

VII. Mitteilungen über im Physikalischen Institut der Technischen Hochschule Dresden ausgeführte Arbeiten. *)

Mit 2 Tafeln.

A. Bericht von W. Hallwachs.

§ 1. Über eine die Variationen des Kontaktpotentials betreffende Arbeit von H. Beil.

Bei seinen Arbeiten über Kontaktpotential-Differenzen stiefs Herr Pellat auf einen „Einfluss eines Metalls auf die Oberfläche eines andern, welches in geringem Abstand ihm gegenübersteht“.**) Er fand, dafs das Kontaktpotential einer Platte durch Gegenüberstellung einer anderen vom selben oder anderen Metall verändert wurde und stellte quantitative Verschiedenheit des Einflusses fest je nach der Art des gegenüberstehenden Metalles.

Eine Reihe von Beobachtungen über Veränderungen des Kontaktpotentials sind ferner von einer grossen Anzahl von Beobachtern gelegentlich festgestellt worden, ohne dafs eine Erklärung dafür gegeben worden wäre. Dahin gehören ausser älteren Beobachtungen (Hankel, Gerland, R. Kohlrausch) einige Bestimmungen, welche ich gelegentlich einer früheren Arbeit über die Bestimmung der Kontaktpotential-Differenzen mit dem Quadrantelektrometer***) ausführte. Ferner fand ich gelegentlich lichtelektrischer Arbeiten eine Art von Gefälseinfluss auf das Kontaktpotential†), der sich aber von dem lichtelektrischen unterschied und beim Aufenthalt in einem Gefälse stets positiver Werden, beim Aufenthalt in freier Luft im allgemeinen negativer, zuweilen auch positiver Werden lieferte. Es war die Frage, ob für die erwähnten Änderungen eine Erklärung aufzufinden und eventuell die Beobachtungen von Pellat, die ja auch eine Art von Gefälseinfluss darstellen, auf eine gemeinsame Ursache mit denselben zurückzuführen wären.

Mit der Untersuchung dieser Verhältnisse liefs sich leicht die Bearbeitung der Frage, ob Jonenadsorption bei der Variation der Kontakt-

*) Vorgetragen in der physikalisch-chemischen Sektion der naturwissenschaftlichen Gesellschaft Isis in Dresden am 8. Juli 1909.

**) H. Pellat, C. R. 94, 1882, p. 1247 ff.

***) W. Hallwachs, Ann. der Physik 29, 1886, S. 10.

†) W. Hallwachs, Ber. d. sächs. Ges. der W., Band 58, 1906, S. 356; auch Ann. d. Physik 23, 1907, S. 477.

potentiale Einfluss hat, sowie die Überprüfung der Versuche des Herrn Aigner*) verbinden, welcher einen Einfluss des Lichtes auf die Kontaktpotentiale gefunden haben wollte, was für die Erklärung der lichtelektrischen Ermüdung von Wichtigkeit hätte sein können.

Die erwähnten Variationen treten besonders stark am Zink hervor, so dass dieser Körper das geeignetste Material zur Feststellung ihrer Ursachen bildet. Zugleich verspricht die Beherrschung dieser verhältnismäßig großen Variationen die Möglichkeit einer schärferen quantitativen Abschätzung der Wirkung von elektrischen Doppelschichten als Nebenursache der lichtelektrischen Ermüdung.

Über die vorerwähnten Fragen hat Herr H. Beil unter meiner Leitung eine Untersuchung angestellt. Dieselbe führte zu folgenden Resultaten:

1. Das Kontaktpotential frisch geputzter Zinkplatten nimmt im allgemeinen mit der Zeit ab. Diese Abnahme ist für eine im Zimmer liegende Platte von der Größenordnung von etwa 0,2 Volt in der ersten halben Stunde und erreicht nach etwa drei Stunden einen Wert bis zu 0,45 Volt.

2. Gefäßeinfluss: Im Innern eines Gefäßes ist die Abnahme vermindert und zwar umso mehr, je kleiner das Gefäß ist. In sehr kleinen Gefäßen wird eine früher außerhalb derselben eingetretene derartige Abnahme wieder rückgängig und zwar unter geeigneten Bedingungen bis zum Anfangswert.

3. Die unter 1. angeführte Abnahme wird einer Wirkung des Wasserdampfes, der Gefäßeinfluss der Verminderung dieser Wirkung infolge der geringeren Luftbewegung in Gefäßen verdankt. Diese Erklärung liefs sich durch Versuche über die Wirkung von Wasserdampf unter Vergleich verschiedener Konzentrationen, durch vergleichende Beobachtungen in gerührter und ruhiger Luft, sowie durch solche mit einem kleinen Gefäß im Innern eines größeren bei verschiedener Konzentration des Wasserdampfes als richtig beweisen.

4. Die schon vor langer Zeit von Pellat beobachtete und auf eine Ausstrahlung der Metalle zurückgeführte Beeinflussung des Kontaktpotentials durch nahe gegenübergestellte Platten liefs sich als ein spezieller Fall des unter 2. und 3. aufgeführten Gefäßeinflusses erweisen. Nach Bekanntsein der Wirkung des Wasserdampfes liefsen sich die Versuche über die Pellatsche Erscheinung einwandfreier einrichten und so die Unabhängigkeit von der Substanz der gegenüberstehenden Platten feststellen.

5. Da aus den geschilderten Versuchen folgt, dass Vermehrung des Wasserdampfes ein Hindernis für die Ausbildung hoher Kontaktpotentialdifferenzen ist, läfst sich die vielfach vorgetragene Ansicht, dass jene auf der Wirkung einer Wasserhaut beruhen, nicht länger halten.

6. Für weitere Arbeiten über die Art der Wirkung des Wasserdampfes ist zu berücksichtigen, dass die Wirkung desselben bei Einbringen in einen trockenen Raum wieder rückgängig wird, was ausschliesst, dass eine chemische Veränderung des Metalls die Ursache bildet. Da auch das Einbringen der Platte in ein Gefäß, welches Luft von gleichem Feuchtigkeitsgehalt enthält wie diejenige außerhalb des Gefäßes, in welchem die vorherige Abnahme des Kontaktpotentials stattfand, letzteres wieder ansteigen läfst, so kann der Wiederanstieg auch nicht auf die Verdampfung

*) Fr. Aigner, Ber. der Wiener Akad., Band 115, Nov. 1906, besonders S. 1492 ff. (S. 8 des Separatabzuges).

von H_2O von der Platte geschoben werden. Es müssen vielmehr noch andere Vorgänge im Spiele sein. Da festgestellt ist (Russel), daß sich an der Oberfläche von Metallen in feuchter Luft H_2O_2 bildet, dieses im Innern der Gefäße aber weggeht, wie dies die photographischen Wirkungen der Metallplatten beweisen, die mit Erfolg auf H_2O_2 zurückgeführt sind, so ist ins Auge zu fassen, daß dieser Körper im Spiele ist. Besondere Versuche zeigten, daß H_2O_2 das Kontaktpotential der Platten erniedrigt und zwar um einen Betrag (0,4 Volt), welcher mit den beim Lagern der Platten nach langer Zeit beobachteten Potentialerniedrigungen von gleicher Größenordnung ist.

7. Bei chemisch reinem Zink ist der Einfluß des Wassers erheblich geringer wie bei gewöhnlichem.

8. Kohlensäure verhält sich ähnlich wie trockene Luft. Im Zusammenwirken mit Wasserdampf erhält man kräftige Potentialerniedrigungen bei gewöhnlichem, nicht so bei chemisch reinem Zink. Im letzteren Falle sind die Wirkungen ganz, im ersteren größtenteils rückgängig zu machen. Diese Feststellung fand bei größeren CO_2 -Konzentrationen statt. Bei den gewöhnlichen Kohlensäuregehalten der Luft möchte deren Einfluß keine beträchtliche Rolle gegenüber dem des Wasserdampfes spielen.

9. Kupfer zeigt zwar qualitativ dieselben Erscheinungen wie Zink, aber nur mit dem zehnten Teile der Stärke.

10. Ein elektrostatiches Feld wirkt weder in trockenér, noch in feuchter Luft auf das Kontaktpotential: Jonenadsorption spielt also beim Gefäßeinfluß keine Rolle.

11. Ein Lichteinfluß auf das Kontaktpotential, wie ihn Herr Aigner gefunden zu haben glaubte, existiert innerhalb der bei den Versuchen in diesem Gebiet giltigen Fehlergrenzen nicht.

12. Verschiedene Reinigungsverfahren der Platten liefern sehr verschiedene Werte für das Kontaktpotential des Zinks, den höchsten Wert ergab das Abreiben mit gereinigtem Glasmehl, den tiefsten, und zwar $\frac{1}{2}$ Volt weniger wie bei Glasmehl, das Abdrehen oder Behandeln mit dem Schaber.

§ 2. Über eine die lichtelektrische Ermüdung des Zinks betreffende Arbeit von E. Ullmann.

In einer nach meinen letzten Veröffentlichungen*) über die lichtelektrische Ermüdung erschienenen Arbeit hat Herr Aigner**) Versuche beschrieben, aus denen er den Schlufß zog, daß der von mir früher gefundene Gefäßeinfluß nicht existiere und daß die früher durch Versuche widerlegte Anschauung, daß eine Ermüdung hervorrufende Lichtwirkung auf die Platten vorhanden sei, doch zu Recht bestehe. Herr Aigner hatte mit Zink gearbeitet, ein Körper, der zwar seiner leichteren chemischen Angreifbarkeit durch Atmosphärilien wegen von vornherein weniger geeignet erscheint, die tieferen Ursachen der lichtelektrischen Ermüdung aufzudecken, wie das bei meinen früheren Versuchen verwendete Cu und Pt, dessen diesbezügliche Untersuchung aber gerade wegen seiner großen Verschiedenheit von Cu und Pt die beste Gesamtorientierung gestatten möchte. Ich

*) W. Hallwachs, Phys. Ztschr. 5, 1904, S. 489; 7, 1906, S. 766; Ber. d. K. Sächs. G. d. W. 58, 1906, S. 341; Ann. d. Phys. 23, 1907, S. 459.

**) Wiener Ber. IIa, 115, 1906, S. 1485.

regte deshalb Herr E. Ullmann zu einer Arbeit über die lichtelektrische Ermüdung des Zinks an. Dieselbe sollte auch unter Bezugnahme auf die vorher erwähnte Arbeit des Herrn Beil die Frage nach dem etwaigen Einfluß von elektrischen Doppelschichten an der Oberfläche auf die lichtelektrische Ermüdung quantitativ weiter klären. Diese können nach meinen früheren Untersuchungen nur als Nebenursache in Frage kommen. Beim Kupfer war die Abschätzung der Größenordnung dieser Nebenwirkung wegen der Geringfügigkeit der erzielbaren Kontaktpotential-Variationen unvollkommen, bei den großen derartigen Variationen, die bei Zink auftreten, standen schärfere Schlüsse in Aussicht. Herr Ullmann verknüpfte mit diesen Untersuchungen solche über die lichtelektrische Empfindlichkeit des Zinks in verschiedenen Gasen und fand viel erheblichere Unterschiede, als man sie früher angenommen hatte.

Die Ergebnisse der Arbeit waren kurz zusammengefaßt die folgenden:

1. Das Resultat neuerer Versuche des Herrn Aigner, bei Zn-Platten bilde Belichtung eine Ursache der lichtelektrischen Ermüdung, trifft nicht zu, beruht vielmehr auf unvollständiger Versuchsanordnung. Nach deren Verbesserung findet sich, daß Zn keine Ausnahme für die von Herrn Hallwachs festgestellte Unabhängigkeit jener Ermüdung von der Belichtung liefert. Lichtwirkung kommt nur sekundär in Betracht, insofern bei großer ultravioletter Lichtstärke in der umgebenden Luft Ozon gebildet wird, welches dann seinerseits Ermüdungswirkungen ausüben kann.

2. Das Resultat des Herrn Aigner, die lichtelektrische Ermüdung weise bei Zn keinen Gefäßeinfluß auf, trifft nicht zu, beruht vielmehr auf der Wahl von Formen der zu vergleichenden Gefäße, welche keinen merklichen Unterschied im Gefäßeinfluß veranlassen können. Stärkere Variation der Gefäßgrößen stellte den Gefäßeinfluß auch bei Zn einwandfrei fest.

3. In Luft befindliches Zn erleidet im Gegensatz zu Cu durch die Einwirkung der Luftfeuchtigkeit stärkere lichtelektrische Ermüdung, bei welcher indes der Luftsauerstoff nicht mitwirkt, da sowohl in feuchtem Wasserstoff die gleiche Ermüdung auftritt, als auch feuchter Sauerstoff keine Vermehrung derselben liefert. Die durch Wasserdampf bewirkte Ermüdung wird in trockener Luft oder Wasserstoff wieder größtenteils rückgängig, welcher Umstand einige Eventualitäten für die ermüdende Wirkung des Wasserdampfes ausschließt, insbesondere die, daß die letztere auf einer chemischen Veränderung des Metalls beruht. Es liegt die begründete Vermutung vor, daß Wasserstoffsuperoxydbildung mit im Spiele ist*).

4. Die im Cu gefundene bedeutende Ermüdungswirkung des Ozons tritt auch bei Zn auf. Pumpt man darauf das Ozon weg, so steigt die Empfindlichkeit wieder an, z. B. von den im Ozon eintretenden 18% der Anfangsempfindlichkeit in Luft auf 75% der Empfindlichkeit in letzterer unter Berücksichtigung der auch in Luft inzwischen eintretenden Ermüdung. Analoges tritt bei ozonisiertem Sauerstoff ein. Daß die Ermüdung im Ozon nicht diesem, sondern gleichzeitig etwa gebildeten Stickstoffoxyden verdankt wird, wurde durch diesbezügliche Versuche ausgeschlossen.

*) S. § 1 unter 6. Daß Cu durch Wasserdampf keine dem Zn vergleichbare Ermüdung erleidet, stimmt damit, daß Cu auch photographisch unwirksam ist, kein H_2O_2 bildet

5. Das Resultat des Vergleichs der lichtelektrischen Empfindlichkeit in verschiedenen Gasen hängt sehr stark von der Schnelligkeit im Umfüllen der Gase ab. Obwohl dabei dreimal ausgepumpt wurde, liefs sich die Umfüllzeit unter Anwendung geeigneter Reservoirs auf drei Minuten herabdrücken. Die Gröfse der Anfangswerte der lichtelektrischen Empfindlichkeit in verschiedenen Gasen hatte dann eine nach den bisherigen Versuchen nicht zu erwartende Verschiedenheit. Den kleinsten Wert erhält man mit trockenem Wasserstoff, den gröfsten, das 17fache von dem in Wasserstoff, bei feuchter Kohlensäure, trockene Luft ergab etwa das dreifache, feuchte Luft das achtfache von Wasserstoff. Vorheriges Verweilen in den feuchten Gasen drückt die nachher zu erhaltende lichtelektrische Empfindlichkeit in den trockenen Gasen nicht herab, erhöht sie eher etwas, bei CO_2 indes schwächt es um 30—40%.

6. Änderungen des Kontaktpotentials, die beim Zink bedeutende Werte, bis zu 0,5 Volt, erreichen, haben keinen oder nur sehr geringen Einfluß auf die lichtelektrische Empfindlichkeit, eine Zurückführung der lichtelektrischen Ermüdung auf dieselben ist nicht möglich.

7. Die Reinigung der Zn-Oberflächen durch Schaben ist derjenigen durch Abschmirgeln vorzuziehen, da sie erstens höhere Konstanz der lichtelektrischen Anfangsempfindlichkeit und zweitens geringere Ermüdung liefert.

Überblickt man die Ergebnisse der vorstehenden Arbeit, so zeigt sich, dafs sie das durch meine früheren Versuche am Cu, CuO und Pt gewonnene Bild der lichtelektrischen Ermüdung bestätigen und ergänzen. Eine Hauptursache starker, lichtelektrischer Ermüdung bildet das Ozon, beim Zn auch der auf Cu und Pt nur sehr wenig wirksame Wasserdampf. In beiden Fällen besteht die nächste Wirkung der Agentien nicht in der Erzeugung von weniger lichtelektrisch empfindlichen, chemischen Metallverbindungen, vielmehr aller Wahrscheinlichkeit nach in ihrer Absorption durch das Metall*), sei es direkt, sei es nach einer vorausgegangenen Zersetzung. Wasserdampf wird eventuell dabei zunächst in H_2O_2 verwandelt. Die eingedrungene Substanz wirkt auf die Elektronen, bremst und absorbiert dieselben oder dämpft vielleicht auch ihre Schwingungen im Metall. Belichtung veranlafst keine, oder schärfer gesprochen primär keine Ermüdung, nur kann jene, indem sie bei grofser Lichtstärke gelegentlich das Medium verändert, z. B. Ozon bildet, sekundär wirksam werden. Auch die Variationen der Kontaktpotentiale, wie sie durch manche Agentien, z. B. Wasserdampf, Ozon oder durch Änderung der Reinigungsmethode der Oberflächen hervorgerufen werden, spielen bei der Ermüdung eine sehr geringe Rolle. Da einerseits das Licht Ermüdung gar nicht hervorruft und deshalb von ihm eventuell hervorgerufene elektrische Doppelschichten diese nicht erklären können, andererseits aber auch Änderungen von Doppelschichten, wie sie in den Variationen der Kontaktpotentiale zu Tage treten, beinahe gar keinen Einfluß auf die lichtelektrische Empfindlichkeit haben, kann Ausbildung elektrischer Doppelschichten für die Er-

*) Eine Konsequenz dieser Auffassung würde sein, dafs im Helium wegen seiner minimalen Absorption durch Metalle die lichtelektrische Empfindlichkeit besonders grofs sein müfste. Dies bestätigen Versuche von Herrn Dember (Ann. d. Phys. 20, 1906, S. 389), welcher in Helium etwa die 25fache Empfindlichkeit wie in Wasserstoff findet.

klärung der lichtelektrischen Ermüdung nicht bezw. nur ganz nebensächlich herangezogen werden. In einem Gefäß ist die lichtelektrische Ermüdung gegenüber dem freien Raume beträchtlich vermindert (Gefäßeinfluss), unter geeigneten Umständen steigt sogar die lichtelektrische Empfindlichkeit zunächst im Gefäß an, um aber nach einiger Zeit nach Passierung eines Maximums einer sehr langsamen, weiteren Ermüdung Platz zu machen. Letztere beruht nach meinen früheren Versuchen auf Gasabsorption der Platten. Die anfängliche Verminderung der Ermüdung bez. das Ansteigen der Empfindlichkeit haben ihre Ursache im Mangel an Ermüdungs-Agens im Gefäß unter Mitwirkung der wegen des Fehlens der Gasbewegung verringerten Zufuhr desselben zur Platte,*) sowie im Weggehen eines Teiles der bereits ad- und absorbierten Substanzen. Das letztere wirkt auf Vermehrung der Empfindlichkeit hin und kann nur dann zustande kommen, wenn diese Substanzen im Gasraume genügend fehlen, wie das bei Versuchen in Gefäßen für Ozon und das eventuell wirkende H_2O_2 der Fall ist. Der Sinn der Empfindlichkeitsänderung im Gefäß hängt davon ab, ob die gleichzeitig stattfindenden Ermüdungs- oder Erholungsprozesse kräftiger wirken. Herrn Ullmanns Versuche bei verschiedenen Gasen deuten darauf hin, daß das Licht außer auf die Platte auch auf die durch gegenseitige Kräfte zerfallbereite Gas-Metallschicht wirkt. Nähere Untersuchung möchte auch die Aufklärung der Kontaktpotentiale fördern.

§ 3. Orientierung im Ultraviolett mittelst Photographie auf Entwicklungspapier.

Das Auswählen einer bestimmten Lichtsorte des Ultravioletts, welches sich für viele Zwecke, bei mir für lichtelektrische Arbeiten, erforderlich macht, verlangt im allgemeinen ein ziemlich zeitraubendes Verfahren. Man muß ein Spektrometer aufstellen, den Raum verdunkeln können und scharfe Winkelmessungen ausführen, eventuell ein Okularrohr mit Kamera anwenden und dergl. mehr. Hat man nun vielleicht diese Meßvorrichtungen noch in eine bereits früher entstandene Versuchsanordnung einzubauen, bei welcher der Verlauf der Strahlen nicht horizontal gemacht werden kann, so muß das Spektrometer noch geneigt aufgestellt werden, was die Aufgabe noch viel zeitraubender macht. In vielen Fällen kann das Entwerfen des Spektrums auf einem Uranglas helfen, auch hier muß der Raum verdunkelbar sein und überdies ist die Identifizierung der Fluoreszenzlinien mit denen der veröffentlichten Photographien meistens recht umständlich, indem die große Empfindlichkeit der photographischen Platten Bilder liefern, bei denen die Stärke der Linien in anderem Verhältnis steht wie auf dem Glas, viele Linien, die auf letzterem kaum oder gar nicht zu sehen sind, machen in der Photographie einen ganz kräftigen Eindruck.

Diese Schwierigkeiten lassen sich durch Aufnahme des ultravioletten Spektrums auf Entwicklungspapier beseitigen. Letzteres ist für sichtbares Licht im Verhältnis zum ultravioletten ganz unempfindlich. Während man bei einer Hg-Lampe bei meiner Versuchsanordnung die Linien 365, 313,

*) Vergl. Versuche von H. Beil über die durch Rühren des Gases bewirkte Verminderung des Gefäßeinflusses beim Kontaktpotential. Vergl. auch W. Friese: Beiträge zur Kenntnis des Staubes in der Stadtluft, Diss. Dresden 1909, insbesondere Abschnitt 6, wo gezeigt wird, daß die Innenflächen der Scheiben eines Kastenfensters nur 2—3% von dem Staub anlagern, den die Außenflächen annehmen u. dergl.

254 bereits nach einer Sekunde Exposition erhielt, trat 406 erst nach 30 Sekunden, 436 erst nach 240 Sekunden hervor. Dieser Umstand bringt es mit sich, daß das Photographieren nicht im dunklen ausgeführt zu werden braucht, sondern auch in einem mäsig erhellten Raume vor sich gehen kann. Die Kamera reduziert sich auf ein Brett mit einem den Abmessungen des Spektrums entsprechenden Spalt und einen dahinter angebrachten Schieber, welcher zur Ausführung mehrerer Aufnahmen nacheinander mit einer Streckenverschiebung (einige Nägel, zwei Ohrenschauben und ein Stift) versehen ist. Eine Serie von solchen Aufnahmen des Spektrums der Quarz-Hg-Lampe zeigt Tafel II. Die Expositionsdauern betragen 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 Sekunden. Eine solche Serienaufnahme vermittelt auch einfach den Vergleich des auf dem Uraglas sichtbaren Spektrums entsprechend etwa der Aufnahme 4 und dem, was man auf der photographischen Platte sieht. Letztere läßt sich mit der Aufnahme 8 leicht identifizieren. Ein verschieblicher Spalt, an die Stelle des durch die Photographie bestimmten Ortes der betreffenden Lichtsorte gebracht, gestattet letztere auszublenden; ob dies scharf gelungen ist, läßt sich durch eine Aufnahme auf einem Streifen hinter den Spalt gebrachten Entwicklungspapieres kontrollieren. Andere Spektren, welche am gleichen Orte aufgenommen werden, können mit dem Spektrum der Hg-Lampe unter Vermittlung von quadriertem Pauspapier verglichen und so bezüglich ihrer Wellenlängen ebenfalls einfach identifiziert werden.*)

§ 4. Bogenspektren für den Unterricht.

Farbige Spektralfafeln existieren nur für die mittelst des Bunsenbrenners erzeugten Spektren. In der Vorlesung entwirft man nun z. B. bei dem Versuch mit der Umkehrung der Natriumlinien Bogenspektren und die Zuhörer wollen dann öfters nicht recht glauben, daß das dann auftretende Spektrum mit vielen Linien ein Natriumspektrum sei und dergl. mehr. Ich habe deshalb von meinen Mitarbeitern, Herrn Prof. Dr. Toepler und Herrn Dr. Wigand, bunte, mit einem geradsichtigen Prisma entworfene Spektren von Na, Li und Ba im Maßstabe von $100 \times 25 \text{ cm}^2$ nachbilden lassen**). Die beige gedruckte Tafel I gibt eine Dreifarbenphotographie dieser Spektren. Die im Bunsenbrenner sichtbaren Linien sind etwas länger gezeichnet. Die Farben wurden durch Vergleich von Spektralfarbenpapier mit dem direkt projizierten Bogenspektrum ausgewählt und aufgeklebt, wodurch bei den Originalen eine sehr frische Farbenwirkung erzielt worden ist.

§ 5. Abhängigkeit der spezifischen lichtelektrischen Empfindlichkeit des Kaliums von der Wellenlänge.

Im Anschluß an Versuche von Elster und Geitel***) hat man vielfach angenommen, daß die spezifische lichtelektrische Empfindlichkeit gewisser

*) Die Tafel ist leider weit hinter dem Original zurückgeblieben; so sieht man im letzten Spektrum statt der schönen Aufeinanderfolge der Linien des Originals ein allgemeines Schwarz. Indes gelingt es noch, die angeschriebenen Wellenlängen auf die weiter oben stehenden Spektren zu beziehen. Die Zahlen 221 und 224 sind etwa 1 mm nach links zu rücken, statt 280 muß es 281 heißen.

***) Nachbildungen des Originals, die drei Spektren zusammen auf einem $120 \times 150 \text{ cm}^2$ Bogen, können zum Preise von 6 M. bezogen werden. Bestellungen sind zu richten an Herrn Mechaniker Berg, Dresden-A., Physikalisches Institut der Technischen Hochschule, Bismarckplatz.

***) J. Elster und H. Geitel, Wied. Ann. 1894, 52, S. 433.

Metalle im Gebiet der sichtbaren Strahlen ein Maximum besitzt. Herr Braun*) fand dies z. B. für Ka bei $440 \mu\mu$. Nun zeigen alle Körper, welche im ultravioletten Licht untersucht worden sind, daß in diesem die stärkste lichtelektrische Wirkung stattfindet, Wirkungen im sichtbaren Gebiet entweder überhaupt nicht vorkommen oder doch schwach sind gegenüber denjenigen im Ultravioletten. Ka ist niemals im Ultraviolet untersucht worden, da man es bisher stets in Glasgefäßen eingeschlossen hatte. Es erschien mir wahrscheinlich, daß auf diese Unvollständigkeit der Untersuchung das Maximum zurückzuführen sei und daß die Erstreckung der Beobachtung ins Ultraviolet das Maximum beseitigen würde. Der Besitz einer Ka-Zelle mit Quarzfenster, welche Herr Dr. Dember die Freundlichkeit hatte, mir für einen anderen Zweck herzustellen, gab mir daher die Anregung, ihre lichtelektrische Empfindlichkeit für eine Anzahl Linien der Hg-Lampe zu untersuchen und eine thermoelektrische Ausmessung der Energie der betreffenden Linien zuzufügen, so daß man die spezifische lichtelektrische Empfindlichkeit, d. h. die lichtelektrische Empfindlichkeit bezogen auf gleiche einstrahlende Energiemengen, ermitteln konnte.

Das Resultat dieser Untersuchung gibt die folgende Tabelle. Die oberste Reihe enthält die benutzten Wellenlängen, die zweite die lichtelektrische Empfindlichkeit bezogen auf diejenige für die Linie 436 als Einheit, die dritte die mit der Thermosäule ermittelte Energie der einzelnen Linien, die vierte den Quotient der beiden vorigen, d. h. die spezifische lichtelektrische Empfindlichkeit.

Wellenlängen	578	546	436	406	365	313	254	217
Lichtelektrische Empfindlichkeit	0,032	0,083	1,00	0,79	2,18	3,01	1,98	3,90
Energie	0,99	1,42	0,84	0,56	1,00	0,76	0,33	0,46
spez. lichtelektrische Empfindlichkeit	0,032	0,058	1,18	1,42	2,18	3,98	6,0	8,5

Hierbei sind die Energiemessungen und die lichtelektrischen Messungen mit wesentlich derselben Versuchsanordnung bestimmt worden.

Es zeigt sich, daß bei der Ausdehnung der Untersuchung ins Ultraviolet hinein von einem im Sichtbaren liegenden Maximum nichts mehr zu sehen ist, daß vielmehr auch für Ka die spezifische lichtelektrische Empfindlichkeit im Ultraviolet durchaus am größten ist. Mit dem Wegfalle der Ausnahmestellung des Ka fallen auch die Konsequenzen weg, welche man an das vermeintliche Maximum im sichtbaren Teil des Spektrums geknüpft hat.

*) J. Braun, Diss. Bonn, 1906.

B. Bericht von H. Dember.

Über die Erzeugung positiver Strahlen durch ultraviolettes Licht.

Die von Herrn Goldstein*) entdeckten Kanalstrahlen der Glimmladung sind nach den Ablenkungsmessungen von Herrn Wien**) positiv geladene Teilchen, über deren Ursprungswert verschiedene Annahmen bestehen***). Da diese Kanalstrahlen sich nicht im äußersten heute erreichbaren Vakuum erzeugen lassen, so ist wegen der Anwesenheit der Gasreste eine Entscheidung darüber schwer, ob sie durch Stossionisation entstanden sind oder auch zum Teil dem Metall der Kathode entstammen.

Die folgenden Versuche sind zum Zwecke angestellt, den Ursprungsort der lichtelektrischen Kanalstrahlen†) zu bestimmen. Die lichtelektrische Wirkung findet auch im äußersten Vakuum statt, daher war zu erwarten, daß bei abnehmendem Gasdruck die durch Stossionisation entstandenen, positiven, lichtelektrischen Strahlen sich von denen trennen ließen, die etwa aus dem Metall der Kathode ausgelöst worden waren und daher vom Gasinhalt des Rohres sich unabhängig zeigen mußten. Außerdem mußte sich ein Einfluß der Stossionisation auch zeigen, wenn die lichtelektrischen Elektronen über ihre Grenzgeschwindigkeit (Ionisierungsspannung) beschleunigt wurden. Als lichtelektrisch empfindliche Kathoden wurden geschabte Gold-, Kupfer-, Zink- und Magnesiumplatten im Luft- und im Wasserstoffvakuum benutzt, die mit wenigen 0,75—1 mm weiten Bohrungen versehen waren. Sie standen unter Einschaltung eines empfindlichen Galvanometers mit der Erde in Verbindung, das gegenüberstehende Platinnetz konnte auf ein Potential von 0—440 Volt geladen werden. Hinter der durchlöcherten Kathode wurden die positiven Strahlen mit einer Metallplatte in einem Faradayschen Zylinder aufgefangen und durch die Aufladung eines sehr empfindlichen Quadrantelektrometers gemessen oder mit Hilfe der an einem Bronson-Widerstand hervorgerufenen Potentialdifferenz berechnet.

Messungen bei höheren Drucken (0,0022 und 0,0008 mm) ergaben bei einer Potentialdifferenz von 0 bis 5 Volt zwischen Platte und Netz ein starkes Ansteigen des positiven Stromes. Zwischen 6 und 8 Volt ist der Verlauf der diese Messungen darstellenden Kurven nur wenig gegen die Abszissenaxe (Potentialdifferenz auf der Abszisse, positive Strömung auf der Ordinate) geneigt, um dann bei höheren Potentialen schnell anzusteigen. Der Wendepunkt dieser Kurven liegt bei 7 Volt und seine Lage ist unabhängig vom Gasdruck.

Weiter zeigt der Verlauf dieser Kurven, daß zwei Arten von positiven lichtelektrischen Strahlen vorhanden sind, wovon die zwischen 0 und 5 Volt entstandenen vom Gasinhalt unabhängig sind, d. h. nicht durch Stossionisation entstanden sein können. Aus der Funkenspannung ($32700 \frac{\text{Volt}}{\text{cm}}$) läßt sich eine untere Grenze für die Grenzgeschwindigkeit zu 1,9 Volt berechnen, wenn man für die Elektronen einen $4\sqrt{2}$ so großen Wert für

*) E. Goldstein, Berl. Ber. 39, 1886, S. 691.

**) W. Wien, Wied. Ann. 65, 1898, S. 440.

***) Ausführliche Literaturangaben siehe bei P. Ewers, Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik III, 1906, S. 291.

†) H. Dember, Ann. d. Phys. 26, 1908, S. 403.

die freie Weglänge annimmt, als sie Gasmolekeln unter gleichen Umständen zukommt*).

Der niedrigste Wert, den ich in der Literatur für die Ionisierungsspannung finden konnte, ist 2,5 Volt**). Es lassen sich aber schon bei einer die Elektronen beschleunigenden Potentialdifferenz von 0,2 Volt deutlich positive Strahlen nachweisen. Durch weitgehendes Evakuieren nach dem Dewarschen Verfahren, nachdem mit einer Toepler-Hagenschen Quecksilberpumpe vorgearbeitet war, wurden Drucke von $9-11 \cdot 10^{-6}$ mm Quecksilberdruck erreicht und mit einem Mc-Leodschen Manometer von $540,7 \text{ cm}^3$ Quecksilbergefältsinhalt zuverlässig gemessen. Dabei zeigte sich, daß der durch Stossionisation bedingte Teil des positiven Stromes sich fast vollständig zurückdrängen liefs.

Frühere Versuche***) und eine Beobachtung von Rubens und Ladenburg†), sowie das Auftreten dieser vom Gasinhalt unabhängigen positiven Strahlung, machen es wahrscheinlich, daß unter der Einwirkung des Lichtes auch positiv geladene Metallionen die bestrahlte Platte verlassen.

Die Versuchsanordnung gestattet, die Geschwindigkeit der positiven Strahlen zu messen. Da die Strahlen unter verschiedenen Winkeln und aus verschiedenen Tiefen des Metalls herauskommen, verlassen sie dieses mit Geschwindigkeiten, die von 0 an ansteigen werden. Sogleich nach dem Verlassen des Metalls unterliegen sie der Kraft des äußeren Feldes, beschreiben eine mehr oder weniger steile Parabel und werden nach geringer Flughöhe wieder auf die Platte zurückgeworfen. Wenn nur wenige Gasreste von der Kathode vorhanden sind, so erreichen sie die Oberfläche mit derselben Geschwindigkeit, mit der sie aus ihr herausgeflogen sind. Denjenigen positiven Teilchen, die aus der näheren Umgebung einer Durchbohrung ausgelöst sind und unter einem steilen Winkel aufgefliegen waren, gelingt es, die Kanäle zu durchsetzen und ihre Ladungen auf der Auffangplatte im Faradayschen Zylinder abzugeben.

Die Potentialdifferenz zwischen Platte und Netz, der es gelingt, die positiven Strahlen in ihrer Flugrichtung umzukehren, ist in Volt ausgedrückt, ein Maß für die Geschwindigkeit, mit der sie das lichtelektrisch empfindliche Metall verlassen haben. Eine weitere Diskussion der Kurven ergibt das Resultat, daß die größere Menge der vom Gase unabhängigen positiven Strahlen — der inneren positiven Strahlen — aus Teilchen besteht, die mit Geschwindigkeiten von 0 bis etwa 4 Volt das Metall unter der Einwirkung des ultravioletten Lichtes verlassen.

Die positive Strömung der lichtelektrischen Entladung bei Drucken oberhalb etwa $\frac{2}{1000}$ mm Quecksilberdruck und Potentialdifferenzen, die 7 bis 8 Volt überschreiten, besteht zum größten Teil aus positiven Ionen, die im Gase durch die Zusammenstöße der Elektronen mit den Gasmolekeln erzeugt worden sind. Messungen in Luft und Wasserstoff ergaben, daß bei Drucken unterhalb $\frac{2}{1000}$ mm und wenn die Entfernung der Anode von der empfindlichen Metallplatte nur gering ist, die Gasreste nur eine verschwindende Rolle spielen.

*) J. C. Maxwell, Phil. Mag. (4) 19, 1860, p. 29.

***) H. A. Wilson, Phil. Trans., A. 197, 1901, p. 415.

***) P. Lenard u. M. Wolf, Ann. d. Phys. 37, 1889, S. 443; R. v. Helmholtz u. P. Richarz, Wied. Ann. 40, 1890, S. 187; vergl. auch J. Stark, Phys. Zeitschr. 9, 1908, S. 894.

†) H. Rubens u. E. Ladenburg, Ber. d. Dtschn. Physik. Ges. 5, 1907, S. 749.

Ergebnisse:

Die Versuche zeigen, daß beim lichtelektrischen Phänomen nicht nur Elektronen und negative Träger auftreten, sondern auch positive Strahlen. Und zwar sind zwei Arten positiver Strahlen zu unterscheiden.

1. Die inneren positiven Strahlen, die soweit das jetzt vorhandene Versuchsmaterial zu urteilen gestattet, aus Metallionen bestehen, die eine gewisse Menge der Energie des auffallenden Lichtes absorbierend, das Metall mit Geschwindigkeiten verlassen, die zwischen 0 und 5 Volt liegen.
2. Es entstehen durch den Zusammenstoß der von einer Potentialdifferenz von mehr als 7 Volt (8 Volt = Ionisierungsspannung) beschleunigten lichtelektrischen Kathodenstrahlen mit den Gasresten positive Träger — die äußeren positiven Strahlen — für welche analoge Existenzbedingungen gelten, wie für die negativen Träger der lichtelektrischen Entladung. Es läßt sich an ihnen das Stoletow-Righische*) Maximum ihrer Zahl bei einem bestimmten Druck nachweisen.

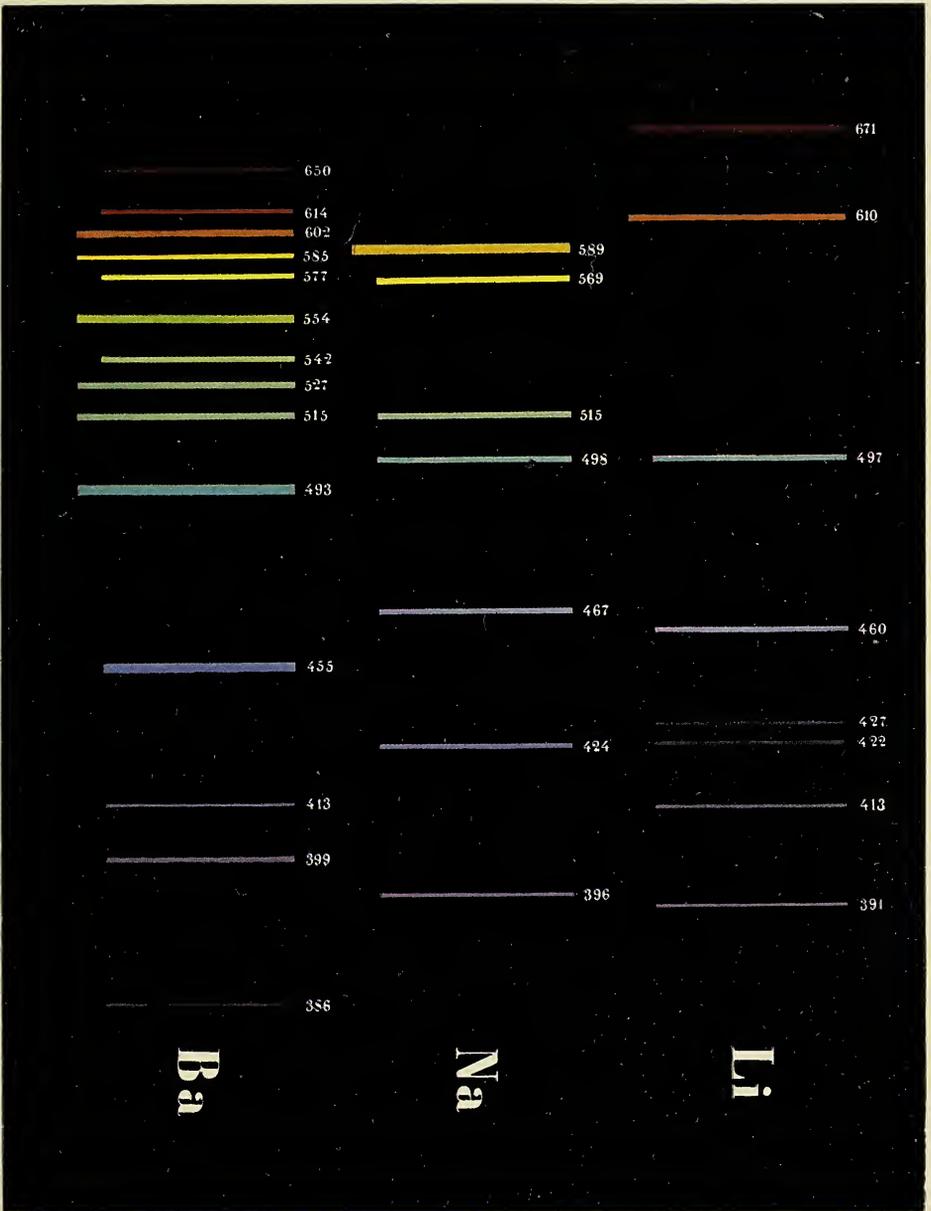
Die lichtelektrische Erregung wurde bisher angesehen als hervorgerufen durch die den ausgelösten Kathodenstrahlen äquivalenten positiven Ladungen, die auf dem Metall zurückbleiben. Der Nachweis der inneren positiven Strahlen des lichtelektrischen Phänomens gestattet einen etwas weiteren Blick in den Mechanismus dieses Vorganges.

Bestrahlt man eine isoliert aufgestellte Metallplatte mit Strahlen wirksamen Lichtes, so werden sowohl Elektronen als auch positive Ladungen aus dem Metall herausbefördert. Es verlassen mehr Elektronen das Metall als positive Strahlen, infolge davon lädt die Platte sich positiv auf. Die positive Ladung der Platte bremst die Geschwindigkeit der herausfliegenden Elektronen. Die negative Strömung, die von der Platte weggeht, nimmt hierdurch ab und wird schließlich gleich der durch das positive Potential beschleunigten positiven, so daß der Gesamtwert der negativen und positiven Ladungen, die auch noch nach Erreichung des Endpotentials von der Kathode weggehen, gleich Null wird.

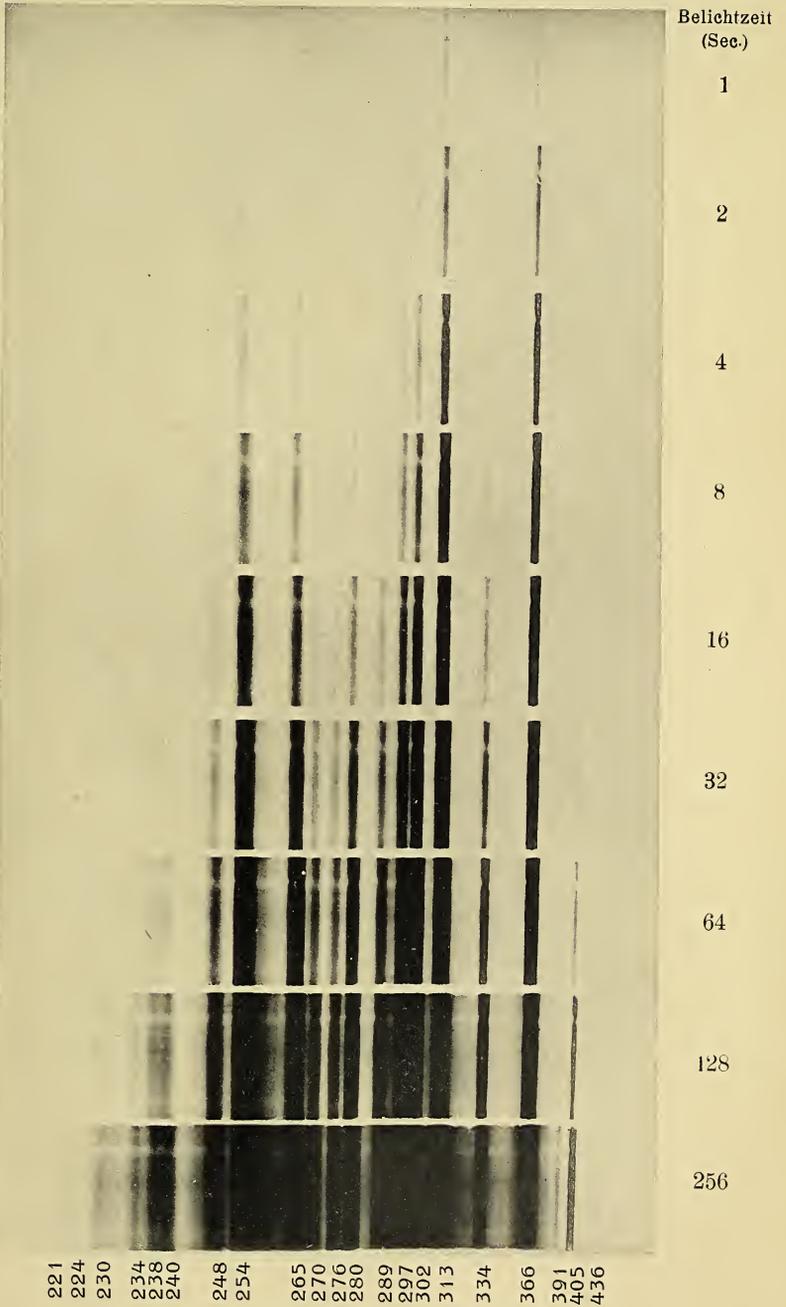
Außerhalb der bestrahlten Platte können durch den Zusammenprall dieser Ladungen verschiedenen Vorzeichens neutrale Atome entstehen, die z. B. bei der Glimmentladung in Geißlerschen Röhren eine lichtelektrische Wirkung durch das Licht der Entladung selbst erleiden. Auf solche Weise läßt sich vielleicht eine Erklärung für den von Herrn Wien gefundenen „Dissoziationsprozeß zwischen Atomen und Elektronen“ im Kanalstrahlstrom geben. Man hat es demnach bei den leuchtenden Entladungen nicht nur mit einer Ionisation der neutralen Gasmolekeln durch Stossionisation zu tun, sondern es tritt dazu noch die ionisierende Wirkung des Lichtes, also eine elektromagnetische Ionisation.

Dresden, Physikalisches Institut, Juli 1909.

*) A. Stoletow, Compt. Rend. 107, 1888, p. 91; A. Righi, Atti della Reale Acad. dei Lincei (2) 6, 1890, p. 81; A. Stoletow, Journ. de Phys. (2) 9, 1890, p. 468.



Quecksilberlampe; Entwicklungspapier.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte und Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Isis in Dresden](#)

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: [1909](#)

Autor(en)/Author(s): Hallwachs Wilhelm

Artikel/Article: [VII. Mitteilungen über im Physikalischen Institut der Technischen Hochschule Dresden ausgeführte Arbeiten 1065-1075](#)