PHYSIK UND CHEMIE.

NEUE FOLGE. BAND 52.

1. *Weitere lichtelectrische Versuche; von
J. Elster und H. Geitel.*

I. Ueber die lichtelectrische Empfindlichkeit der Alkalimetalle
Natrium, Kalium, Rubidium.

In einer früheren Mittheilung ¹⁾ hatten wir als Regel den Satz aufgestellt, dass die lichtelectrische Empfindlichkeit eines Metalles durch seine chemische Natur in der Art bestimmt wird, dass die am meisten electropositiven auch die lichtempfindlichsten sind. Aber nicht nur das Vermögen, gegen schwache Lichteindrücke empfänglich zu sein, nimmt mit dem electropositiven Charakter des Metalles zu, sondern es stellt sich zugleich eine gesteigerte Fähigkeit heraus, auf Licht von immer grösseren Wellenlängen zu reagiren. Während z. B. Platten von Platin, Silber, Kupfer der Bestrahlung durch intensives ultraviolette Licht bedürfen, um die lichtelectrische Erregung und Zerstreuung zu zeigen, wirkt auf Zink, Aluminium, Magnesium schon merklich das sichtbare Violett und Blau ²⁾, während schliesslich für die Alkalimetalle in einer Atmosphäre verdünnten Wasserstoffes der Bereich der Empfindlichkeit bis in das spectrale Roth vordringt und der Schwellenwerth für das Eintreten einer messbaren Wirkung bei Lichtintensitäten liegt, die selbst nach der Schätzung des Auges als geringe bezeichnet werden müssen.

Nachdem wir nun durch eine veränderte Versuchsanordnung die früher von uns ausschliesslich verwandte electrometrische Methode der Messung durch die galvanometrische ³⁾

1) J. Elster u. H. Geitel, Wied. Ann. **43**. p. 225. 1891.

2) J. Elster u. H. Geitel, Wied. Ann. **38**. p. 497. 1889. Neuerdings bestätigt durch E. Branly. Sur la déperdition de l'électricité à la lumière diffuse et à l'obscurité. Compt. Rend. **116**. Nr. 15. p. 741. 1893.

3) J. Elster u. H. Geitel, Wied. Ann. **46**. p. 287. 1892 und **48**. p. 625. 1893.

ersetzt haben, ist es uns möglich geworden, Vergleichen der Farbenempfindlichkeit der Alkalimetalle Natrium, Kalium, Rubidium mit einiger Genauigkeit auszuführen. Wir theilen im folgenden die Methode und die Ergebnisse dieser Untersuchung mit.

Die evacuirten Recipienten, in denen wir die Metalle dem Lichte aussetzten, bestanden aus vor der Lampe geblasenen Glaskugeln von der in Fig. 1 a dargestellten Form.

Die Einführung des Kaliums und Natriums geschah nach der früher beschriebenen Methode. Das Rubidium erforderte wegen der Kostbarkeit des Materials ein besonderes Verfahren, das wir auch bei einigen Kaliumzellen mit Erfolg anwandten. In Fig. 1 b sei *A* der zur Aufnahme des Metalles bestimmte

Fig. 1a.

Fig. 1b.

Recipient. Es kam darauf an, mit Aufwendung von möglichst wenig Material eine zusammenhängend leitende Rubidiumschiicht herzustellen, die etwa die Hälfte der inneren Zellenwand bedeckte und mit der Electrode *x* in metallischem Contacte war. Zu dem Zwecke stellten wir zunächst in der Kugel *A* einen Belag von metallischem Silber her, der sich von *x* aus bis

zu dem Kreise *uv* erstreckte. In den Ansatz *B* brachten wir ein etwa bohngrosses Stück Rubidium, dass durch anhaltendes Waschen in immer erneutem Benzin von dem anhaftenden Petroleum gereinigt war. Der Apparat wurde nun an der Quecksilberluftpumpe evacuiert, dann mit verdünntem Wasserstoff, der in bekannter Weise aus Palladiumdraht entwickelt wurde, gefüllt, und das Rubidium, um die einschliessende Rinde von Hydroxyd zu zersetzen, geschmolzen. Alsdann erwärmten wir die Silberschiicht durch eine Bunsenflamme gelinde, ein plötzlicher Uebergang des gelblichen Farbentones in einen grauen zeigt eine moleculare Umlagerung, vielleicht auch die Reduction einer Spur von Silberoxyd an. Man lässt nun *A* erkalten und destillirt bei geringer Wärme das Rubidium aus dem Ansatzrohre langsam nach *A* hinüber. Hierbei bedeckt sich die ganze Zelle, auch die unbelegte Glaswand,

mit einer undurchsichtigen Schicht feiner Rubidiumtröpfchen. Ist alles Metall überdestillirt, so verjagt man schliesslich durch anhaltendes Bestreichen mittelst der Bunsenflamme die an den unbelegten Theilen des Glases sublimirten Tröpfchen und sammelt die gesammte Masse des Rubidiums auf der Silberschicht an, auf der sie mit völlig blanker Oberfläche, etwa wie Quecksilber auf einem verzinnten Eisenbleche, haftet. Durch geeignetes Drehen während des Erkaltes gelingt es leicht, die ganze Silberbelegung mit einer Decke von starrem Rubidium zu überziehen.

Das Rubidiummetall, ein etwa grammschweres Stück (nach Ausweis einer spectroscopischen Probe von vorzüglicher Reinheit) bezogen wir von den Hrn. Dr. Bender und Hobein in München.

In ähnlicher Weise lassen sich auch Kaliumzellen herstellen, bei Natrium führt das Verfahren viel schwieriger zum Ziele wegen der höheren Siedetemperatur des Metalles und seiner nur geringen Fähigkeit, an Silberflächen zu haften.

In sämmtlichen Zellen war das Vacuum über Wasserstoff hergestellt, die Trennung von der Pumpe erfolgte durch Abschmelzen bei dem Grade der Verdünnung, mit welchem das Maximum der Lichtempfindlichkeit erreicht war. Um diesen Moment sicher zu erkennen, verbanden wir die Alkalimetallfläche der noch an der Pumpe befindlichen Zelle mit dem negativen Pole einer Trockensäule und einem Electroskope, dessen Gehäuse mit dem positiven Pole und der Platin- oder Aluminiumelectrode (γ) communicirte. Das einfallende Licht wurde so geregelt, dass die Aluminiumblättchen eine starke Divergenz zeigten. Bei fortschreitender Verdünnung des Gases fallen sie mehr und mehr zusammen, sodass es nöthig wird das Licht abzudämpfen, um die Divergenz wieder herzustellen. Erreicht der Druck etwa $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ mm, so ergiebt eine weitergehende Verdünnung zunächst eine nur geringe oder gar keine Aenderung mehr, bei fernerm Evacuiren würde die Divergenz der Blättchen wieder wachsen, die Empfindlichkeit der Zelle also abnehmen. Bei dieser günstigsten Verdünnung wurde die Zelle von der Pumpe abgeschmolzen. Ist das Maximum der Empfindlichkeit etwa überschritten, so kann man leicht durch Entwickeln von Wasserstoff aus Palladiumdraht wieder zu höheren Drucken übergehen.

Lässt sich nun auch das Optimum des Gasdrucks für alle Zellen ohne Schwierigkeit finden, so sind sie doch nicht in allen übrigen Beziehungen vergleichbar zu machen. Selbst wenn die äusseren Dimensionen der Glashüllen genügend übereinstimmten, würde man doch noch kein Mittel haben, die wirkenden Metallflächen in genau derselben Grösse und gleichartiger Beschaffenheit herzustellen. Ein Umstand, von dem ferner die Empfindlichkeit der Zelle abhängt, ist die Stellung der positiven Electrode zur Alkalimetallfläche. Es gibt hier eine günstigste Entfernung; wird diese nach der einen oder anderen Seite überschritten, so findet stets eine Vermehrung des inneren Widerstandes der Zelle statt. (Zu einem ganz entsprechenden Resultat ist Hr. A. Righi¹⁾ bei der Untersuchung der gewöhnlichen, nicht photoelectrischen, Zerstreuung der Electricität im luftverdünnten Raume gekommen.) Es ist bei unserer Methode, die Zellen herzustellen, noch Sache des Zufalls, jene zweckmässigste Lage der Electrode zu treffen.

Aus diesem Grunde wäre es verfrüht, die spezifische Empfindlichkeit der Alkalimetalle für Licht einer bestimmten Wellenlänge in der Art definiren zu wollen, dass man die eines bestimmten Metalles als Einheit einführt.

Dass solche specifischen Unterschiede vorhanden sind, dass speciell das Rubidium dem Kalium und Natrium an Lichtempfindlichkeit überlegen ist, dürfte indessen aus den unten mitgetheilten Messungen unzweifelhaft hervorgehen.

Viel leichter ist es möglich, die Zellen in der Weise zu vergleichen, dass man sie der Reihe nach verschiedenfarbigem, für alle an Intensität gleichem Lichte aussetzt. Es war zu erwarten, dass sich hierbei Unterschiede in dem Verhältnisse der Farbenempfindlichkeit für die drei Metalle ergeben würden.

Zur Herstellung farbigen Lichtes verwandten wir eine Petroleumlampe, vor welche in parallelwandigen Glaströgen Lösungen von Kupferoxydammoniak (blau), Kaliumchromat (roth bis grün), Kaliumbichromat (dasselbe mit Ausschluss von grün) und eine Platte tiefrothen Kupferoxydulglases geschaltet werden konnte. Mittels eines Spectroskops, dessen Scala wir nach den Linien des Kaliums, Lithiums, Natriums, Thalliums und Stron-

1) A. Righi, R. Accad. delle Scienze dell' Istitute di Bologna (5) 3. p. 115. 1893.

tiums (blau) geaicht hatten, fanden wir für die Grenzen der so ausgeschiedenen Spectralbezirke folgende Wellenlängen (in 10^{-6} mm).

Für blau:	Von 430—573
„ roth-grün	„ 510—753 (im Folgenden kurz mit Gelb bezeichnet)
„ gelb-roth	„ 538—753 („ „ „ „ Orange „
„ roth	„ 604—716.

Die Zellen mit den drei zu untersuchenden Metallen standen in einem innen geschwärzten Kasten in gleicher Entfernung (67 cm) von der Lichtquelle unmittelbar nebeneinander. Die Natrium- und Rubidiumzelle hatten je 40 mm, die Kaliumzelle 60 mm Durchmesser. Der Kasten war durch einen Schieber lichtdicht abschliessbar, der die absorbirende Flüssigkeit enthaltende Glastrog wurde so aufgestellt, dass beim Oeffnen des Kastens die Zellen gleichmässig von dem farbigen Licht getroffen wurden. Als Stromquelle diente eine Batterie von 120 Zink-Salmiaklösung-Kohleelementen, 100 entsprechend construirten Trockenelementen von sehr hohem inneren Widerstande und 24 Zink-Zinksulfatlösung-Kupferelementen in der Gesamtspannung von etwa 260 Volt. Diese Batterie wurde je nach Bedarf ganz oder nur theilweis angewandt, ihr negativer Pol stand mit der Alkalimetallfläche der Zelle, ihr positiver mit der Platin- oder Aluminiumanode in Verbindung. Die Messung der Stromintensität geschah an dem früher schon bezeichneten Galvanometer (Widerstand der Rollen: 3800 Ohm, Empfindlichkeit: 1 Scalenthail etwa gleich 10^{-11} ¹⁾ Ampère). Der Strom konnte durch eine Wippe umgelegt werden. Um die Umschaltung der drei Zellen leicht bewirken zu können, benutzten wir einen in einen Paraffinblock hineingearbeiteten Quecksilbernafpcommutator. Jeder Messung in farbigem Licht ging eine solche mit weissem voran.

Wir erhielten folgende Beobachtungsreihen:

Farbe des Lichtes	12. Februar 1894. Stromintensität für:		
	Na	K	Rb
Weiss	21,0	53,1	537,0
Blau (Kupferoxydammoniak)	7,8	30,3	86,8
Weiss	22,6	52,9	527,7
Gelb (Kaliumchromat)	8,2	3,5	339,7
Weiss	21,9	53,9	552,3
Orange (Kaliumbichromat)	3,1	2,2	182,0
Weiss	21,9	52,9	527,7
Roth (Kupferoxydulglas)	0,2	0,1	21,0

1) Wied. Ann. 48, p. 627 steht infolge eines Druckfehlers 10^{-10} Amp.

Man erkennt zunächst, dass die Rubidiumzelle den beiden anderen durchweg bei weitem überlegen ist. Der Abstand ist so gross, dass er nicht wohl auf zufällige äussere Form- und Grössenunterschiede der Recipienten zurückgeführt werden kann. Der in der Tabelle ebenfalls hervortretenden geringeren Ueberlegenheit des Kaliums über das Natrium bei Beleuchtung durch weisses Petroleumlicht möchten wir dagegen nicht den Werth eines allgemeinen Ergebnisses beimessen, da diese Differenz sehr wohl durch die äussere Beschaffenheit der Zellen, etwa den Grössenunterschied, bedingt sein kann.

Setzt man nun, um einen Vergleich zu haben, die für weisses Licht erhaltenen Galvanometerausschläge bei jeder Zelle gleich der Einheit, so erhält man folgende Tabelle der relativen Farbenempfindlichkeiten:

	Blau	Gelb	Orange	Roth
Rb	0,16	0,64	0,33	0,039
K	0,57	0,07	0,04	0,002
Na	0,37	0,36	0,14	0,009

Hier fällt in der ersten Verticalreihe zunächst die starke Blauempfindlichkeit des Kaliums auf, die wir schon früher constatirt hatten. Viel empfindlicher gegen Licht grösserer Wellenlänge ist schon das Natrium, das gegen Gelb und Orange noch lebhaft reagirt, am ausgeprägtesten zeigt sich aber die Verschiebung der Empfindlichkeit nach dem rothen Ende des Spectrums hin bei dem Rubidium.

Sehr instructiv in dieser Beziehung ist der folgende Versuch. Man ersetzt die Petroleumlampe durch eine etwa 30 cm entfernte vermittels einer Natriumsalzperle gefärbte Bunsenflamme. Alle drei Zellen zeigen einen photoelectrischen Strom an. Schaltet man nun eine gesättigte Lösung von Kaliumbichromat vor, so ist für das Auge nur eine sehr geringe Verminderung der Lichtstärke wahrnehmbar. Die Kaliumzelle gibt nun keinen deutlich messbaren Strom mehr, ein Zeichen, dass hier nur das inhomogene blaue Licht wirksam gewesen ist, das ja der glühende Natriumdampf reichlich ausstrahlt, Natrium und Rubidium weisen dagegen fast unvermindert die alte Intensität auf. Hier ist es also das Licht von der Wellenlänge der D-linien, dem die Wirkung zuzuschreiben ist.

Sehr auffallend ist ferner die Empfindlichkeit des Rubidiums für die rothen Strahlen. Man erhält noch starke Galvanometer-

ausschläge im Lichte einer durch eine Lithiumsalzperle gefärbten Bunsenflamme, in dessen Gang man zur Ausscheidung der kürzeren Wellenlängen ein dunkelrothes Kupferoxydulglas eingeschaltet hat.

Im völlig verfinsterten Raume lässt sich die lichtelectrische Entladung an einer Rubidiumfläche schon durch einen schwach glühenden Glasstab oder Metallkolben einleiten. Empfindlicher wie das Auge ist die Zelle indessen nicht, wir konnten wenigstens keine Wirkung mehr wahrnehmen, sobald für das Auge der letzte Lichtschimmer verschwunden war.

Schliesslich müssen wir noch einer Erscheinung gedenken, die uns früher, als wir meist mit Kaliumzellen zu thun hatten, entgangen war, nämlich der zuweilen eintretenden dauernden Steigerung der Empfindlichkeit durch einen Strom, der mit schwach leuchtender Entladung durch die Zelle hindurchgeht, während das hell beleuchtete Alkalimetall die Kathode bildet. Wir hatten wohl sonst die Erfahrung gemacht, dass die Zellen durch hochgespannte Ströme an Empfindlichkeit einbüßen und dass erst durch Umschmelzen des Kathodenmetalls eine Regenerirung möglich ist. Bei den Rubidium- und einigen Natriumzellen fanden wir aber eine nicht unbedeutende Zunahme der Empfindlichkeit (bis 27 Proc. besonders für die grösseren Wellenlängen), wenn wir bei heller Beleuchtung mittels eines nahe gerückten Auerbrenners den Strom der gesamten Batterie hindurchsandten. Wegen des hohen Widerstandes der Trockenelemente ging dieser mit nur schwacher, von dem Auerbrenner fast ganz überstrahlter Lichtentwicklung hindurch. Grelle Beleuchtung bei einer zur Einleitung der leuchtenden Entladung nicht ausreichenden Potentialdifferenz führte meist zu einer Abnahme der Empfindlichkeit, ohne Durchgang des Stromes war das Licht von keiner merklichen Wirkung.

Ob vielleicht noch Spuren von Verunreinigungen der Metallflächen, die unter dem Einflusse des Stromes ihren Ort in der Zelle wechseln, diese Unregelmässigkeiten bewirken, konnten wir nicht feststellen. Sehr gering und nur bei extrem starken Belichtungen und daher auch intensiveren Strömen nachweisbar waren diese Schwankungen bei Kaliumzellen.

II. Ueber die Einleitung photoelectrischer Ströme durch polarisirtes Licht.

Der Versuch, einen Zusammenhang zwischen der Intensität eines photoelectrischen Stromes und der Richtung der Lichtschwingungen gegen die vom Lichte getroffene negativ electrisirte Oberfläche aufzufinden, begegnet einer eigenthümlichen Schwierigkeit, so lange man auf die Verwendung der Alkalimetalle als Versuchsobjecte verzichtet. Diese liegt darin, dass die gebräuchlichen Polarisationsvorrichtungen, wie Glasplattensätze, Nicol'sche Prismen, Turmalinplatten ihren Dienst dem ultravioletten Lichte gegenüber versagen, weil die Substanz, aus der sie bestehen, völlig oder zum Theil für Strahlen dieser Art undurchsichtig ist. Es bleibt zwar als ein Mittel, polarisirtes Licht zu gewinnen, noch die Reflexion an nicht-metallischen Flächen übrig, aber auch diese ist mit starkem Intensitätsverluste verbunden, so dass der Erfolg von vornherein zweifelhaft erscheint.

Ungleich bequemer wird die Untersuchung, sobald man mit solchem Lichte operiren darf, das im Bereiche des sichtbaren Spectrums liegt. Allerdings tritt dagegen als eine Erschwerung des Verfahrens die Nothwendigkeit auf, eine ebene Fläche von Alkalimetall in einem verdünnten chemisch indifferenten Gase herzustellen. Geschmolzene Massen von Kalium und Natrium geben bei ruhigem Erkalten infolge der krystallinischen Structur des starren Metalles und seiner starken Zusammenziehung beim Festwerden stets rauhe unregelmässige Oberflächen. Sehr geeignet ist dagegen die bei gewöhnlicher Temperatur flüssige, im Verhältnisse der Aequivalente zusammengesetzte Legirung der beiden Metalle. Ist diese mit gehöriger Sorgfalt rein genug dargestellt, so bildet sie in grösseren Mengen eine blanke, am Rande stark gewölbte Oberfläche, die in ihrer Mitte einer horizontalen Oberfläche um so näher kommt, je ausgedehnter sie ist. Allerdings wachsen die Schwierigkeiten mit der Menge der zu verarbeitenden Substanz so sehr, dass es uns noch nicht gelungen ist, durch Vergrösserung der Fläche die Wölbung im Centrum so zu verkleinern, dass genauere Messungen des Einfallswinkels an dieser Stelle vorgenommen werden könnten. Die Darstellung der Legirung geschieht in der früher be-

schriebenen Weise durch Zusammenschmelzen der gereinigten Bestandtheile im Vacuum.

Wir benutzten zu den Versuchen mit polarisirtem Lichte eine Zelle von der in Fig. 2 gezeichneten Form, die wir ebenfalls schon früher als die zweckmässigste für flüssige Metalle angegeben hatten. Sie erlaubt, die lichtempfindliche Oberfläche dadurch beliebig oft zu erneuern, dass man das Metall zuerst von *A* nach *B*, und dann von *B* nach *A* zurückströmen lässt.

Um nur den centralen, einer Ebene am nächsten kommenden Theil der Oberfläche der Legirung dem Lichte auszusetzen, überzogen wir die Kugel *A* (Durchmesser 40 mm) bis auf eine kreisförmige Stelle von 7,5 mm Radius mit schwarzem Lacke. Die Stelle ist so gewählt, dass, wenn die zur Alkalimetallfläche führende Electrode der Zelle am tiefsten liegt, ein unter einem Einfallswinkel von etwa 65° durch diese Blende eintretender Strahl die Mitte des Metallmeniscus trifft.

Die Stromquelle war dieselbe, wie die in der vorstehenden Mittheilung genannte.

Fig. 2.

Da durch die theilweise Schwärzung der Zelle ein starker Lichtverlust eintrat, so glichen wir diesen Mangel aus, indem wir statt der Petroleumlampe einen Auerbrenner als Lichtquelle verwandten. Als polarisirende Vorrichtung diente uns zuerst ein Satz von 12 Glasplatten von 14 cm Länge und 11 cm Breite, die in einem Rohre aus Zinkblech unter dem günstigsten Neigungswinkel gegen dessen Axe befestigt waren. Als wir mittels dieser Vorrichtung den Einfluss der Schwingungsrichtung des Lichtes auf die Intensität des photoelectrischen Stromes erkannt hatten, benutzten wir von nun an ein grosses Nicol'sches Prisma von 58 mm Seitenlänge, das uns von Hrn. Prof. H. Weber in Braunschweig in freundlichster Weise zur Verfügung gestellt war.

Die Einrichtung des Apparates ist aus Fig. 3 ersichtlich. *Z* ist die Zelle, *B* die Blende, *P* das Nicol'sche Prisma, *L* eine Linse, welche die von der Lichtquelle *Q* kommenden Strahlen parallel macht. Zwischen den mit den beiden Electroden

der Zelle verlötheten Drähten D_1 und D_2 ist das Galvanometer und die Batterie eingeschaltet, die Alkalimetallfläche bildet die Kathode.

Wir fanden nun folgendes¹⁾:

Beobachtet man die Stromstärke am Galvanometer, während das Nicol langsam gedreht wird, so erkennt man, dass sie für eine volle Umdrehung zwei Maxima und zwei Minima zeigt. Die Minima treten auf, wenn die Polarisationssebene des Lichtes mit der Einfallsebene zusammenfällt, die Maxima bei den um 90° davon verschiedenen Lagen. Denkt man sich also die lichtempfindliche Metallfläche durch eine Platte schwarzen Glases ersetzt, so würde das Maximum der Stromintensität mit der Absorption des erregenden Lichtes, das Minimum mit der Reflexion correspondiren.

Fig. 3.

Man sollte erwarten, dass die beiden Maxima und Minima je unter sich genau übereinstimmen. Dies lässt sich indessen nur annäherungsweise erreichen. Der Grund davon wird ersichtlich, wenn man den Strahlencylinder an der Stelle, wo er aus der polarisirenden Vorrichtung austritt, durch ein Stück

weissen Papiers senkrecht schneidet. Dreht man nun den Polarisator, so erkennt man, dass die Vertheilung des Lichtes in der erleuchteten Papierfläche während der Drehung etwas veränderlich ist. Selbst bei einem grossen klaren Nicol'schen Prisma sind diese Ungleichförmigkeiten in der Erleuchtung des Feldes nicht ganz vermieden. Obgleich die hierdurch bewirkten Unterschiede in den Stromstärken für die beiden Maxima und Minima nur unerheblich sind (wie die folgende Beobachtungsreihe zeigt) so haben wir doch zur Controlle von der Drehung des Polarisators ganz abgesehen und statt dessen die Polarisationssebene des aus P austretenden Lichtes durch eine zwischen B und P eingeschaltete, senkrecht zur Axe geschliffene

1) Die folgenden Ergebnisse sind veröffentlicht: Berl. Ber. 6. p. 133. 1894.

Quarzplatte (in der Figur ist diese durch die punktirt Linie $m n$ angedeutet) um einen von deren Dicke abhängigen Winkel gedreht. Die Einfügung dieser Quarzplatte muss demnach, wenn sie in der Stellung der minimalen Stromintensität erfolgt, stromvermehrend, d. h. wie Verstärkung der Lichtintensität, in der Maximalstellung vermindernd, also wie Verdunkelung wirken.

In der folgenden Tabelle bedeutet φ den Winkel, den die Polarisationssebene des Lichtes mit der Einfallsebene bildet, I die Stromintensität. Die nach Einfügung der Quarzplatte (ihre Dicke betrug 2,8 mm) erhaltenen Stromintensitäten sind in der dritten Reihe aufgeführt.

29. Januar 1894.		
φ	I	I (nach Einschaltung der Quarzplatte)
0°	115,0	26,0
90°	9,7	74,2
180°	125,0	47,4
270°	11,1	71,0

Man sieht das I_0 mit I_{180} und I_{90} mit I_{270} nicht genau zusammenfällt. Das Verhältniss des Maximums zum Minimum ist etwa wie 12:1. Die Zunahme des Stromes in der Minimalstellung und die Abnahme in der Maximalstellung durch Einschaltung der Quarzplatte ist deutlich erkennbar. Fügt man die Platte zwischen L und P (an Stelle der punktirten Linie xy) ein, so ist sie, wie auf der Hand liegt, ohne Wirkung, abgesehen von der Schwächung des Lichtes infolge der zweimaligen Reflexion an ihren Parallelfächen. Ebenso hat eine klare Glasplatte auch zwischen P und B keine weitere Wirkung. Von Gypskrystallen abgespaltene Blätter geben dagegen zwischen P und B gebracht je nach ihrer Orientirung gegen die Polarisationssebene des Lichtes grössere oder geringere Unterschiede der Stromintensität.

Versuche mit dem Glasplattensatze führten zu denselben Resultaten, nur sind hier die Unterschiede der Maxima und Minima, wegen der unvollständigen Polarisation, nicht so bedeutend.

Man kann die Methode auch in der Weise abändern, dass man statt des Galvanometers ein Exner'sches Electroscope und statt der galvanischen Batterie eine Trockensäule benutzt.

Der negative Pol der Säule steht mit den Blättchen des Electroskops und der KNa-Legirung, der positive mit dem Gehäuse desselben und der zweiten Electrode der Zelle in Verbindung. Die Stellung des Nicols, in der das Licht am kräftigsten wirkt, gibt sich nun durch den geringeren Ausschlag der Electroskopblättchen zu erkennen. Die Lichtquelle war auch bei diesen Versuchen ein Auerbrenner. In der folgenden Zusammenstellung bezeichnet A die Divergenz der Electroskopblätter ohne Einschiebung der Quarzplatte, A_1 und A_2 dieselbe, je nachdem sie zwischen L und P oder P und B eingeschaltet war.

2. Februar 1894.

φ	A	A_1	A_2
0°	12,2	12,8	26,5
90°	23,5	25,0	14,1

Die Erscheinung ist auch hier deutlich, wenn auch nur qualitativ, erkennbar.

Bei intensivem etwa unter 65° einfallenden Sonnenlichte genügen auch die Wied. Ann. Bd. 42. p. 564. beschriebenen lichtelectrischen Apparate mit Natriumamalgam um die That-
sache zu zeigen.

Es ist nicht zweifelhaft, dass auch das electrische Bogenlicht zu diesem Versuche brauchbar sein würde. Wegen der Intensitätsschwankungen empfiehlt es sich, das Nicol auf das Minimum der lichtelectrischen Entladung einzustellen und die Polarisationssebene des austretenden Lichtes durch eine schnell eingeschobene Quarzplatte zu drehen.

An Zellen mit festem Alkalimetall tritt wegen der Unebenheit der Oberflächen die Erscheinung nicht deutlich hervor.

Wir versuchten schliesslich noch, ob sich ein Einfluss der Schwingungsrichtung ultravioletten Lichtes auf die lichtelectrische Zerstreuung unter Atmosphärendruck in Luft an Flächen von amalgamirtem Zink nachweisen liesse. Das ultraviolette Licht lieferten die zwischen Zinkspitzen überschlagenden Funken eines Inductoriums, das mit einer Leydener Flasche verbunden war. Durch eine Quarzlinse warfen wir das Funkenlicht unter einem Einfallswinkel von etwa 60° gegen eine Glas- oder Quarzplatte, von welcher es theilweise gegen eine amalgamirte Zinkplatte reflectirt wurde. Diese traf es wieder unter etwa dem gleichen Einfallswinkel. Die Zinkplatte konnte nun

so gedreht werden, dass die Polarisationssebene des durch Reflexion am Glase oder Quarz grösstentheils polarisirten Strahles mit seiner Einfallsebene beliebige Winkel einschloss. Bei dieser Versuchsanordnung zeigten sich nur geringe, von der Stellung der Zinkplatte abhängige Unterschiede in der Geschwindigkeit, mit der eine negative Ladung der Platte entwich, doch erfolgten diese wenigstens in demselben Sinne, wie sich nach den Beobachtungen an Vacuumzellen erwarten liess. Der Lichtverlust bei der Reflexion ist augenscheinlich sehr gross, wie sich auch daran zu erkennen gab, dass die Electricitätszerstreuung in dem reflectirten Lichte auffallend langsam verlief. Auch Hrn. Wanka¹⁾ ist es nicht gelungen, eine definirte Wirkung ultraviolettten durch Reflexion polarisirten Lichtes bei dem Hertz'schen Versuche zu erhalten, in welchem eine Funkenentladung in Luft durch Bestrahlung der Kathode mit ultravioletttem Lichte eingeleitet wird.

III. Ueber die Auslösung electrischer Schwingungen in verdünnten Gasen durch Licht.

Da die Bestrahlung der Kathode mit geeignetem Lichte zu den Mitteln gehört, einen electrischen Strom in ein Gas einzuleiten, so schien es von vornherein wohl möglich, dass das Ansprechen evacuirter Röhren auf electrische Schwingungen unter bestimmten Bedingungen auch durch Licht hervorgerufen werden könnte.

Dass die Anwesenheit metallischen Natriums für den Durchgang electrischer Schwingungen durch verdünnte Gase vortheilhaft ist, hat Hr. Zehnder²⁾ vor kurzem mitgetheilt. Die Veranlassung zu dieser Anwendung hatte die von Hrn. Warburg³⁾ gefundene Thatsache gegeben, dass durch die Gegenwart dieser Substanz das Kathodengefälle in Vacuumröhren auf constant niedrigem Werthe erhalten bleibt.

Vielleicht konnte diese Wirkung des Natriums wenigstens theilweise auf seiner hohen lichtelectrischen Empfindlichkeit beruhen.

1) J. Wanka, Mitth. d. deutsch. mathem. Gesellschaft in Prag. p. 63. 1892.

1) L. Zehnder, Wied. Ann. **47**. p. 77. 1892.

2) E. Warburg, Wied. Ann. **40**. p. 1. 1890.

Die im Folgenden mitgetheilten Versuche sollten uns darüber Aufschluss geben, ob bei Gegenwart von Alkalimetallen in evacuirten Röhren ein Einfluss des Lichtes auf die Auslösung electrischer Schwingungen bemerkbar ist.

In einem verfinsterten Raume lässt sich das Ansprechen einer Vacuumröhre auf Schwingungen unmittelbar an der Lichtentwicklung erkennen, die mit der Entladung verbunden ist. Will man aber die Einwirkung *äusseren* Lichtes auf diesen Vorgang untersuchen, so ist jene Beobachtungsmethode nur noch in beschränktem Maasse brauchbar, da durch dasselbe die schwach leuchtende Entladung für das Auge meist ganz verdeckt wird.

Wir griffen zunächst zu dem Hilfsmittel, durch das von den Schwingungen in leitenden Zustand versetzte Gas die Spannung einer Trockensäule von einem Electroskope abzuleiten (oder auch einem Electroskope zuzuführen), in ähnlicher Weise, wie Hr. Boltzmann¹⁾ die Trockensäule zum Nachweise der Schwingungsfunken bei den Versuchen über Strahlen electrischer Kraft benutzt hat. Allerdings führt man so neben den schnell wechselnden electrischen Kräften der Schwingungen noch die Potentialdifferenz der Säule ein, die, solange keine Entladung eintritt, im Vergleich mit jenen als constant zu betrachten ist.

Wir verwandten zur Erregung von electrischen Schwingungen die Lecher'sche Anordnung in der kürzlich von den Hrn. E. Wiedemann und Ebert benutzten Form (Fig. 4). E ist der Erreger, den wir mittelst eines Inductoriums von 18 cm maximaler Schlagweite in Thätigkeit setzten, L und L' sind die parallelen Drähte von etwa 14 Meter Länge, die in die beiden Platten P und P' (mit Stanniol überzogene Pappscheiben von 240 cm² Oberfläche) ausmünden. Bei B war in bekannter Weise als Brücke ein Draht zwischen ihnen gespannt, dessen Mitte mit der Gasleitung des Hauses in metallischer Verbindung war. Hierdurch ist eine etwaige Anhäufung statischer Ladungen auf dem Leitersysteme $P L L' P'$ vermieden. Um aus dem Apparate electrische Schwingungen von bestimmter regulirbarer Intensität entnehmen zu können, brachten wir zwischen P und P' zwei weitere, etwa gleich grosse, isolirte Platten Q

1) L. Boltzmann, Wied. Ann. **40**. p. 399. 1890.

und Q' an, von denen aus wir die in ihnen inducirten Schwingungen mittelst der Drähte D und D' den zu untersuchenden evacuirten Röhren zuleiteten. Je enger Q und Q' an P und P' gebracht werden, um so intensiver, je mehr sie unter sich genähert werden, desto schwächer werden die durch D und D' fortgeleiteten Schwingungen. So hat man es in der Hand, ihre Amplitude von fast Null, wenn Q und Q' einander beinahe berühren, bis zum Maximalwerthe, wenn diese so nahe an P und P' liegen, dass eben kein Funkenübergang stattfindet, zu steigern.

Fig. 4.

Fig. 5.

Wir brachten nun eine Natriumzelle in einen lichtdicht schliessenden Kasten und verbanden ihre beiden Electroden mit den Drähten D und D' , zugleich schalteten wir, wie in Fig. 5 angegeben, eine Zamboni'sche Säule S von grossem Widerstande und ein Electroskop E so ein, dass die Zelle Z sowohl als Schluss für die Säule, wie für die Schwingungen diene. Meist war der negative Pol der Säule mit der Alkalimetallfläche in Verbindung. Standen Q und Q' nahe an P und P' , während der Erreger in Thätigkeit gesetzt wurde, so fielen die Electroskopblätter zusammen, da das durch die Schwingungen leitend gemachte Gas der Zelle auch die Säule entlud. Nun kann man durch Annäherung der Platten Q und Q' die Schwingungen leicht so

abdämpfen, dass die Blätter soeben wieder divergiren. Lässt man bei dieser Einstellung Licht zu der Zelle treten, so fallen sie sofort zusammen und bleiben in dieser Lage, so lange die Belichtung dauert. Man kann die Erscheinung sehr empfindlich erhalten, lichtdichter Verschluss des die Zelle umgebenden Dunkelkastens ist dazu unbedingt erforderlich. Leicht überzeugt man sich durch Unterbrechung des Erregers, dass die Entladung des Electroskopes thatsächlich durch die Schwingungen bewirkt wurde, die Zelle erträgt nun eine viel stärkere Belichtung, bevor die Electroscopblättchen eine Abnahme der Spannung anzeigen. Man erhält die beschriebene Erscheinung auch bei umgekehrter Combination der Säule, da die zweite (Platin- oder Aluminium-) Electrode der Zelle stets von einem

Fig. 6.

Anfluge von Alkalimetall überzogen, also als Kathode verwandt ebenfalls lichtelectrisch wirksam ist.

Der Vorgang in der Zelle dürfte wohl in folgender Weise aufzufassen sein.

Die Belichtung der Natriumfläche ruft zunächst einen schwachen Schliessungsstrom der Säule hervor, der das Gas in den empfindlichen Zustand versetzt, in welchen es auf die electriche Schwingung anspricht. Dadurch wird es nun erst in dem Grade leitend, dass es die freie Spannung der Säule vollständig abfließen lässt. Wie Natrium wirken auch Kalium und Rubidium.

Es ist bei diesen Versuchen nicht erforderlich, dass die Alkalimetallfläche Electrode für die Schwingungen ist. Auch Röhren von der in Fig. 6 gezeichneten Form sprechen im Lichte auf die durch E_1 und E_2 eingeleiteten Schwingungen an, wenn bei N sich metallisches Natrium befindet und E_1 mit dem positiven Pole der Trockensäule in Verbindung steht. Hier wird offenbar der empfindliche Zustand des Gases erst durch das Abfließen der auf N durch Vertheilung erzeugten Schicht negativer Electricität herbeigeführt.

Um diese lichtelectrische Wirkung der Alkalimetalle bei der Auslösung electriche Schwingungen in der deutlichsten Weise hervortreten zu lassen, construirten wir die in Fig. 7 dargestellte Vorrichtung. Zwei möglichst gleichartige mit den Electrodenpaaren $E_1 E_2$, $E_3 E_4$ versehene cylindrische Röhren

sind durch ein bei a und b offenes Verbindungsstück zu einem einzigen Recipienten (R) vereinigt, sodass freie Communication des Gasinhaltes von dem einen zum andern Schenkel möglich ist. Durch das Ansatzrohr x ist in den linken etwas Quecksilber, durch y in den rechten ein etwa gleich grosses Volum der flüssigen Na-K-Legirung eingeführt. Der Apparat enthält verdünnten Wasserstoff und ist bei einem Drucke von etwa 2 mm Quecksilber durch Abschmelzen an der Stelle y von der Pumpe getrennt. Die Röhrenenden a und b müssen in die weiteren Schenkel hineinragen, damit bei zufälligem Neigen des Apparates ein Zusammentreffen des Quecksilbers mit dem Alkalimetall vermieden wird. E ist das Electroskop, S die Trockensäule, W eine durch Paraffin isolirte Wippe, durch welche schnell hintereinander die Electrodenpaare $E_1 E_2$ wie $E_3 E_4$ mit den Polen der Säule und den die Schwingungen zuleitenden Drähten D und D_1 verbunden werden können. Die unteren Electroden E_2 und E_4 communicirten stets mit dem positiven Pole der Säule. Das Doppelrohr R wurde zunächst vollständig vom Lichte abgeschlossen. Regulirt man

Fig. 7.

nun durch Verschieben der Platten Q_1 und Q_2 (vgl. Fig. 4) die Schwingungen so, dass sie zwischen E_2 und E_1 (über dem Quecksilber) nicht mehr übergehen, so findet man beim Umlegen der Wippe, dass sie zwischen E_3 und E_4 (über dem Alkalimetall) wieder auftreten. Schon im Dunkeln ist demnach der Widerstand der letzteren Strecke kleiner als der der ersteren. Bringt man nun durch weitere Annäherung von Q_1 und Q_2 die Schwingungen im Dunkeln auch über der Alkalimetallfläche zum Erlöschen, so setzen sie sofort wieder ein, sobald eine Spur von Licht eintritt. Auch hier kann die Einstellung so empfindlich gewählt werden, dass im verdunkelten Zimmer das Licht einer mehrere Meter entfernten Kerze die Entladung auslöst. Auf die Strecke $E_1 E_2$ ist das Licht ohne Wirkung.

Wir ersehen zugleich aus diesem Versuche, dass die Verminderung des Widerstandes einer Gasstrecke bei Gegenwart von Alkalimetallen nicht wohl auf die Absorption der letzten Spuren von Sauerstoff zurückzuführen ist, da man annehmen darf, dass nach Verlauf mehrerer Wochen, die zwischen der Anfertigung des Apparates und den letzten Versuchen lagen, der Sauerstoff aus beiden Röhrenhälften gleichmässig verschwunden sein wird.

Um festzustellen, ob, wie wir schon früher¹⁾ vermutheten, dass nach der Methode des Hrn. Warburg electrolytisch in Vacuumröhren eingeführte Natrium ebenfalls gegen Licht empfindlich ist, untersuchten wir ein Exemplar einer solchen, die nach der Vorschrift des Hrn. Zehnder von dem Mechaniker Kramer in Freiburg verfertigt ist. Verbanden wir, wie in dem vorigen Versuche, irgend zwei Electroden der Röhre mit den Polen der Säule und den Drähten $D_1 D_2$ und dämpften die Schwingungen so, dass sie im Dunkeln die Gasstrecke nicht passirten, so traten sie sofort bei Belichtung wieder auf.

Anstatt der Lecher'schen Anordnung benutzten wir mit gleichem Erfolge auch die beiden Hertz'schen Parabolspiegel, in deren Focallinien der Oscillator und Resonator aufgestellt waren. Die beiden Drähte D und D_1 (vgl. Fig. 7) führten nun zu dem Resonator. Oscillator und Spiegel waren nach einer neueren Vorschrift von Hrn. A. Righi²⁾ construiert, welche erlaubt ihre Dimensionen zugleich mit der Länge der erregten electrischen Wellen erheblich zu verkleinern. Der Resonator bestand aus einem auf einem Siegellackstücke befestigten, in der Mitte durch einen schmalen Spalt durchschnittenen Streifen Kupferblechs, dessen geeignetste Länge und Breite durch den Versuch bestimmt war. Die Drähte D und D_1 waren mit den Rändern des Spaltes verlöthet. (Es ist uns im übrigen nicht gelungen, mittels eines solchen Resonators in Verbindung mit einer Trockensäule und einer lichtelectrischen Zelle die Empfindlichkeit zu erzielen, die man mit den nach Hrn. Righis Vorschrift hergestellten Resonatoren aus Silberspiegelstreifen erreicht.)

1) J. Elster u. H. Geitel, Wied. Ann. **41**. p. 165. 1890.

2) A. Righi, R. R. Acc. dei Lincei (5) **2**. I. Sem. p. 333. 1893.

Wir halten es für möglich, dass bei der von Hrn. Zehnder getroffenen Versuchsanordnung das zerstreute Tageslicht oder künstliche Beleuchtung dazu beiträgt, seine Methode zur Demonstration der Hertz'schen Strahlen electricischer Kraft so sicher wirkend zu machen. Da uns eine Accumulatorenbatterie der erforderlichen Stärke nicht zur Verfügung steht, konnten wir die Probe nicht anstellen.

Sind auch sehr schwache Lichtreize ausreichend, eine Gasentladung bei Gegenwart von Alkalimetallen auszulösen, so darf man doch noch nicht so weit gehen, die in diesem Falle überhaupt geringe Festigkeit des Gases gegen electricische Potentialdifferenzen allein auf Lichtwirkung zurückzuführen.

Wir haben uns durch sorgfältigen Abschluss lichtelectrischer Zellen davon überzeugt, dass auch ohne Belichtung die Potentialdifferenz auffallend gering ist, bei welcher von der Alkalimetallkathode aus der Durchgang des Stromes spontan erfolgt. Ist einmal eine Entladung eingetreten, so wird nun das durch sie erregte Licht den Kathodenwiderstand noch weiter verkleinern. Ob diese Wirkung zur Erklärung der geringen Werthe des Kathodengefalles beitragen kann, die Hr. Warburg bei Gegenwart metallischen Natriums in Geissler'schen Röhren fand, dürfte vielleicht einer Untersuchung werth sein.

Bei den bisher beschriebenen Versuchen sollte die Trockensäule in Verbindung mit dem Electroskope zunächst nur die Rolle eines empfindlichen Anzeigers für das Auftreten electricischer Schwingungen in der Gasstrecke spielen. Schwer controlirbar bleibt indessen, wie schon angedeutet wurde, der Einfluss, den das von ihr an der Kathode erzeugte Potentialgefälle im Beginn des Entladungsvorganges ausüben konnte.

Es schien uns daher von besonderem Interesse festzustellen, ob auch ohne Einführung eines constanten electricischen Druckes die schnell wechselnden Potentialschwankungen der electricischen Schwingungen in einseitiger Richtung aus einer belichteten Alkalimetallfläche austreten würden. Es war nämlich zu erwarten, dass die Zelle wie ein Ventil wirken müsse, da nur in *der* Phase der Schwingung das Gas den Durchgang erlaubt, in welcher die Alkalimetallfläche mit negativer Electricität bedeckt ist. (Von der durch Sublimation des Kathodenmetalles

an der Anode verursachten geringen entgegengesetzten Wirkung der Zelle sehen wir hier ab.) Man hat nur dafür zu sorgen, dass die freie positive Electricität, welche auf dem mit der Alkalimetallfläche verbundenem Leitersystem zurückbleiben würde, zur Erde abfliessen kann.

Die Einrichtung des Versuches war folgende. Einer der beiden Paralleldrähte *L* und *L'* des Lecher'schen Apparates (Fig. 4) war wie die Brücke *B* mit der Gasleitung des Hauses verbunden. Von dem (früher an der Platte *P* befestigten) Ende des anderen führte ein Leitungsdraht zu der einen Electrode, etwa der Alkalimetallfläche, der in einen Dunkelkasten aufgestellten lichtelectrischen Zelle. Die zweite Electrode der letzteren stand mit dem einen Ende der Windungen unseres im vorigen genannten Galvanometers in Verbindung, deren anderes Ende wieder in die Gasleitung mündete. Wurden nun die Schwingungen erregt, so beobachteten wir bei grösserer Amplitude derselben schon im Dunkeln am Galvanometer einen Strom¹⁾, der in der Zelle gegen die Alkalimetallfläche floss, seine Intensität wurde bei Belichtung durch Tages- oder Lampenlicht deutlich gesteigert. Durch Verkleinerung der Erregerfunken und Verschieben der Brücke kann man erreichen, dass die Schwingungen im Dunkeln fast gar nicht mehr durch die Zelle gehen; die Galvanometernadel steht ruhig oder führt kleine Schwankungen im Betrage von 1 bis 6 Scalentheilen aus; bei Zutritt des Lichtes nimmt sie sofort eine stetige Ablenkung (von über 100 Scalentheilen) an. Stets ist der Strom gegen die Alkalimetallfläche gerichtet.

Vertauschung der beiden Drähte *L* und *L'* ändert, wie erwartet werden musste, die Erscheinung nicht.

Der Versuch zeigt, dass die sehr kurzen Zeiträume, in welcher die empfindliche Electrode während der Schwingungen mit negativer Electricität geladen ist, für das Zustandekommen der lichtelectrischen Wirkung ausreichen.

1) Solche Ventilwirkungen evacuirter Röhren mit ungleichartigen Electroden gegenüber electrischen Schwingungen haben auch E. Wiedemann und Ebert bemerkt. Sitzungsber. der phys.-med. Societät zu Erlangen. September, p. 13. December 1891.

IV. Ueber die lichtelectrische Empfindlichkeit von Flussspath-varietäten.

Wie wir vor einiger Zeit mittheilten¹⁾, gehören Flussspathstücke mit frischen Bruchflächen zu denjenigen Körpern, die bei Bestrahlung durch Tages- und Sonnenlicht negative Electricität von ihrer Oberfläche entweichen lassen. Diese Fähigkeit ist indessen nicht für alle Flussspatharten gleich, es schien vielmehr ein Zusammenhang mit der Färbung in der Weise zu bestehen, dass die am dunkelsten, (blau oder grün) gefärbten Varietäten am lichtempfindlichsten wären. Wir haben desshalb 13 von verschiedenen Fundorten stammende nach Structur und Farbe stark abweichende Proben dem Versuche unterworfen. Das frisch gepulverte Mineral befand sich dabei in einer flachen Eisenschale, die mit einem Thomson'schen Quadrantelectrometer in Verbindung stand, unmittelbar darüber, durch eine etwa 5 mm dicke Luftschicht getrennt, war ein Drahtnetz gespannt, dass durch eine Trockenbatterie auf einem Potentiale von 100 Volt erhalten wurde. Eisenschale und Drahtnetz waren von einem Kasten eingeschlossen, in den das Sonnenlicht durch eine klare Gypsplatte eintrat. (In Betreff näherer Einzelheiten der Versuchsanordnung vgl. die citirte Abhandlung). Die in 10" erzielten Ausschläge des Electrometers bei gleicher Lichtintensität geben ein Maass für die Lichtempfindlichkeit der Substanz.

Wir stellen die so erhaltenen Resultate zusammen:

13. August 1892. 1 bis 2¼ p. Wolkenloser Himmel. Sonnenlicht.

Fundort.	Farbe.	Ausschlag des Electrom. i. 10"	Bemerkungen.
Oudalen (Norwegen)	dunkelviolett	800	derb
Wölsendorf (Bayern)	"	630	"
Bösenbrunn (Sachsen)	hellgrün	468	Krystall
Zinnwald (Sachsen)	dunkelviolett	408	derb
Rauris (Salzburg)	grünblau	338	Krystall
Freiberg (Sachsen)	blau	225	kleine Krystalle
Weardale (Cumberland)	grün	193	Krystall. Blau fluorescirend.
Devonshire	dunkelviolett	177	kleine Krystalle
St. Gotthard	rosenroth	154	Krystallfragmente
Matlock (Derbyshire)	grünlichweiss	112	derb, schwer von der Gangart zu trennen.
Sarnthal (bei Bozen)	farblos	59	Krystall (nicht fluoresc.)
Derbyshire (England)	farblos	31	Krystall (blau fluoresc.)
Annaberg (Sachsen)	gelb	4	kleine Krystalle

1) J. Elster u. H. Geitel, Wied. Ann. 44. p. 722. 1891.

Die Tabelle lässt erkennen, dass die lichtelectrische Zerstreuung an pulverisirtem Fluorit im allgemeinen mit der Intensität der blauvioletten oder grünen Färbung zunimmt. Auch die von Hrn. Hankel entdeckten, auf den Flächen natürlicher Flussspathkrystalle durch Belichtung entstehenden electrischen Spannungen sind in derselben Art von der Farbe der Substanz abhängig.¹⁾

V. Resultate.

Die Ergebnisse der vorstehenden vier Mittheilungen lassen sich ihrem wesentlichen Inhalte nach so zusammenfassen:

1. Die drei Alkalimetalle Natrium, Kalium, Rubidium haben farbigem Lichte gegenüber verschiedene lichtelectrische Empfindlichkeit. Ordnet man sie nach ihrer Empfindlichkeit gegen Licht grösserer Wellenlänge, so erhält man die Reihenfolge Rb, Na, K.

Rubidium ist bei Bestrahlung durch weisses Licht den beiden anderen Metallen ebenfalls weit überlegen.

2. Bei Bestrahlung der ebenen Fläche einer Alkalimetallkathode durch polarisirtes Licht wird die Stromintensität am grössten gefunden, wenn die Polarisationssebene zu der Einfallsebene senkrecht steht, am kleinsten, wenn sie mit ihr zusammenfällt.

3. Electrische Schwingungen von sehr kleiner Periode, wie sie durch einen Hertz'schen Oscillator geliefert werden, sind bei Gegenwart von Alkalimetallen auf ein verdünntes Gas durch Belichtung übertragbar, mag dabei das Gas einer constanten electrischen Spannung ausgesetzt sein oder nicht.

4. Die lichtelectrische Zerstreuung von pulverisirtem Flussspathe aus ist von der Färbung des Minerals in der Art abhängig, dass die am tiefsten blauviolett oder grün gefärbten Varietäten die lichtempfindlichsten sind.

Wolfenbüttel, im März 1894.

1) W. E. Hankel, *Abh. d. k. sächsischen Akad.* **12.** Nr. 3. p. 72. 1879.