0,289	1,03
254	62,7	4,31	0,069	0,24
265,5	83,2	0,67	0,008	0,03

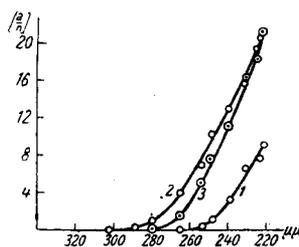


Fig. 4. (Tabellen IV, V, VI.)

Es bedeuten:

λ die Wellenlänge in $\mu\mu$.

n die Intensität der betreffenden Linie in Skt., bezogen auf gleiche Galv.-Empf. von $5,14 \cdot 10^{-10}$ Amp./Skt.

a die Aufladegeschwindigkeit des Elektrometers in Skt. pro Min. bei der Empfindlichkeit von 950 Skt./Volt.

$L = (a/n)$ die spezifische Lichtelektrizität unter Berücksichtigung des Lichtverlustes in Linse und Quarzplatte, also $(a/n) = a/n \cdot R$.

Nun glühte man die Pt-Folie 10 Sek. lang bis zur Rotglut. Das austretende Gas wurde sofort weggesaugt; es machte sich am McLeod nur insofern bemerkbar, als der Quecksilberfaden nicht mehr in der Kapillare hängen blieb. Unmittelbar nach dem Glühen ergab das Elektrometer eine geringe, wohl von Resten der Ionisation herrührende Aufladung, die mit zunehmender Verbesserung des Vakuums verschwand. Erst dann, als auch der Quecksilberfaden wieder in der Kapillare des Manometers festhing beim Senken der Kugel, begannen die durch Tab. V und Kurve 2, Fig. 4, wiedergegebenen Messungen der spezifischen Lichtelektrizität.

Tabelle V. (Fig. 4, Kurve 2.)

Spezifische Lichtelektrizität nach einer Rotglühung: L_2 .

λ	n	a	$\frac{a}{n}$	$\left(\frac{a}{n}\right) = L_2$
221	4,0	15,63	3,908	20,71
224	6,1	25,11	4,117	19,35
230	13,2	52,45	3,974	16,02
239,5	23,1	78,53	3,399	12,92
248,2	33,9	96,90	2,859	10,24
254	62,1	124,07	1,998	6,99
265,5	82,3	97,00	1,179	4,01
280	42,6	12,21	0,289	0,93
289	25,2	2,25	0,089	0,28
302,5	142,3	0,58	0,004	0,01

Die rote Grenze zeigt sich ein beträchtliches Stück, von etwa $\lambda = 260 \mu\mu$ bis $300 \mu\mu$ verschoben, zugleich ist die Lichtelektrizität überall erheblich angestiegen, im langwelligen Gebiet stärker wie im kurzwelligen. Das Anstiegsverhältnis L_2/L_1 liefert die folgende Tabelle:

λ in $\mu\mu$	221	224	230	239,5	248,2	254	265,5
Anstiegsverhältnis L_2/L_1	2,29	2,47	2,44	4,08	9,90	28,96	147,4

Hierauf wurde die Folie abermals bis zur Rotglut erhitzt und zwar, um das Ansammeln größerer Gasmengen zu verhindern, 6mal hintereinander nur je 10 Sek. mit Zwischenzeiten von 2 Min. Die darauf, als das Vakuum vorzüglich war, erhaltenen Werte der Empfindlichkeitsverteilung sind in Tab. VI und Kurve 3, Figg. 4 und 5 eingetragen.

Tabelle VI. (Figg. 4 und 5, Kurve 3.)

Spezifische Lichtelektrizität nach weiteren sechs Rotglühungen: L_3 .

λ	n	a	$\frac{a}{n}$	$\left(\frac{a}{n}\right) = L_3$
221	4,3	17,01	3,955	20,96
224	6,7	26,15	3,903	18,34
230	12,7	51,50	4,055	16,34
239,5	25,1	73,62	2,933	11,15
248,2	34,7	72,72	2,096	7,50
254	56,9	80,00	1,406	4,92
265,5	80,5	33,75	0,419	1,42
280	42,2	1,63	0,038	0,12

Nun hat die Empfindlichkeit im langwelligen Gebiet ganz bedeutend, im kurzwelligen so gut wie gar nicht abgenommen; die rote Grenze befindet sich etwa bei 285 $\mu\mu$.

Da 10- und 20maliges Glühen bei Rotglut die Empfindlichkeit nur noch wenig herunterbrachte — wie nach dem zu Beginn des Abschnitts Gesagten verständlich ist —, erhitzte man die Folie jetzt 400 mal hintereinander je 10 Sek. bis zu heller Rotglut mit dazwischenliegenden Pausen von 20 Sek. und bestimmte darauf die Empfindlichkeitskurve 4 in Fig. 5; Tab. VII enthält die entsprechenden Werte.

Tabelle VII. (Fig. 5, Kurve 4.)

Spezifische Lichtelektrizität nach weiteren 400 Hellrotglühungen: L_4 .

λ	n	a	$\frac{a}{n}$	$\left(\frac{a}{n}\right) = L_4$
221	5,5	14,78	2,687	14,24
224	9,2	26,94	2,929	13,77
230	23,6	61,91	2,623	10,57
239,5	60,8	113,34	1,864	7,08
248,2	104,1	131,39	1,262	4,52
254	275,5	240,00	0,871	3,05
265,5	273,0	76,43	0,280	0,94
276	64,2	4,63	0,072	0,24
280	134,1	2,91	0,022	0,07

Die Empfindlichkeit ist nun wieder beträchtlich zurückgegangen, im langwelligen Gebiet etwas stärker als im kurzwelligen.

600 maliges Glühen der Folie auf Weißglut verringerte ihre Empfindlichkeit auf die in Tab. VIII und Kurve 5, Fig. 5 dargestellten Werte.

Tabelle VIII. (Fig. 5, Kurve 5.)

Spezifische Lichtelektrizität nach weiteren 600 Weißglühungen: L_{λ}

λ	n	a	$\frac{a}{n}$	$\left(\frac{a}{n}\right) = L_{\lambda}$
221	6,6	10,57	1,601	8,49
224	11,4	17,90	1,570	7,38
230	28,0	39,23	1,400	5,64
239,5	67,2	69,83	1,039	3,95
248,2	119,8	83,88	0,700	2,51
254	302,0	150,11	0,497	1,74
265,5	299,2	50,33	0,168	0,57
276	73,3	2,71	0,038	0,12
280	153,4	2,21	0,014	0,045

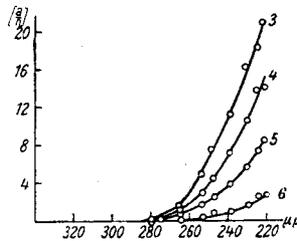


Fig. 5. (Tabellen VI, VII, VIII, IX.)

Die rote Grenze liegt jetzt bei $280 \mu\mu$, während sie in Kurve 4, Fig. 5 etwa bei $283 \mu\mu$ gelegen ist.

Um die lichtelektrische Empfindlichkeit noch mehr herabzudrücken, wurde die Platinfolie nun 200 mal auf helle Weißglut erhitzt; die austretenden Gasmengen waren nur noch gering. Die Empfindlichkeitsbestimmung ergab die Tab. IX.

Kurve 6, Fig. 5 läßt erkennen, daß auch diesmal die Empfindlichkeitsabnahme im Roten stärker ist als im Ultravioletten. Die rote Grenze befindet sich jetzt bei ungefähr $270 \mu\mu$.

Tabelle IX. (Fig. 5, Kurve 6.)

Spezifische Lichtelektrizität nach weiteren 200 Hellweißglühungen: L_6 .

λ	n	a	$\frac{a}{n}$	$\left(\frac{a}{n}\right) = L_6$
221	6,7	3,32	0,496	2,63
224	11,1	5,69	0,513	2,41
230	29,4	11,24	0,382	1,54
239,5	73,0	17,86	0,245	0,93
248,2	126,1	18,93	0,150	0,54
254	321,7	32,61	0,101	0,35
265,5	323,2	6,93	0,021	0,07
276	74,2	0,85	0,012	0,04

Das Ergebnis dieser Versuchsgruppe ist also folgendes: Sie bestätigt die Messungen Simons, da die Empfindlichkeit beim ersten Glühen zunächst ansteigt und dann mit fortschreitender Abnahme der Gasbeladung immer geringer wird; ferner vertieft sie die Einsicht in die Wirkung der Gasentleerung insofern, als sie erkennen läßt, daß Anstieg und Abnahme im langwelligen Gebiet schneller erfolgen als im kurzwelligen. Dieser Unterschied ist beim erstmaligen Glühen, bei dem der Anstieg zu beobachten ist, größer als bei der späteren Empfindlichkeitsabnahme. Um die gesamte Abnahme der Empfindlichkeit mit dem Anstieg vergleichen zu können, sei noch das Verhältnis L_2/L_6 entsprechender Punkte der Maximalkurve 2 und der nach erfolgter Entgasung erhaltenen Minimalkurve 6 zusammengestellt:

λ in $\mu\mu$	221	224	230	239,5	248,2	254	265,5
L_2/L_6	7,88	8,03	10,40	13,87	19,06	19,79	56,15

Während die Lichtelektrizität für die Linie 265,5 auf 1,8 Proz. gesunken ist, hat sie sich für 221 nur auf 12,7 Proz. vermindert, die Gesamtempfindlichkeit ist auf 5,6 Proz. des Maximums gefallen.

Mit dem Ansteigen der Empfindlichkeit geht ein Wandern der roten Grenze nach längeren Wellen, mit der Verminderung ein Verschieben nach kürzeren Wellen parallel. Die rote Grenze ist dabei quantitativ definiert als die Stelle, an der die Menge der austretenden Elektronen etwa $\frac{1}{1000}$ von dem während der Versuche beobachteten Höchstwerte beträgt, wo also ein deutliches Abheben der Empfindlichkeitskurve von der Abszisse einsetzt. Eine absolute Grenze gibt es nicht, denn die Stelle,

an der überhaupt Elektronen auszutreten beginnen, ist um so weiter nach Rot zu gerückt, je größer die Empfindlichkeit des Elektrometers und die Intensität des auffallenden Lichtes ist.

2. Die Art der Empfindlichkeitszu- und abnahme.

Da die bei der Entgasung des Platins eintretende Empfindlichkeitsabnahme um so geringer ist, je kurzwelligeres Licht auf das Metall auffällt, so könnte man annehmen, daß im äußersten Ultraviolett überhaupt keine Verminderung der Empfindlichkeit stattfindet. Daß dieses Gebiet jedoch bei sehr kurzen Wellen liegen muß, und eine Verminderung der Empfindlichkeit durch Entgasung auch noch bei $150 \mu\mu$ z. B. eintreten würde, läßt sich aus einer zweiten Versuchsgruppe schließen. Die jetzt verwendete Platinfolie war überhaupt noch nicht geglüht worden, — auch nicht, wie die vorige, bei Vorversuchen, — und ergab daher zu Anfang eine sehr geringe Empfindlichkeit, wie Tab. X und Kurve I in Fig. 6 zeigen. Die rote Grenze liegt ungefähr bei $260 \mu\mu$.

Tabelle X. (Fig. 6, Kurve I.)

Spezifische Lichtelektrizität vor dem Glühen: L_1 .

λ	n	a	$\frac{a}{n}$	$\left(\frac{a}{n}\right)_0$	$\left(\frac{a}{n}\right) = L_1$
217,3	3,9	2,86	0,733	4,65	5,74
221	10,5	4,39	0,418	2,22	2,74
224	17,0	4,89	0,288	1,35	1,67
230	50,7	13,43	0,265	1,07	1,32
239,5	146,0	17,09	0,117	0,44	0,55
248,2	238	10,45	0,044	0,16	0,19
254	526	8,52	0,015	0,05	0,06

Zu diesen Versuchen, ebenso wie zu den drei letzten Meßreihen der vorigen, kam der in § 2 erwähnte Quarzbrenner zur Anwendung, daher die hohen Intensitäten. Die Galvanometerempfindlichkeit betrug $2,77 \cdot 10^{-10}$ Amp./Skt., die Elektrometerempfindlichkeit 1425 Skt./Volt (gegen früher $5,14 \cdot 10^{-10}$ und 950); die Messungen müssen also mit dem Faktor $1,235$ multipliziert werden, um sie auf die vorigen zu reduzieren.

Es bedeuten:

λ die Wellenlänge in $\mu\mu$.

n die Intensität der Linie in Skt., bezogen auf gleiche Galv.-Empf. von $2,77 \cdot 10^{-10}$ Amp./Skt.

a die Aufladegeschwindigkeit des Elektrometers in Skt. pro Min. bei der Empfindlichkeit von 1425 Skt./Volt.

$(a/n)_0$ die spezifische Lichtelektrizität unter Berücksichtigung des Lichtverlustes in Linse und Quarzplatte bei der angegebenen Empfindlichkeit von Galvanometer und Elektrometer.

$L = (a/n)$, diesen Wert multipliziert mit dem Faktor 1,235.

Während bei der zuerst mitgeteilten Versuchsgruppe zu Anfang nur Rotglut angewandt wurde, erhitze man die Folie jetzt gleich beim ersten Glühen auf helle Rotglut, 10 Sek. lang, und erhielt dadurch eine stärkere Empfindlichkeitszunahme als beim vorigen Male, wie aus dem zu Beginn des 1. Abschnittes dieses Paragraphen Angeführten erklärlich ist. Tab. XI und Kurve II, Fig. 6 geben diese Meßreihe wieder.

Tabelle XI. (Fig. 6, Kurve II.)

Spezifische Lichtelektrizität nach einer Hellrotglühung: L_{II}

λ	n	a	$\frac{a}{n}$	$\left(\frac{a}{n}\right)_0$	$\left(\frac{a}{n}\right) = L_{II}$
217,3	4,5	24,49	5,442	34,45	42,54
221	11,0	59,67	5,425	28,75	35,51
224	18,1	108,11	5,973	28,07	34,67
230	52,6	280,38	5,330	21,48	26,53
239,5	144,9	582,52	4,028	15,28	18,87
248,2	236,6	782,61	3,308	11,84	14,63
254	510	1224,50	2,401	8,40	10,38
265,5	611	1008,40	1,650	5,61	6,93
280	382	179,64	0,470	1,52	1,88
289	224,9	29,70	0,132	0,41	0,49
302,5	1250	5,00	0,004	0,01	0,01
313	2033	3,13	0,001 ₅	0,004	0,005
334	266,8	0,49	0,001	0,003	0,003

Wie Kurve II zeigt, hat sich die rote Grenze trotz der größeren lichtelektrischen Empfindlichkeit nicht über den beim ersten Versuch erreichten Höchstwert von 300 $\mu\mu$ hinaus verschoben, wenn sie in der oben angegebenen Weise quantitativ definiert wird. Dies dürfte von Bedeutung sein, denn auch die am weitesten nach dem langwelligen Gebiet zu verschobene

Platinkurve S. Werners¹⁾, der mit kathodenzerstäubten Schichten arbeitete, also seine Versuche auf ganz anderer Grundlage aufbaute, hat ihre rote Grenze an genau derselben Stelle.

Die wegen der hohen Lichtintensitäten bei 302,5, 313 und 334 $\mu\mu$ erhaltenen geringen Aufladungen können übrigens nicht durch diffuses ultraviolettes Licht erklärt werden, denn in dem dunklen Gebiete zu beiden Seiten der Linie 334 $\mu\mu$ (vgl. § 4, Fig. 2) vermochte man keine meßbaren Aufladungen festzustellen; ebenso war der Elektronenausstritt in dem Einschnitt zwischen 313 und 302,5 $\mu\mu$ geringer als bei 302,5 $\mu\mu$, ein Beweis dafür, daß tatsächlich das Licht der betreffenden Linien selbst wirksam war.

Für das Anstiegsverhältnis L_{II}/L_I entsprechender Punkte der Kurven II und I ergibt sich

λ in $\mu\mu$	217,3	221	224	230	239,5	248,2	254
Anstiegsverhältnis L_{II}/L_I	7,42	12,98	20,74	20,11	[34,36	75,2	160,1

Wiederum die äußerst große Empfindlichkeitszunahme im Roten.

Beim zweiten Glühen wurde die Platinfolie ebenfalls 10 Sek. lang auf helle Rotglut erhitzt, was eine geringe Abnahme der Empfindlichkeit zur Folge hatte, im langwelligen Gebiet größer als im kurzwelligen, wie Tab. XII und Kurve III in Fig. 6 erkennen lassen.

Tabelle XII. (Fig. 6; Kurve III.)

Spezifische Lichtelektrizität nach einer weiteren Hellrotglühung: L_{III} .

λ	n	a	$\frac{a}{n}$	$\left(\frac{a}{n}\right)_0$	$\left(\frac{a}{n}\right) = L_{III}$
217,3	3,9	19,60	5,025	31,81	39,28
221	10,3	52,63	5,110	27,08	33,45
224	18,5	102,44	5,537	26,02	32,14
230	52,1	265,49	5,096	20,54	25,36
239,5	148,6	576,92	3,882	14,75	18,22
248,2	240,0	764,33	3,185	11,40	14,08
254	520	1090,91	2,098	7,34	9,07
265,5	619	869,57	1,405	4,78	5,90
280	380	158,73	0,418	1,35	1,67
289	225,2	22,61	0,100	0,31	0,39
302,5	1308	1,89	0,001	0,003	0,004
313	2294	1,22	0,0005	0,001	0,002

1) S. Werner, Ark. for Math. Fys. och Astr. S. Nr. 27. Upsala 1912. Dissertation, Upsala 1913.

Tabelle XIII. (Fig. 6, Kurve IV.)

Spezifische Lichtelektrizität nach weiteren 30 Hellweißglühungen: L_{IV} .

λ	n	a	$\frac{a}{n}$	$\left(\frac{a}{n}\right)_0$	$\left(\frac{a}{n}\right) = L_{IV}$
217,3	6,2	4,53	0,730	4,62	5,71
221	14,0	9,71	0,694	3,68	4,54
224	22,3	16,04	0,719	3,38	4,17
230	62,1	36,15	0,582	2,35	2,90
239,5	176,8	62,28	0,352	1,33	1,65
248,2	297,0	59,46	0,200	0,72	0,88
254	623	66,67	0,107	0,37	0,46
265,5	732	19,42	0,027	0,09	0,11
276	219,4	0,435	0,002	0,006 ₅	0,008

Um die Empfindlichkeit rasch herunterzubringen, glühte man die Platinfolie nunmehr 30 mal hintereinander je 10 Sek. zu hellster Weißglut mit Zwischenräumen von etwa 10 Min., so daß vor jedem neuen Glühen wieder bestes Vakuum hergestellt war, da außer der Diffusionspumpe auch die Vorpumpe dauernd arbeitete, was die Wirkung der ersteren sehr beschleunigte. Tab. XIII stellt die erhaltene Empfindlichkeitsverteilung dar.

Kurve IV, Fig. 6 läßt erkennen, daß sich die langwellige Grenze bis 276 $\mu\mu$ zurückgezogen und die Empfindlichkeit namentlich im Roten stark abgenommen hat. Das Verhältnis L_{II}/L_{IV} ergibt sich durch Division entsprechender Werte der Maximalkurve II und der nach der Entgasung erhaltenen Minimalkurve IV zu

λ in $\mu\mu$	217,3	221	224	230	239,5	248,2	254	265,5
L_{II}/L_{IV}	7,45	7,82	8,31	9,16	11,42	16,54	22,44	61,1

Diese Werte L_{II}/L_{IV} sowie die oben gefundenen Anstiegsverhältnisse L_{II}/L_I der Maximalkurve II und der Kurve I vor dem Glühen als Ordinaten in ein Koordinatensystem einge-

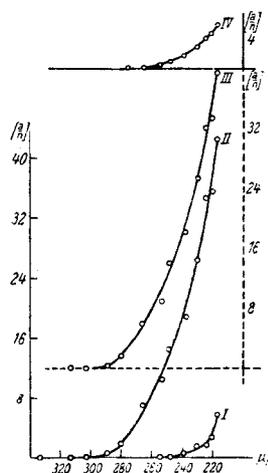


Fig. 6. (Tabellen X, XI, XII, XIII.)

tragen, dessen Abszisse die Wellenlänge darstellt, ergeben die beiden Kurven der Fig. 7.

Aus ihnen läßt sich ein Urteil gewinnen über die Wirkung der Entgasung auf die Lichtelektrizität in verschiedenen Spektralgebieten. Die Kurve der Anstiegsverhältnisse L_{II}/L_I zeigt, daß beim ersten Glühen die Zahl der austretenden Elektronen

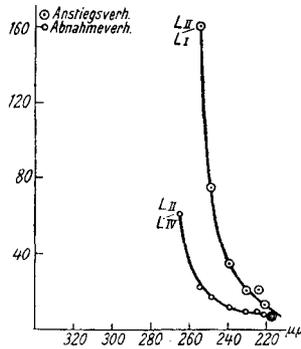


Fig. 7.

im Roten ganz außerordentlich zunimmt, während sie im Ultravioletten weniger stark anwächst, um so weniger, je kurzwelliger das sie auslösende Licht ist; d. h. aus der ungeglühten Folie würden schließlich genau soviel Elektronen austreten, wie aus der einmal geglühten, wenn man sie mit genügend ultraviolettem Licht bestrahlte, wie es nach Lenard zur lichtelektrischen Wirkung der reinen Gase nötig ist, etwa $180 \mu\mu$ (wenn die Extrapolation der Kurve L_{II}/L_I erlaubt ist).

Ganz das Gegenteil ist bei der Kurve der Verhältnisse L_{II}/L_{IV} der Fall: Der Unterschied der Empfindlichkeitsabnahme im langwelligeren und kurzwelligeren Gebiet ist viel kleiner als der Unterschied der Empfindlichkeitszunahme in beiden Spektralgebieten. Das Abnahmeverhältnis verringert sich nur ganz allmählich und nähert sich äußerst langsam dem Grenzwerte 1, so daß der Teil des Spektrums, in dem das Gas keinen Einfluß mehr auf die Lichtelektrizität der Metalle hat, sehr weit draußen liegen, z. B. auch bei $150 \mu\mu$ noch nicht erreicht sein dürfte, worauf die Betrachtung der Kurve L_{II}/L_{IV} hinweist.

Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu den Annahmen

R. A. Millikans¹⁾, der nach seinen Messungen an Alkalizellen glaubt, daß sich bei Entgasung nur die langwellige Grenze zurückzieht, während im Ultravioletten die Lichtelektrizität stets hohe Werte beibehält. Vielleicht ist Hr. Millikan mit der Entgasung nicht genügend weit gekommen, wenigstens hat es sehr umfangreicher Versuche bedurft, bis bei den Arbeiten im hiesigen Institut²⁾ volle Entgasung gelang, und andere Beobachter³⁾, die der Technik des Entgasens ein besonderes Studium nicht widmeten, erreichten nicht das Ziel, die Lichtelektrizität sozusagen zum Verschwinden zu bringen, während dies bei der Arbeitsreihe Kober, Sende, Simon⁴⁾ auch in einem anderen Fall (Pt) nach Beseitigung aller Fehlerquellen gelang.

Den Fall noch nicht genügend vollständiger Entgasung geben die beiden Kurven 2 und 3 (Fig. 4) der ersten Versuchsreihe wieder. Hier findet entsprechend Millikans Versuchen ein Zurückweichen der Grenze, aber keine bedeutende Verminderung der Empfindlichkeit im äußersten Ultraviolett statt.

Eine volle Bestätigung erfährt durch die Kurve der Abnahmeverhältnisse L_{II}/L_{IV} die zuerst von W. Hallwachs ausgesprochene Anschauung, daß im Bereich der von einer Quarz-Quecksilberlampe ausgestrahlten Wellenlängen von der Lichtelektrizität der Metalle selbst nur dann gesprochen werden kann, wenn darunter Gasmetalle und nicht gasfreie Metalle verstanden werden.

§ 6. Ergebnisse der Versuche für die Auffassung des lichtelektrischen Grundprozesses.

In den in der Einleitung erwähnten einschlägigen Arbeiten der letzten Jahre wird die anfängliche Zunahme der lichtelektrischen Empfindlichkeit vom Platin beim ersten Glühen durch Beseitigung einer ermüdenden Oberflächenschicht und die spätere Abnahme durch Austreiben des fördernden Gases er-

1) R. A. Millikan und W. H. Souder, Proc. Nat. Acad. 2. S. 19. 1916.

2) G. Wiedmann u. W. Hallwachs, Verh. d. D. Phys. Ges. 16. S. 107. 1914; G. Wiedmann, Ebenda 17. S. 343. 1915; 18. S. 333. 1916.

3) R. Pohl u. P. Pringsheim, Verh. d. D. Phys. Ges. 16. S. 336. 1914; J. Elster und H. Geitel, Phys. Zeitschr. 21. S. 361 120.

4) Bericht hierüber vgl. W. Hallwachs, Phys. Zeitschr. 21. S. 561. 1920.

klärt.¹⁾ Um dies weiter zu sichern, mußten experimentell prüfbare Folgerungen gezogen und untersucht werden.

Da nach dem Einsteinschen Gesetz

$$h \cdot \nu = \varepsilon \cdot V + k$$

die Höchstenergien der austretenden Elektronen um so geringer sind, je langwelligeres Licht zu ihrer Auslösung benutzt wird, so war anzunehmen, daß diese langsamen Elektronen von der dem ungeglühten Metall aufgelagerten Gasschicht zurückgehalten werden und nur die schnellen, durch kurzwelligeres Licht befreien, austreten können. Verdampft die Gashaut bei den anfänglichen Glühungen, so vermögen nun auch die langsamen Elektronen zu entweichen, die rote Grenze muß also nach längeren Wellen vorrücken. Diese Folgerung wird durch die Versuche vollauf bestätigt. Die rote Grenze, die sich in beiden Versuchsgruppen zu Anfang bei etwa $260 \mu\mu$ befindet, schießt beim ersten Glühen bis $300 \mu\mu$ vor; die Zahl der langsamen, durch langwelliges Licht ausgelösten Elektronen nimmt, wie die Kurve der Anstiegsverhältnisse L_{II}/L_I (Fig. 7) zeigt, sehr stark zu; nach kurzen Wellen dagegen senkt sich die Kurve steil herab, da die Elektronen die aufgelagerte Gasschicht um so besser zu durchdringen vermögen, je ultravioletter das sie auslösende Licht ist. Schon im Gebiet der Lichtelektrizität der Gase (wenn eine Extrapolation der Kurve L_{II}/L_I erlaubt ist) würde die Gasschicht kaum noch störend wirken, also kaum ein Unterschied zwischen dem mit der Gasschicht bedeckten und dem unbedeckten Metall zu bemerken sein.

Ferner war von vornherein anzunehmen, daß sich die rote Grenze bei weiterem Glühen wieder nach dem kurzwelligen Teil des Spektrums zurückzieht. Denn hierbei wird das im Metall absorbierte Gas ausgetrieben, besonders wenn man sehr stark erhitzt, und dadurch nimmt nach der früher entwickelten Vorstellung der primären Mitwirkung des absorbierten Gases beim lichtelektrischen Grundvorgang die lichtelektrische Wirkung ab, weil die zwischen den Metall- und Gasatomen wirkenden, die Abspaltung von Elektronen begünstigenden Kräfte nun mehr und mehr wegfallen. Und zwar müßte die Gasabnahme wiederum am stärksten im lang-

1) Bericht hierüber vgl. W. Hallwachs, Phys. Zeitschr. 21, S. 561. 1920.

welligen Gebiet wirken, da die langsamen Elektronen der befördernden Kräfte des Gases besonders bedürfen, allenfalls auch die Wegnahme des Gases die Schwingungszahl der lichtelektrischen Elektronen vergrößert.¹⁾ Auch diese Auffassung bestätigen die Versuche in allen Teilen. Die rote Grenze geht nach und nach von 300 $\mu\mu$ bis auf 270 $\mu\mu$ im ersten, bzw. 276 $\mu\mu$ im zweiten Versuche zurück. Entsprechend läßt die Kurve der Abnahmeverhältnisse L_{II}/L_{IV} (Fig. 7) erkennen, daß sich die Zahl der durch langwelliges Licht befreiten Elektronen bei der Entgasung stärker vermindert wie die der schnellen, durch kurze Wellen ausgelösten; allerdings in dem Maße, wie die Menge der langsamen Elektronen zunahm bei Beseitigung der Gasschicht (L_{II}/L_I), nimmt sie bei Verminderung der inneren Gasbeladung nicht ab (L_{II}/L_{IV}), denn jetzt werden auch die Elektronen von geringer Erstenergie nicht mehr durch eine aufgelagerte Gashaut am Austreten verhindert, die rote Grenze zieht sich also nur langsam zurück. Da die prozentuale Änderung der Elektronengeschwindigkeit für einen bestimmten Wellenlängenbereich infolge der Art des Anstieges der Erstenergien um so geringer ist, je größer die Geschwindigkeiten der Elektronen sind, macht sich das Fehlen der von den Gasmolekülen ausgeübten Kräfte nach der Entgasung um so gleichmäßiger bemerkbar, je kurzwelliger das auslösende Licht ist, d. h. die Kurve der Werte L_{II}/L_{IV} senkt sich um so langsamer, je weiter sie ins Ultraviolett verfolgt wird. Den Wert 1, bei dem ein Einfluß des Gases nicht mehr vorhanden wäre, erreicht das Abnahmeverhältnis noch lange nicht; auch nicht im Gebiet der Lichtelektrizität der reinen Gase (180—120 $\mu\mu$ nach Lenard), wie die Extrapolation der Kurve L_{II}/L_{IV} ergibt; auch hier hat also ein Vermindern der Gasbeladung die Abnahme der Zahl austretender Elektronen zur Folge.

Die gewonnenen Ergebnisse vermögen auch etwas Anleitung zu geben für die Auffassung einiger Versuche anderer Beobachter. Zunächst für die Untersuchungen der Herren Pohl und Pringsheim²⁾, die bei destilliertem Aluminium und Magnesium ein Wandern der langwelligen Grenze zu größeren

1) Vgl. W. Hallwachs, Die Lichtelektrizität. Handbuch der Radiologie 3. S. 427.

2) R. Pohl u. P. Pringsheim, Verh. d. D. Phys. Ges. 14. S. 546. 1912.

Wellen beobachteten; sie glaubten diese Erscheinung so deuten zu müssen, daß den durch Destillation erhaltenen Metallschichten eine Gashaut aufgelagert ist, die allmählich wegdiffundiert. Doch sie stellten ihre Metallspiegel im Vakuum her, in dem sich Ermüdungserscheinungen erst nach längerer Zeit zeigen; sie dürften daher zu Anfang vielmehr in dem Zustande gewesen sein, in dem sich die Platinfolie des Verfassers nach längerem Glühen befand, also äußerst gasarm. Durch allmähliche Gasaufnahme jedoch wuchs ihre lichtelektrische Empfindlichkeit mehr und mehr, und die rote Grenze verschob sich ins langwellige Gebiet. Erst als sie kein Gas mehr absorbieren konnten, bildete sich mit der Zeit auf der Oberfläche jene Gasschicht, die zu Ermüdungserscheinungen führte. Damit bestätigt sich die seinerzeit von Hrn. Hallwachs in diesem Sinne gegebene Erklärung¹⁾ dieser Versuche.

Dagegen dürfte das Wandern der Empfindlichkeitskurve bei den Untersuchungen S. Werners²⁾ auf den von Pohl und Pringsheim angegebenen Grund zurückzuführen sein. Denn während die beiden letzteren Beobachter die Destillation in guten Vakuum ausführten, stellte Hr. Werner seine kathodenzerstäubten Pt-Schichten in Stickstoff- oder Wasserstoffatmosphäre her; also Gasmoleküle waren genügend vorhanden, und sie dürften wohl schon bei der Schichtenherstellung begierig aufgenommen worden sein und auch ermüdende Oberflächenschichten gebildet haben, die dann im Vakuum durch Wegdiffundieren vermindert wurden, so daß auch die langsamen Elektronen aus dem stark mit Gas beladenen Metall heraustraten konnten, und die Kurve der spezifischen Lichtelektrizität sich nach dem langwelligeren Gebiete verschob.

Nachdem die Einwirkung der Gase auf den lichtelektrischen Grundvorgang erwiesen ist, möchten auch erneute Messungen der Höchstenergien zu seiner Klarstellung beitragen. Es wäre denkbar, daß sich durch Entgasung die Zahl der günstig von Gasatomen umlagerten Metallatome vermindert, und dadurch weniger Elektronen ausgelöst werden,

1) W. Hallwachs, Verh. d. D. Phys. Ges. 14. S. 646. 1912; vgl. auch W. Hallwachs, Die Lichtelektrizität. Handbuch der Radiologie 3. S. 426.

2) S. Werner, Ark. for Math. Fys. och Astr. 8. Nr. 27. Upsala 1912. Dissertation, Upsala 1913.

daß aber deren Erstenergien ungeändert bleiben. Ebensogut könnten jedoch auch die Höchstenergien von der Gasabsorption abhängig sein. Die Entscheidung hierüber würde vermutlich die Vorstellungen über die Einwirkungsart des Gases mehr zu spezialisieren gestatten.

Ferner dürfte die Entgasung auch auf die Kontaktpotentiale einwirken. Eine Untersuchung hierüber ist im hiesigen Institut im Gang.

§ 7. Zusammenfassung.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind also folgende:

1. Es wird die scheinbare spezifische Lichtelektrizität des Pt bei verschiedener Gasbeladung mit spektral zerlegtem Licht bestimmt unter thermoelektrischer Auswertung der einzelnen Linien der Hg-Lampe und Ermittlung der Absorption des Lichtes in Quarzlinse und Quarzdeckplatte der Zelle.

2. Die Versuche bestätigen vollkommen die aus den Arbeiten der Herren Kober, Sende und Simon, die weißes Licht verwendeten, gezogenen Folgerungen: Beim ersten Glühen der benutzten Pt-Folie schießt die rote Grenze von $260 \mu\mu$ bis $300 \mu\mu$ vor, da nun auch die langsamen, durch langwelliges Licht ausgelösten Elektronen, die vorher von der dem Metall aufgelagerten Gas-haut festgehalten wurden, austreten können; bei weiterem Glühen geht sie allmählich bis $270 \mu\mu$ zurück, da nun das absorbierte Gas ausgetrieben wird, weshalb besonders die langsamen Elektronen, die vor allem der befördernden von den Gasatomen ausgeübten Kräfte bedürfen, im Metall zurückbleiben.

Die rote Grenze muß quantitativ definiert werden als die Wellenlänge, bei welcher die spezifische Lichtelektrizität weniger als z. B. $\frac{1}{1000}$ des beobachteten Höchstwertes ausmacht; eine absolute rote Grenze gibt es nicht.

3. Aus den gewonnenen Werten der spezifischen Lichtelektrizität läßt sich ersehen, wie die Entgasungswirkung von der Farbe des verwendeten Lichtes abhängt: Während die Lichtelektrizität für die Linie $265 \mu\mu$ auf 1,8 bzw. 1,7 Proz. gesunken ist, hat sie sich für $217 \mu\mu$ nur auf 13,5 Proz. vermindert; die Abnahme ist also im langwelligen Gebiet größer als im kurzwelligen; die Kurve der Abnahmeverhältnisse ist

aber im äußersten Teil des untersuchten Ultraviolett so schwach gegen die Wellenlängenabszisse geneigt, daß auf eine Verminderung der Empfindlichkeit durch Entgasung auch noch in dem Gebiete des Spektrums zu schließen ist, in dem die reinen Gase lichtelektrisch beeinflußbar sind (180—120 $\mu\mu$), daß also merkliche Lichtelektrizität des *entgasten* Metalls wahrscheinlich erst bei noch kürzeren Wellenlängen zu erwarten ist.

Auch an dieser Stelle möchte ich meinem hochverehrten Lehrer, Hrn. Geheimrat Prof. Dr. W. Hallwachs, für die freundliche Anregung und Förderung der Arbeit, sowie Hrn. Dr. G. Wiedmann für seine wertvollen Ratschläge bei ihrer Anfertigung meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Dresden, Physik. Institut der Techn. Hochschule.

(Eingegangen 13. Januar 1922.)
