

# I. Über Metallstrahlung, unter besonderer Berücksichtigung der Frage, ob eine solche Strahlung der Schwere unterworfen ist.

Von Dr. phil. Martin Gebhardt.

Mit Tafel I und II.

In den Berichten der französischen Akademie der Wissenschaften (Comptes rendus . . .) erschien im Juni 1904 eine Abhandlung mit der Überschrift: „Über die Eigenschaft einer großen Anzahl von Körpern, ganz von selbst und ununterbrochen eine der Schwerkraft unterworfenen Strahlung von sich zu schleudern.“ Sie hat zum Verfasser den durch die damals schon viel besprochenen N-Strahlen auch in weiteren Kreisen bekannt gewordenen Professor der Physik zu Nancy Blondlot. Dieser hatte, wie kurz in Erinnerung gebracht sein mag, die Behauptung aufgestellt, daß insbesondere vom Auerbrenner und von der Nernstlampe gewisse Strahlen ausgehen, die auf schwache Lichtquellen, wie auf einen kleinen elektrischen Funken, eine schwach bläulich brennende Flamme, ein mattglühendes Platinblech usw. intensitätsteigernd wirken und die außerdem viele undurchsichtige Körper durchdringen sollen. Er nannte diese Strahlen nach dem Anfangsbuchstaben von Nancy N-Strahlen und behauptete weiter, daß viele Körper teils durch Bestrahlung mit N-Strahlen, teils durch Kompression oder durch Torsion, teils sogar durch Schallschwingungen selbst wieder zu Quellen für N-Strahlen werden können. Es dauerte nicht lange, so bestätigten andere französische Forscher, wie Bichat, Bagard und Gutton, Blondlots Beobachtungen der erstaunten Fachwelt und fügten teils recht kühne Schlußfolgerungen hinzu. Auch in Laienkreisen erregten diese eigenartigen Entdeckungen schnell Aufsehen und die Pariser Akademie verließ wohl nicht ohne Übereilung Blondlot sogar einen Preis von 50000 Fr.

Deutsche und englische Physiker suchten die Erscheinungen nachzuahmen, aber durchweg mit negativem Erfolge. Man begann daher recht skeptisch zu werden, ja teilweise alles zu leugnen. Zu einer offenen Aussprache kam es gelegentlich der 76. Naturforscherversammlung in Breslau im September 1904, zu der Lecher, Professor an der Universität Prag, die Anregung gab. Das Resultat war die allgemeine Überzeugung, daß Blondlots ausschließlich subjektiv angestellten Beobachtungen höchst wahrscheinlich auf Täuschungen physiologischen und psychologischen Ursprunges beruhen. Wenn nämlich das Auge längere Zeit im völlig dunklen Raume

angestrengt nach schwachen Lichtquellen sieht, sei es direkt oder indirekt, so vermag es nicht sicher festzustellen, ob beobachtete Helligkeitsschwankungen wirklich oder nur in der Einbildung existieren. Anderer Meinung ist Blondlot selbst. Er glaubt fest an die Zuverlässigkeit seiner „privilegierten Augen“, wie sich Lummer, Professor in Berlin, einmal scherzweise ausdrückte. Das beweist aber auch recht deutlich die Abhandlung, die zu Eingang dieser Ausführungen zitiert wurde und deren Inhalt uns jetzt beschäftigen soll. Blondlot stellt gleich zu Anfang die Behauptung auf, daß sich ein schwach phosphoreszierender Schirm vielfach dazu verwenden lasse, um verborgene physikalische Kräfte (agents) zu erkennen. Er nahm Kalziumsulfid und klebte es mit Kollodium am Ende eines Pappstreifens fest, so daß ein Fleck von einigen qmm entstand. Auch wohl in Form eines Kreuzes strich er das genannte Präparat auf. Dann machte er es durch Belichtung phosphoreszierend und begab sich damit in ein völlig verdunkeltes Zimmer. Er nahm nun ein blankes Zweifrankstück und stellte folgende Reihe von Versuchen an:

- I. Wurde das horizontal gehaltene Zweifrankstück genau senkrecht über den horizontal auf einen Tisch gelegten Kalziumsulfid-Pappstreifen gehalten, so leuchtete letzterer heller auf, was sich bis zu einem Abstände von 3 m verfolgen liefs. Der Effekt verschwand sowohl bei Neigung als auch nach Seitwärtsbewegung der Münze.
- II. Der fluoreszierende Fleck wurde nach unten gedreht und die Münze in horizontaler Stellung genau senkrecht darunter gehalten. Jetzt trat helleres Aufleuchten nur dann ein, wenn das Zweifrankstück näher als 6 cm herangebracht wurde.
- III. Die Münze wurde in vertikaler Stellung an einen horizontal gehaltenen Strohhalm befestigt. Dann leuchtete der auf dem Tische liegende Schirm nicht mehr senkrecht darunter, sondern in zwei symmetrisch zur Münzebene gelegenen Seitenstellungen unterhalb des Strohhalmes heller auf.
- IV. Die Münze wurde aus der vorigen Stellung derart etwas geneigt, daß ihre Ebene nicht mehr senkrecht zur Tischebene steht. Dann gab es darunter zwei Stellungen, an denen der Schirm heller aufleuchtete, Stellungen, die beide im Vergleich mit vorhin nach derjenigen Seite zu verschoben erscheinen, die durch das unterste Ende der Münze angedeutet wird.
- V. Der Schirm wurde horizontal irgendwo festgelegt, die Münze seitwärts darüber gehalten und irgendwie geneigt. Dann trat Hellerleuchten nur ein, wenn die einen Durchmesser der (als Kreisebene gedachten) Münze bildende Drehachse selbst horizontal war und wenn die Projektion ihres Mittelpunktes auf die Tischebene in eine die Drehachse senkrecht kreuzende Gerade der Tischebene fiel, auf der nun der Leuchtschirm entlang bewegt wurde. Neigte man jetzt allmählich bei konstanter Drehachse die Münze, so gab es immer nur je zwei gewisse Stellungen, in denen der Schirm heller wurde.
- VI. Zwei gleiche Silberstücke wurden mit vertikaler Ebene und zu einander parallel in gleicher Höhe gehalten. Dann leuchtete der Schirm heller auf, wenn er unterhalb der Münzen genau in deren Symmetralachse gebracht wurde.

Blondlot deutet die Erscheinungen mit großer Bestimmtheit folgendermaßen: Von der Münze, hauptsächlich natürlich von deren ebenen Flächen aus ergießt sich eine Strahlung, die senkrecht vom Metall fortgeschleudert wird, aber gleichzeitig der Schwerkraft unterworfen ist. Diese „émission pesante“ verhält sich also ähnlich wie ein Wasserstrahl. Versuch I erklärt sich dann ohne weiteres von selbst. Dafs das Hellerleuchten matter wird mit der Entfernung zwischen Münze und Schirm, folgt aus der nach unten zu zunehmenden Zerstreung des Strahlenzylinders. Versuch II zeigt, dafs die vom Metall aus erteilte Anfangsgeschwindigkeit auf kleine Strecken die Gegenwirkung der Schwere zu überwinden imstande ist. Versuch III beweist, dafs Emissionskomponente und Schwerkraftskomponente sich zu einer parabolischen Bahn kombinieren. Merkwürdigerweise will Blondlot diese Bahnlinien als Kurven mit vertikalen Asymptoten erkannt haben, womit er also die Parabel ausschließt. Erst in der später zitierten Abhandlung gibt er eine Erklärung hierfür. Versuch IV beweist, dafs entsprechend der Stellung der Münze von der unteren Ebene eine flache, von der oberen eine steile Bahnkurve ausgehen, letztere natürlich mit oberhalb der Münze gelegenem Scheitel. Versuch V würde der Tatsache entsprechen, dafs man mit einem Sprengschlauche von derselben Stelle aus einen bestimmten Punkt des Bodens mit dem Wasserstrahle durch zwei Neigungen des Mündungsrohres treffen kann. Im einen Falle wendet sich die Parabel sofort nach unten, im anderen sucht sie erst einen höher gelegenen Scheitelpunkt auf. Bei Versuch VI prallen die beiden Strahlen als Komponenten in der Mitte symmetrisch zusammen, wodurch, gleiche Neigung und Geschwindigkeit vorausgesetzt, eine senkrecht nach unten zu rieselnde émission pesante sich als Resultat ergeben muß.

Die Erklärungen sind also verblüffend einfach, die Blondlot findet. Statt der Silbermünze benutzt er mit gleichem Erfolge auch ein Stück Kupfer, Zink, Blei, weiche Pappe (*carton mouillé*) und einige andere Substanzen, während er z. B. keinen Erfolg bei Gold, Platin, Glas und trockener Pappe zu konstatieren vermag. Auffallend muß es erscheinen, dafs die Edelmetalle hier eine Sonderstellung einnehmen, bis auf das Silber. Eine Erklärung dafür gibt er nicht.

Jedenfalls ist sich Blondlot schon nach Anstellung des dritten Versuches, wie aus seinen Worten zu entnehmen ist, darüber klar geworden, dafs die geeigneten Metalle eine schwere materielle émission senkrecht von ihrer Oberfläche herausschleudern, die ähnlich wie ein schwacher Wasserstrahl in Erscheinung tritt. Er hat weiter festgestellt, dafs diese émission durch Papier und Pappe bis zur Dicke von 2 cm hindurch dringt, dafs sie aber aufgehalten wird durch Glas. Er stellt zu diesem Zwecke fest, dafs dieselbe durch eine geneigte Glasröhre von 1 m Länge und 2 cm Durchmesser herabrinnt wie Wasser. Zum Schlusse mag nochmals betont werden, dafs alle diese Behauptungen lediglich mit Hilfe des Kalziumsulfidschirmes begründet werden.

Gleich auf die soeben besprochene Abhandlung folgt eine weitere Mitteilung, in der Blondlot den Beweis dafür bringen will, dafs seine émission pesante im magnetischen Felde abgelenkt wird. Überschriften ist diese Mitteilung: „Wirkung magnetischer und elektrischer Kraft auf die schwere Strahlung. Wegreifung (*entraînement*) derselben durch die bewegte Luft.“ Da die hier gefundenen Resultate für das Folgende von

wenig Bedeutung sind, soll nur kurz angedeutet werden, daß die schwere Strahlung sich ähnlich wie ein galvanischer Strom verhalten soll und daß sie sogar in drei verschiedene Strahlensorten zerlegbar sei, von denen die eine unelektrisch, die andere positiv, die dritte aber negativ geladen erscheint. Was schliesslich die Einwirkung eines Luftstromes anlangt, so soll schon in einer Entfernung von 2 m ein bewegter Fächer ablenkende Wirkung haben. Durch den Luftwiderstand erkläre sich auch die Tatsache, daß die Bahnen bei schräger émission keine Parabeln sind, sondern ähnlich wie Geschofsbahnen im widerstehenden Medium Kurven mit vertikalen Asymptoten liefern. Daß die émission pesante auch gleich den N-Strahlen auf kleine elektrische Funken lichtsteigernd wirken soll, sei nur der Vollständigkeit wegen nebenbei erwähnt. Ganz sonderbar klingt aber Blondlots Behauptung, daß die Strahlung sofort aufhört, wenn das benutzte Geldstück durch ein mechanisches Verfahren gereinigt wird. Erst nach einer auf 100 Grad gesteigerten Erhitzung strahle die erkaltete Münze wieder ebenso aus wie vorher.

Soweit Blondlot. Die Veröffentlichungen, denen sich noch einige anreihen, verfehlten natürlich nicht Aufsehen zu erregen und man versuchte mehrfach, sie nachzuprüfen, wenngleich man durch die mit N-Strahlen gemachten Erfahrungen skeptisch und mißtrauisch geworden war. In diesem Sinne unterzog sich Rudolf F. Pozděna auf Anregung des Regierungsrates Marek einer dankbaren Aufgabe, indem er sich Klarheit darüber zu verschaffen suchte, ob es auf Richtigkeit beruht, daß ein Beobachter wirklich und ohne Beihilfe einer gewissen Autosuggestion dann und nur dann ein Stärkeraufleuchten eines luminiszenten Präparates beobachtet, wenn dieses Präparat der angeblichen émission pesante ausgesetzt ist. Pozděna benutzte einen Silbergulden als Aussendungsquelle und richtete sich eine absolut lichtleere Kammer aus Ziegelmauerwerk her, die jedes Fenster entbehrte. In üblicher Höhe wurde eine mit Papier überzogene verschiebbare Tischplatte und in 2 m Höhe über dem Fußboden ein ebenfalls verschiebbares Brett angebracht, welches eine große Anzahl kleiner Häkchen enthielt. An diesen konnte irgendwo mit Fäden ein horizontal schwebendes Brettchen aufgehängt werden, in dessen kreisförmigem Ausschnitte die Münze ebenfalls an einem Faden hängend schwebte. Der Ausschnitt konnte innerhalb durch einen geräuschlos arbeitenden Bleischieber geschlossen und geöffnet werden. Man lotete nun bei irgend einer Aufhängung den Mittelpunkt der Kreisöffnung auf die Zeichenfläche des Tisches und markierte dort die Projektion des Guldenstückes durch einen roten Kreis. Am Rande einer kleinen Kartonschaufel wurde Kalziumsulfid mittels Kollodium aufgeklebt und mitten in den so entstandenen luminiszenten Fleck ein kleines Loch von 1 mm Durchmesser geschnitten. Man begann die Versuche derart, daß bei geöffnetem Bleischieber und ruhig schwebender Münze das Schaufelchen dorthin geschoben wurde, wo es heller aufzuleuchten schien. Dabei kam es, da man nach Blondlots Vorschrift so senkrecht wie möglich auf das Leuchtpräparat sehen soll, vor, daß man mit dem Kopfe an die Aufhängevorrichtung anstieß und sie dann natürlich mit der Hand wieder beruhigen mußte. Die dadurch eingetretene Orientierung genügte nun, um eine höchst bemerkenswerte Autosuggestion hervorzurufen. Pozděna bildete sich jedesmal sicher und bestimmt ein, das Präparat genau senkrecht unter der Münze aufleuchten zu sehen. Genau so ging es drei anderen Personen,

die in gleicher Weise selbst beobachteten, die Schaufel selbst verschoben und die ebenfalls mit den Anhängefäden geringfügige Berührungen nicht vermeiden konnten. Auch dann war die Autosuggestion mit unglaublicher Sicherheit zu konstatieren, wenn der Beobachter wufste, daß die Münze genau senkrecht über der Mitte der Zeichenfläche schwebte; die geringsten Berührungen mit den Rändern des Reifsbrettes taten das ihre.

Jetzt wurden die Versuche so abgeändert, daß A in Abwesenheit von B die Vorrichtung irgendwo aufhing, worauf sich letzterer durch den auch völlig dunkeln Nebenraum in den Beobachtungsraum begab. A verschob nun das Leuchtschaufelchen und B paßte gespannt auf den Moment auf, wo helleres Aufleuchten einzutreten schien. Da zeigte sich nun, daß sogar dadurch für B eine Orientierung möglich wurde, daß er durch die Verschiedenheit des Raschelns, das bei den Hinundherschieben eintrat, den Moment festhalten konnte, wo der Rand des Zeichenbogens überschritten wurde. Erst, als alles auf dem Tische mit gleichartig rauhem Papiere bis zum Rande beklebt war, verschwand auch diese Orientierung. Jetzt erst begannen die ausschlaggebenden Versuche. A verschob, B rief „Halt“, wenn er helleres Aufleuchten zu bemerken glaubte, A machte mit dem Bleistift einen Punkt durch das Schaufelloch, schrieb eine Zahl daneben und notierte dieselbe Zahl auf einem Zettel unter Beifügung eines nur A bekannten Zeichens, ob nämlich der Bleischieber gerade auf oder zu war; d. h. ob die vermutete „émission pesante“ sich herabsenken konnte oder nicht. (Blondlot behauptet nämlich, daß Blei dieselbe nicht durchläßt.) Dann drehte sich B um, A verschob die Schaufel, B wechselte den Platz, wendete sich wieder der Vorrichtung zu und der Versuch begann von neuem. Nachdem so alle Vorkehrungen getroffen waren, um eine Autosuggestion unmöglich zu machen, wurde im Verlauf einiger Wochen durch 150 Einzelversuche unzweideutig festgestellt, „daß die Erscheinung des Aufleuchtens eines lumiszenten Präparates durch die émission pesante auf einer Täuschung beruht, bezw. daß das Vorhandensein einer solchen émission pesante zum mindesten im allerhöchsten Grade zu bezweifeln ist, oder wenigstens, daß dieselbe durch die Art der Konstatierung derselben durch ein luminiszentes Präparat ganz oder gar unsicher, ja direkt unmöglich ist.“ Auf die physiologische Deutung solcher sonderbaren Selbsttäuschungen, die u. a. O. Lummer in der Physikalischen Zeitschrift (1904, S. 126) gelegentlich einer Besprechung der N-Strahlen genauer behandelt, soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden, weil sie zu weit vom Thema abführen würde. Am angeführten Orte ist näheres nachzulesen. Vielmehr wollen wir jetzt das Gebiet subjektiver Beobachtungen, auf dem mit einem luminiszenten Präparate operiert wird, verlassen und uns solchen Versuchen objektiver Art zuwenden, die gemacht worden sind zu Nachprüfungen der Blondlotschen Behauptungen. Hier handelt es sich in erster Linie um eventuelle Einwirkungen der émission pesante auf die empfindliche Schicht der photographischen Platte. In diesem Sinne hat sich G. W. A. Kahlbaum, der jüngst verstorbene Professor der Chemie an der Universität Basel, wohl zuerst bemüht, Aufklärung zu schaffen. Er berichtet darüber in Gemeinschaft mit Max Steffens in der Physikalischen Zeitschrift (VI, 1905, S. 53 ff.), indem er einen vor der Naturforschenden Gesellschaft in Basel gehaltenen Vortrag wiedergibt, bei dem die Originalplatten dem Auditorium durch Projektion vorgeführt wurden. Kahlbaum erwähnt einleitungsweise, daß er schon vor dem Jahre 1903

gefunden hatte, daß Metalle, insbesondere Zink, sich selbst photographieren, aber nicht nur bei unmittelbarer Berührung, sondern auch schon bei Einschaltung eines kleinen Zwischenraumes. Daß auch verschiedene andere Körper, außer Zink, die Eigenschaft haben, durch bloßen Kontakt, ohne Einwirkung von Licht, die photographische Platte zu schwärzen, ist lange bekannt gewesen. Jeder Photograph kann die Erfahrung machen, daß Platten, die im Dunkeln wochen- oder monatelang in der Kassette eingeschlossen lagen, am Rande, soweit sie mit dem Holze in Berührung waren, beim Entwickeln schwarz werden. Diese schwärzende Eigenschaft haben besonders Nadelholzbretter, desgleichen Papiere und Pappen, die daraus hergestellt sind. Ich habe von verschiedenen Seiten durch mündliche Mitteilungen und Zuschriften meine Vermutung bestätigt gefunden, daß viele, auch Laien, solche Selbstphotographie von Holz und Metallen schon seit Jahren gelegentlich beobachtet haben. Während nun die meisten ihrer Entdeckung nicht weiter nachgingen, sondern sich höchstens über verdorbene Negative ärgerten, hat doch auch der eine oder andere selbstständig darüber nachgedacht und Erklärungsversuche gewagt. So schreibt mir ein der Wissenschaft fernstehender Amateurphotograph, der von meinem das Thema behandelnden Isisvortrage (19. Okt. 1905) gehört hatte, im Anschluß daran, er habe bei Blitzlichtaufnahmen schon öfters Fleckenbildungen auf photographischen Platten und noch mehr auf photographischen Papieren, die stets freie Säuren zu ihrer Konservierung enthalten, wahrgenommen, die er darauf zurückführe, daß winzige Stäubchen des leichten Magnesiummetalles unverbrannt sich der Luft beigemischt und auf der Platte bezw. auf dem Papiere niedergeschlagen hätten und die dann beim Hinzutreten des Entwicklers Silber reduzierten. Er nahm die Lupe zur Hand und bemerkte einen dunklen Punkt in der Mitte und dann allmählich sich verlaufende Schwärzung, also reduziertes Silber mit einem deutlichen Metallpunkte in der Mitte. Daß in diesen Beobachtungen zweifellos richtige Gedanken enthalten sind, wird sich später ergeben. Auch ich fand vor etwa Jahresfrist beim Entwickeln einer Platte, die ein Vierteljahr in der Kassette im dunklen Schranke gelegen hatte, den Holzrand (Nufsbaumholz) mit Andeutung der Maserung reproduziert\*). Es scheint nun, als ob sich systematisch mit der Sache zuerst J. Blaas und P. Czermak beschäftigt hätten. Sie veröffentlichten in der Physikal. Zeitschr. (Band V, S. 363) eine interessante Arbeit über den Gegenstand, die in etwas abgeänderter Form auch in der bekannten Zeitschrift „Die Woche“ und zwar in der Nummer vom 29. Okt. 1904 abgedruckt war. Darin wird in Ergänzung meiner Ausführungen mitgeteilt, daß Beobachtungen der fraglichen Art teils durch die neuere photographische Technik, teils von einzelnen Experimentatoren sogar schon in den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts gemacht wurden, ohne daß man die Sache weiter verfolgt hätte. Die Verfasser weisen die wenigen dabei gelegentlich gemachten Erklärungen, die als Ursache Feuchtigkeit, Unreinlichkeiten, sich entwickelnde Gase, rein chemische Faktoren und dergl. vermuten, als unzutreffend zurück und erbringen den Beweis dafür, daß es sich hier jedenfalls um den Einfluß strahlender Materie handelt, wenn auch jetzt noch nichts befriedigendes

\*) Dies geschah in Übereinstimmung mit W. J. Russell, der ausführlich über solche Holzabbildungen in der Proc. Royal Soc. 74, 131 berichtet und dabei einzelne Holzarten genauer untersucht.

über die Natur und Wesenheit der Strahlenart gesagt werden könne. Es ist für das folgende nicht ohne Wert, hier auch über die Arbeit von Blaas und Czermak in großen Zügen zu referieren. Schreibt man mit Tinte oder Salzlösungen und dergleichen auf ein Blatt ordinäres Packpapier oder wählt man ein bedrucktes Blatt, setzt einen bestimmten Teil davon etwa eine halbe Stunde den Sonnenstrahlen aus und belegt das Ganze in der Dunkelkammer mit einer Trockenplatte, so erhält man nach ein bis zwei Tagen Kontakt beim Entwickeln, aber nur von dem besonnten Teile des Papiers, ein deutliches Negativ, so zwar, daß die Schriftzüge unwirksam geblieben sind. Die besonnten, unbedeckt gewesenen Papierteile haben also die Eigenschaft, Licht gleichsam zurückzuhalten. Daher nannten die Verfasser diese Eigenschaft nach den griechischen Worten für „Licht“ und „festhalten“: Photechie. Sehr glücklich ist diese Bezeichnung darum nicht, weil die damit gemeinte Eigenschaft, wie sich herausstellen wird, nicht an vorherige Belichtung gebunden zu sein braucht. Trotzdem soll sie der Einfachheit wegen beibehalten werden. Auch in den später zu Fig. 8 und 9 gemachten Bemerkungen ist das Wort „photechisch“ nicht im ursprünglichen, sondern im erweiterten Sinne (etwa: beim Kontakt sich selbst photographierend) zu verstehen.

Es wurde festgestellt, daß holzstoffhaltiges Papier, am besten aber auch Hölzer aller Art, Stroh, Schellack, Leder, Seide, Baumwolle usw., wörtlich genommen, photechisch waren. Unwirksam erwiesen sich dagegen Glas und die Metalle außer Zink. Letztere Tatsache ist für das Folgende von Wichtigkeit. Immer aber wird zunächst noch vorhergehende Insolation vorausgesetzt, wengleich zugegeben wird, daß die Photechie auch nach Wochen noch nicht ganz erloschen ist. Starke Erwärmung vernichtet die Wirkung. Films reagieren unter sonst gleichen Empfindlichkeitsbedingungen nicht, außer wieder bei Zink. Im Laufe ihrer Versuche kamen nun die Verfasser zu dem Ergebnisse, daß insbesondere Zink, das vorher mit dünner Glycerinlösung überzogen und dann mit Ruß bestreut worden war, schwärzend auch dann wirkte, wenn alles im Dunkeln präpariert wurde. Ja, selbst dann noch, wenn ein dünnes Kartonrähmchen zwischen Metall und Platte eingelegt wurde. Trotzdem nehmen die Verfasser an, daß diese Wirkung auch dann noch mit der vorher beschriebenen photechischen verwandt, wenn nicht identisch sei. Diese Vermutung dürfte indes nicht auf Richtigkeit beruhen, wie später auch Streintz gezeigt hat. Es wurden die Abstände zwischen Zink und Platte nun vergrößert und festgestellt, daß bis auf etwa 9 mm die nämliche Wirkung gut sichtbar blieb, trotzdem die Expositionszeit nicht über 24 Stunden gesteigert wurde. Daraus mußte gefolgert werden, daß rein chemische Ursachen sicher nicht in Frage kommen konnten. Daß die Erscheinung den Charakter einer Strahlung trägt, folgte endlich auch daraus, daß mit Hilfe spiegelnder Glasflächen Reflexion der von photechischen Substanzen ausgehenden Wirkung nachgewiesen wurde. Das Gesamtergebnis ihrer Untersuchungen fassen Blaas und Czermak zusammen in die Sätze:

„Sehr viele Substanzen erhalten bei kräftiger Besonnung an ihrer Oberfläche die Eigenschaft, photographische Platten zu schwärzen. Diese Eigenschaft ist an Okklusion von Ozon gebunden.

Blankes oder amalgamiertes Zink besitzt die Eigenschaft spontan, und tritt dieselbe in sehr kräftiger Weise hervor, wenn es mit einer sehr dünnen Glycerinschicht bedeckt und dann mit einem Pulver, am besten

Rufs, überzogen wird. Auch hier ist die Anwesenheit von Ozon nachgewiesen.

Obige Präparate senden eine diffuse Strahlung aus, welche dem Gebiete des blauen Endes des Spektrums angehört und an spiegelnden Flächen reflektiert wird.“ — Neben Ozon könnte hierbei auch die Wirkung von Wasserstoffsperoxyd in Frage kommen.

Was diese anlangt, so ist sie von J. W. Russell (Proc. Roy. Soc. 64, 409, 1899) zuerst festgestellt worden. Im vierten Bande der Physikal. Zeitschrift, S. 160, kommt L. Graetz darauf zurück, wobei er nachweist, daß es jedenfalls nicht die Dämpfe von  $H_2O_2$  sein können, die den photographischen Effekt hervorrufen. Die Plattenschwärzung schein ihm vielmehr auf der Aussendung irgend welcher Teilchen von unbekannter Beschaffenheit zu beruhen, die aber nicht mit negativen Elektronen identisch sind. Graetz konstatiert die geradlinige Fortpflanzung der Wirkung und spricht daher von einer Art  $H_2O_2$ -Strahlung, wenngleich deren weitere Ausbreitung diffus erfolge und regelmäßige Reflexion an Spiegeln nicht einträte. Ganz eigentümliche photographische Einflüsse des  $H_2O_2$  entdeckte zuerst von Branca, indem er im Dunkelzimmer einige Zentimeter über  $H_2O_2$  die Schichtseite einer Platte hielt und oben auf die Glasseite Metallstücke legte. Nach dem Entwickeln fand sich ein Abbild des Metallstückes. Graetz nennt den Vorgang Rückabbildung und findet nach eingehenden Untersuchungen, daß nicht Fluoreszenzerscheinungen oder elektrische Wirkungen, sondern vielmehr nichts anderes als sehr geringe Temperaturdifferenzen (0,02%) verschiedener Plattenteile als Ursache anzusehen sind, derart, daß stärkere Schwärzung tieferer Temperatur entspricht. Das ist jedenfalls eine sehr beachtenswerte Entdeckung. Auch hier zeigt sich übrigens, wie bei vielen anderen Versuchen über Metallstrahlen, die bemerkenswerte Tatsache, daß Platten verschiedener Fabriken sehr verschieden empfänglich sind. Graetz benutzte beispielsweise mit bestem Erfolge Platten der Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation in Berlin, während er am wenigsten geeignet die Lumièreplatten fand, gerade diejenigen, die sich für später zu besprechende Versuche ähnlicher Art am besten eignen. Graetz führt seine theoretischen Erörterungen über denselben Gegenstand in einer späteren Arbeit (a. a. O. S. 271 ff.) weiter aus und hebt von neuem den eigentümlichen Temperatureinfluss auf eine photographische Wirkung hervor, einen Einfluss, der sonst nirgends vorhanden ist. Zur Erklärung gibt er zwei Hypothesen. Einmal könnten sich flüchtige Teilchen von den wärmeren nach den kälteren Stellen begeben. Zweitens aber könne sich unter dem Einflusse der eigenartigen Strahlung ein Sauerstoffatom an Wasser anlegen und  $H_2O_2$  bilden, wie es denn schon von Russell nachgewiesen ist, daß sich in der Nähe von  $H_2O_2$  bei vorhandenem Wasser wieder  $H_2O_2$  bilden kann. Das auf der photographischen Platte gebildete  $H_2O_2$  nun zersetzt sich bei höherer Temperatur leichter, ist folglich an den kälteren Stellen in größerer Menge vorhanden und kann hier stärker schwärzend wirken. Sehr auffallend erscheint es allerdings auch Graetz, daß schon so außerordentlich kleine Temperaturunterschiede wirksam sein können. Blaas und Czermak allerdings bestreiten, wie aus den vorhin zitierten, zusammenfassenden Sätzen ihrer Arbeit hervorgeht, daß Wasserstoffsperoxyd die Ursache der photochemischen Wirkungen, also auch der der Zinkstrahlung sein könne.

Neuerdings haben J. Precht und C. Otsuki in den Annalen der Physik (16, 890, 1905) eine Strahlung des Wasserstoffsuperoxyds im Sinne von Graetz wieder bestritten und die Plattenschwärzung durch Verdampfung dieser Substanz zu erklären versucht. Geradlinige Ausbreitung vermochten sie nicht nachzuweisen und die „Rückabbildung“ erscheint ihnen als die Folge von Temperaturunterschieden; sie hört nämlich bei gleichem Wärmegrade von  $H_2O_2$  und Plattenschicht sofort auf. Trotz einer Entgegnung hierauf, die Graetz in den Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (1905, 78) veröffentlicht, bleiben aber die Verfasser bei ihren Behauptungen.

Wir kommen nun zu einer anderen Methode, die unzweifelhaft existierende, wenn auch ihrem Wesen nach noch recht problematische Metallstrahlung nachzuweisen. Das Hilfsmittel hierzu bietet uns Papier, das mit Jodkalium getränkt wurde. Schon Czermak hatte Jodkaliumstärkepapier benutzt. Gründlicher untersuchte die Wirkungen der Metalle auf dieses Reagenzmittel F. Streintz in Graz (Phys. Zeitschr. V, S. 736) und gibt eine neue Erklärung der Erscheinung, indem er auf den von Nernst eingeführten Begriff des elektrolytischen Lösungsdruckes hinweist. Durch diesen Druck werden positive Ionen frei und wandern in die Umgebung des Metalles. Dadurch ionisieren sie das Silbersalz der photographischen Platte, bezw. die Jodkaliumlösung des Papiere. Es ist leicht einzusehen, daß dieser Lösungsdruck mit dem Grade der Elektropositivität des Metalles steigen muß. Folgerichtig prüfte daher Streintz die in dieser Beziehung günstigeren Metalle Kalium, Natrium und Magnesium. Da die beiden ersteren sich schon bei Spuren von Luftfeuchtigkeit auf ihrer Oberfläche sehr schnell verändern, wurde vorläufig nur Magnesium benutzt und zwar mit dem Erfolge, daß sich völlig blank gemachte Stellen dieses Metalles schon nach wenigen Minuten Berührung als braune Jodbilder auf dem weißen Papiere reproduzierten. Noch glänzender und schon nach zwanzig Sekunden wirkte Magnalium, eine aus Magnesium und Aluminium hergestellte Legierung. Zink und Kadmium zeigten nach einigen Stunden dieselbe Erscheinung. Das nämliche leistete im Gegensatze zu den Beobachtungen von Blaas und Czermak vollkommen blank poliertes Aluminium, selbst dann noch, wenn am Rande durch Glimmerunterlagen ein Zwischenraum zwischen Papier und Metall geschaffen wurde; bei Vergrößerung des Zwischenraumes wird die Wirkung wesentlich schwächer, während die Ränder zugleich breiter und verschwommener erscheinen. Dies dürfte wieder für den Charakter einer Strahlung sprechen. Später wurden auch Kalium, Natrium, Lithium zur Vermeidung der Oxydation in einem Bade von Petroläther zerschnitten und noch innerhalb des Bades schnell auf eine photographische Platte gelegt. Deutliche Bilder waren nach dem Entwicklungsprozesse die Folge. Interessant ist die Feststellung, daß Eisen, Blei, Nickel, Kupfer, Quecksilber, Silber, Gold und Platin das Jodkalium nicht zersetzen. Da demnach die Stellung der Metalle in der elektrischen Spannungsreihe eine Rolle zu spielen schien, setzte der Verfasser der Untersuchungen in Gemeinschaft mit O. Strohschneider seine Experimente fort und veröffentlichte seine neuen Ergebnisse in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie (Mathem. natur. Kl. 114, Abt. IIa) vom Mai 1905. In dieser Arbeit, die auch in den Annalen der Physik (IV. Folge, Band 18, S. 198 ff.) abgedruckt ist, werden zunächst die Einzelpotentialdifferenzen der in Frage kommenden Metalle in ihren Lösungen

experimentell ermittelt, woraus sich als Spannungsreihe vom Positiven nach dem Negativen zu die Anordnung: Magnesium, Aluminium, Zink, Kadmium ergibt. Erstaunlich sind die elektrolytischen Lösungsdrucke dieser Metalle, die Streintz und Strohschneider für Magnesium zu  $10^{44}$ , für Kadmium zu  $10^7$  Atmosphären berechnen. Weit zurück steht Eisen mit immerhin noch  $10^3$  Atmosphären, während zu allen anderen Metallen bis herab zu Gold und Platin Drucke gehören, die unterhalb einer Atmosphäre bleiben. Daraus wurde nun gefolgert, daß durch solch gewaltigen Druck positive Ionen, und zwar Metallionen in die Metallumgebung entsendet werden. „Die umgebende Luft enthält dadurch positive, das Metall selbst negative Ladung. Die Wirkung wird um so kräftiger eintreten, je größer der Lösungsdruck, oder mit anderen Worten, je elektropositiver das betreffende Metall ist. Durch den Stofs der Metallionen tritt eine Volumionisation der Luft ein; dadurch wird das Silbersalz der photographischen Platte oder die Jodkaliumlösung des Papiers gleichfalls ionisiert.“

Die von Blaas und Czermak vermutete Bildung von Ozon und vielleicht auch die Bildung von Wasserstoffsperoxyd ist dabei als sekundärer Vorgang wohl möglich, jedenfalls spricht die Streintzsche Erklärung für sich selbst und darf zur Zeit noch als unwiderlegt gelten. Bedauerlich ist es, daß die Jodbildungen wegen der schnellen Verdampfung des entstandenen Jods nicht dauernd erhalten werden können. Daher bleibt der allerdings viel langsamer wirkende Prozeß der photographischen Silberreduktion für aktenmäßige Festlegung der Tatsachen vorzuziehen. Sehr wichtig ist auch die Feststellung der Tatsache, daß das Vorhandensein von Feuchtigkeit für das Gelingen der Versuche Bedingung ist. Denn auf vollständig trockenes Jodkaliumpapier erfolgte keine Reaktion, selbst durch Magnesium und Aluminium nicht. Für die photographische Platte gelingt der Vorgang wohl darum nicht, weil die Gelatineschicht stets Wasserdampf im kondensierten Zustande enthält. Diese eingebettete Feuchtigkeit entschwindet auch dann nicht, wenn der ganze Versuch innerhalb eines Raumes vorgenommen wird, der vollkommen ausgetrocknet und dann luftleer gemacht worden war. Auch längeres Liegen an der Luft raubt den emittierenden Metallen progressiv ihre schwärzende Kraft. Aus all dem hier im Auszuge wiedergegebenen und noch anderen Versuchen dürfen die Forscher jedenfalls mit Bestimmtheit folgern, daß in elektrolytischen Vorgängen wesentlich der Grund der Erscheinungen zu suchen ist, daß sich die Intensitätsreihen der Bilder unter sonst gleichen Bedingungen mit der elektrischen Spannungsreihe deckt und daß bei dem Czermakschen Experimente mit berufstem Zinkstreifen die relativ hohe elektromotorische Kraft des entstehenden galvanischen Elementes: Zink, Glycerin, Kohle, naturgemäfs besonders intensiv wirken muß. Dazu stimmt auch sehr gut der Gegenversuch, daß Zink mit Magnesium bestrichen, oder Magnesium mit Zink bestrichen, keine Abbildungen dieser Striche liefert, während Striche mit Graphit schnell scharfe Bilder produzieren.

Es blieb nun noch die Frage zu erörtern, ob das durch den angenommenen Ionenstofs der Theorie nach verursachte Leitvermögen der dazwischen liegenden Luftschicht experimentell nachweisbar ist. Darüber berichtete Streintz in jüngster Zeit (Ende September 1905) gelegentlich der Naturforscherversammlung in Meran. Durch eine sinnreiche elektro-

statische Methode gelang ihm der erstrebte Nachweis in der Tat recht gut. Die genaue Beschreibung der Versuche, bei denen die zu prüfenden Metalle zu Kondensatoren zusammengestellt und geladen wurden, wonach nach erfolgter Trennung von der Elektrizitätsquelle die Ladungsabnahme als Funktion der Zeit gemessen wurde, würde hier zu weit führen. Die an sich sehr interessanten Einzelheiten mit den Tabellen der beobachteten Zahlen sind in der Physikalischen Zeitschrift (VI, 764 ff.) veröffentlicht. Von Wert erscheint noch die in der Diskussion des Vortrages auf Anfrage des Herrn Kalähne vom Vortragenden gegebene und belegte Erklärung; daß er keine Unterschiede entdecken konnte, ob Metalle benutzt wurden, die schon lange in der Dunkelkammer gelegen hatten, oder solche die kurz zuvor belichtet worden waren.

Man sieht aus all diesen Arbeiten, daß das Problem der Metallstrahlung in den letzten Jahren die Physiker vielfach beschäftigt hat. Daß auch zur Zeit noch weiter an demselben Problem gearbeitet wird, ist aus gelegentlichen Bemerkungen der zitierten Autoren zu schließen. Indefs scheint man dabei auf die weitere Prüfung zu verzichten, ob denn diese eigentümlichen Metallstrahlen vielleicht doch mit dem Newtonschen Gesetze der Massenanziehung etwas zu tun haben, ob es also vielleicht doch nicht gleichgültig für den Ausfall des Versuches ist, ob man die Strahlung nach oben oder nach unten zu wirken läßt. Die Blondlotsche Methode, deren wir am Anfange gedachten, darf freilich nach Pozděnas gründlichen Prüfungen als wertlos und abgetan betrachtet werden. Anders steht es mit dem Prüfstein, den uns die lichtempfindliche Schicht der photographischen Platte bietet. Nur mit wenigen Worten berühren Streintz und Strohschneider diese Frage. Sie halten einen Einfluß der Gravitation von vornherein für recht unwahrscheinlich. Trotzdem wurde von ihnen ein Magnesiumstreifen erst einmal horizontal oberhalb, dann einmal horizontal unterhalb und endlich in vertikaler Stellung verwendet, wobei in einer Kassette, wenn ihre Bemerkung richtig verstanden wurde, direkte Berührung eintrat. Nach je dreizehn Stunden Dauer zeigten die entwickelten Bilder keinen wesentlichen Unterschied, was allerdings aus der beigegebenen Abbildung nicht gerade deutlich zu ersehen ist. Aber hierfür kann vielleicht der Lichtdruck verantwortlich gemacht werden, wie es denn überhaupt schwer ist, alle die zarten Feinheiten des Originalnegativs auf dem Umwege über eine positive Kopie, abermalige photographische Reproduktion und schließlich die Druckplatte in ursprünglicher Schärfe wiederzugeben. Auch die hier angefügten Tafeln leiden an diesem unvermeidlichen Mißstande. Da bleibt nichts übrig, als die Aussagen der Experimentatoren als maßgebend gelten zu lassen; was Pozděna anlangt, so drückt er sich, wie wir gesehen haben, reserviert aus und leugnet jedenfalls mit Recht die Möglichkeit subjektiven Nachweises. Soviel in Erfahrung gebracht werden konnte, war es nur Kahlbaum, der in dem schon einmal kurz erwähnten Vortrage, den er im Jahre 1903 in Basel gehalten hat, die Frage der Schwerwirkung näher diskutiert. Es macht sich daher nötig, auf diesen Vortrag ausführlich zurückzukommen.

Kahlbaum gab der Fähigkeit gewisser Metalle, sich selbst zu photographieren, den Namen Aktinautographie, also Strahlenselbstschreibung und brachte die benutzten Metallstreifen, Aluminium, Eisen, Zink und Blei in horizontaler Lage in schwarz ausgeklebte Pappkästen, derart, daß getrennt durch 2 mm dicke schwarze Papprahmen oberhalb und unter-

halb je eine photographische Platte lag, die ihre Gelatineschicht also in genau gleichem Abstände dem Metalle zukehrten. Die Platten stammten aus der Fabrik „A. Lumière et ses fils“ in Lyon. Nach fünf Tagen Expositionszeit wurde sorgsam unter ganz gleichen Bedingungen entwickelt, wobei sich auf der unteren Platte deutlich umgrenzte Bilder der Metalle zeigten, während oben kaum etwas zu sehen war. Mehrfache Wiederholungen des Versuches lieferten das gleiche Resultat. Nun tauchte der Verdacht auf, daß eine längere Beleuchtung von X-Strahlen, die zufällig vorhergegangen war, Ursache des Effektes sein könnte. Daher wurden nun neue Bleche genommen, die lange in einem völlig dunklen Raum gelegen hatten. Auch jetzt war der Erfolg des Experimentes unter sonst ganz gleichen Bedingungen im wesentlichen derselbe, auch nach mehrfacher Wiederholung, und blieb er selbst dann noch, wenn die nämlichen Blechstreifen vor der Exposition vier Tage lang mit Radium bestrahlt worden waren. Nur in Bezug auf die oberen Bilder war ein geringer Unterschied zu konstatieren. Während nämlich hier von den unbestrahlten Blechen Eisen und Blei kein Bild, Aluminium ein sehr schwaches und Zink ein deutliches Bild lieferten, zeigte sich nach Röntgen- und auch nach Radiumbestrahlung oben nahezu gar nichts. Es versteht sich von selbst, daß die Versuche für jeden Fall wiederholt wurden mit dem Unterschiede, daß die Metalle umgedreht wurden, so daß oben und unten vertauscht war. Die Photographien fielen genau so aus wie vorher. Eine Einseitigkeit der Metallmaterie war also ausgeschlossen. Kahlbaum folgert aus diesen Versuchen, daß eine Emanation vorliegt, die den Gesetzen der Schwere unterworfen ist. Er fährt wörtlich fort: „Daß es nicht leicht wird, solchen Gedanken auszusprechen liegt auf der Hand. Anzunehmen, daß von einem mit Blei, Zink oder Kupfer gedeckten Dache beständig ein feiner Regen einer schweren Emanation sich in das Haus ergieße, widerspricht unseren bisherigen Erfahrungen so vollständig, daß man allen Grund hat, beim Aussprechen desselben die äußerste Vorsicht walten zu lassen.“ Kahlbaum beseitigt auch weiter die Bedenken, die in ihm in Rücksicht auf die Photechie auftauchten. Da nämlich seine Kästen in der Dunkelkammer verblieben, wäre Photechie nur insofern denkbar gewesen, als die Pappe des Kastenbodens, auf der die Glasseite der unteren Platte im Gegensatz zur oberen direkt auflag, Metallstrahlen wirksam hatte zurückwerfen können, die zuvor schon einmal wirkungslos die Gelatineschicht durchdrungen hätten. Darin scheint auch mir ein nicht zu beseitigender Widerspruch zu liegen. Trotzdem wurden noch besondere Versuche angestellt, die darin bestanden, daß die obere Platte unter ganz gleichen Bedingungen ein Papprechteck auf ihrer Glasseite erhielt. Das Resultat war unverändert das frühere. Daß aber die Nachbarschaft der Pappe überhaupt ohne Einfluß ist, wurde damit erwiesen, daß Metalle und photographische Platten freischwebend in völlig dunkeltem Schranke aufgehängt wurden, so daß sich rings erst in einem Meter Abstand Wände befanden. Eine Änderung des Resultates trat abermals nicht ein. Selbst der Schrank wurde nun als verdächtig erachtet und daher wurden mehrere Platten darin in verschiedener Lage aufgehängt, doch ohne Beigabe von Metallen. Die Entwicklung lieferte glasklare Bilder ohne eine Spur von Schwärzung. Wird aber die Möglichkeit einer „émission pesante“ zugegeben, so muß für die schräg losgeschleuderten Teilchen eine parabolische Bahn gefolgert werden. Um hierüber Aufschluß zu erhalten,

stellte Kahlbaum zwischen zwei vertikale, zu einander parallele Platten ein vertikales Bleiblech diagonal so auf, daß es sich von der einen Schichtfläche unter demselben Winkel entfernte, unter dem es sich der anderen näherte. Das Bild des Bleches war nicht von parallelen horizontalen Graden begrenzt, sondern wurde um so breiter, je weiter sich das Blech von der Platte entfernte. Immerhin bezeichnet Verfasser die Resultate als nicht präzise, aber auch nicht als solche, die geeignet wären, die bisherigen Annahmen einer Einwirkung der Schwerkraft zu widerlegen. Da Zink besonders deutlich und intensiv wirkt, ordnete Kahlbaum über und unter einer horizontalen Zinkplatte je drei horizontale Platten treppenförmig an, so zwar, daß immer je zwei gleichen Abstand vom Metalle hatten. Es wurde nun die Helligkeit der entwickelten Platten gemessen und wiederum ergab sich deutlich und stufenweise nach unten zu ein Überwiegen der Schwärzung.

Alle diese von günstigem Erfolge begleiteten Versuche wurden mit Lumière-Platten angestellt. Als aber Kahlbaum später dieselben Bilder mit Platten verschiedener anderer Fabriken anstellen wollte, blieb der Erfolg nahezu ganz aus; nur Zink erzeugte zuweilen Aktinautographien, die aber sehr matt ausfielen. Ja, und das erscheint am wunderbarsten, nach einigen Monaten versagten auch die Lumièreplatten den Dienst. Da der Grund in den veränderten Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnissen des Herbstes gesucht werden konnte, wurde versucht, durch Heizen und Verdampfen von Wasser, die früheren Bedingungen wieder herbeizuführen. Und in der Tat erschienen die früheren Bilder von neuem, allerdings erheblich matter. Eine weitere eigentümliche Entdeckung wurde insofern gemacht, als zuweilen die Photographien als Diapositive erschienen, obgleich von derart starken Überlichtungen, wie sie nach Eder für diese Umkehr der Bilder erforderlich sein muß, nicht die Rede sein konnte.

Die Erklärung aller dieser erwiesenen Tatsachen machte Kahlbaum nicht geringe Schwierigkeit. Er glaubt zwar nicht, daß elektrochemische Ursachen absolut ausgeschlossen sein müssen, sagt aber ganz richtig, daß auch dann, wenn Bromsilberschicht, feuchte Luft und Metall als galvanisches Element wirken sollten, eine Erklärung der nach unten zu kräftigeren Wirkung nicht erbracht werden könne. Interessant ist, daß die Verfasser auch bei photochemischen Versuchen nach den Methoden von Blaas einen analogen Unterschied zwischen unten und oben konstatiert zu haben glauben. Schließlich brachte Kahlbaum noch Metallplatten in eine Zentrifuge und stellte durch Filzunterlage geschützte Platten in gleicher Entfernung außerhalb und innerhalb parallel gegenüber. Die Rotation belief sich auf 2700 Touren in der Minute und die Zeit der Drehung wurde auf über andert-halb Tage ausgedehnt. Während nun, wohl der Kürze der Zeit wegen, Kupfer, Eisen und Nickel kaum bemerkbare Bilder lieferten, zeigte Zink außen eine starke, innen nur eine ganz schwache Schwärzung; dasselbe ergab sich bei einem Versuche mit Uran.

Nach allem ist also eine eigentümliche Selbststrahlung gewisser Metalle nachgewiesen und nicht mehr zu bezweifeln. In dieser Richtung bleibt nur die Theorie noch auszubauen. Anders steht es mit der zweiten Hauptfrage: Ist diese Strahlung der Schwerkraft unterworfen? Bei den sich vielfach widersprechenden Ansichten hierüber und bei dem verschiedenen Ausfall der hierbei angestellten Versuche dürfte jeder in anderen Räumen und folglich unter anderen Verhältnissen ausgeführte experimentelle

Beitrag nicht ganz wertlos erscheinen. Ich habe daher, angeregt durch Geheimrat Prof. Dr. Hallwachs im ganzen nach Kahlbaums Methode eine gröfsere Reihe von analogen Versuchen angestellt. Ich beschreibe zunächst den Versuchsraum, der mir im physikalischen Sammlungszimmer des Vitzthumschen Gymnasiums zur Verfügung steht: Darin ist durch Holzwände eine Dunkelkammer von  $2 \times 2\frac{1}{2}$  m eingebaut, die innen vollkommen matt geschwärzt ist und nur nach der einen Mauerseite zu ein schmales, mit gelbem Glase und dichtem roten Stoffe doppelt gegen chemisch wirksame Tageslichtstrahlen geschütztes Fenster aufweist. Darin steht ein ebenfalls matt geschwärzter Schrank, in dessen mittelstem, sonst leerem Fache die Expositionen vorgenommen wurden. Es wurden nun Plattenkästen aus Pappe (beiläufig im Format  $9 \times 12$ ) innen und aufsen mit mattschwarzem Papiere sorgsam ausgeklebt, nach Einlegung der Versuchsobjekte dreimal mit ebensolchem Papier eng umhüllt und dann in den Schrank gestellt. Zur Verwendung kamen nur Lumière-Platten, wie bei Kahlbaum, da sich nach mehrfachem Herumprobieren andere Fabrikate als nicht oder nur wenig brauchbar erwiesen hatten. Die Versuche fanden in der Zeit vom August bis November 1905 statt. Zuerst wurden die von Kahlbaum besonders empfohlenen Metalle Zink, Blei, Eisen und Aluminium in Form von rechteckigen Blechstreifen benutzt und horizontal über und unter je eine Lumière-Platte (hochempfindliche Marke „Sigma“) so in einen Pappkasten der beschriebenen Art gelegt, dafs sie durch je einen schwarz beklebten Papprahmen von je 2 mm Dicke von den Schichtseiten getrennt waren. Die Expositionszeit wurde von 16 Tagen bis herab zu 2 Tagen variiert. Die untere Platte lieferte ausnahmslos kräftigere Schwärzung als die obere, natürlich nach völlig gleichartiger Behandlung bei der Entwicklung. In Figur 1 ist eines der so erhaltenen Plattenpaare reproduziert. Man merkt sofort, dafs die Wirkung des Zinks nach unten zu viel kräftiger ist. Bei anderen Versuchen gleicher Art ist der Helligkeitsunterschied teilweise zwar weniger in die Augen fallend; immerhin ergab sich aber kein wirklich widersprechendes Resultat, auch nicht nach Umdrehung der Metallstreifen, d. h. nach Vertauschung von unterer und oberer Fläche. Überhaupt ist hierdurch ein Einflufs auf die Resultate niemals nachweisbar gewesen, wie ausdrücklich betont werden soll.

Stellt man nun die Metalle vertikal und bringt Platten in gleichem Abstände davor und dahinter, so ist es mir trotz vieler Versuche nicht gelungen, ein sicher zu deutendes Resultat zu erhalten. Das eine Mal zeigt die eine, das andere Mal die andere Platte mehr Dunkelheit. Ein Vorwiegen der Schwärzung nach unten zu, wie es Kahlbaum feststellen konnte, habe ich niemals finden können.

Da nun das Zink immer am besten und schnellsten wirkte und das genaueste Studium der Vorgänge gestattete, arbeitete ich längere Zeit nur mit Zinkplatten im Formate von ungefähr  $9 \times 10$ , bei etwa 1,2 mm Dicke. Dieselben wurden gut abgeschmirgelt und glatt poliert, teils in der Dunkelkammer teils bei diffusum Tageslichte im Zimmer. Erst nachdem ich mich überzeugt hatte, dafs dadurch die Resultate nicht beeinträchtigt wurden, bereitete ich die Platten, der bequemeren Handhabung wegen, nur noch im matten Tageslichte vor. Von zwanzig allein mit Zink nach Art der vorigen ausgeführten Versuchen wiesen nur zwei eine nach oben ganz wenig, alle anderen eine nach unten zu wesentlich stärkere Schwärzung auf. Auch änderte sich nichts, wenn die Pappkästen vor der Exposition innen mit

einem feuchten Schwamme betupft wurden, so daß die Aktinautographie bei relativ hoher Feuchtigkeit vor sich gehen mußte.

Es wurden nun Zinkplatten mit regelmäßigen Lochreihen versehen und ebenso exponiert. Die mit der Bohrmaschine möglichst genau kreisrund ausgeführten Löcher hatten 6 mm im Durchmesser. Wie zu erwarten, blieb oberhalb und unterhalb dieser Löcher die Schwärzung aus, während die anderen Stellen wieder nach unten zu kräftiger strahlten (Fig. 3). Hier soll auch auf eine Fehlerquelle hingewiesen werden, die anfangs zu Trugschlüssen Anlaß gab. Es zeigte sich nämlich zu wiederholten Malen, daß sich die Löcher auf der unteren Platte deutlich umgrenzt als sehr dunkle Punkte in nur mäsig geschwärzter Umgebung zu projizierten, während sie oben wieder hell und verwaschen auftraten. (Vergl. Fig. 5.) Eine dabei regelmäßig beobachtete Schrägprojektion führte nach verschiedenen falschen Deutungsversuchen darauf, die Dunkelkammerlampe als verdächtig anzusehen. Als solche wurde teils eine Petroleumlampe mit dem dunkelsten im Handel erhältlichen Rubinzylinder, teils eine elektrische Glühlampe mit ebenfalls sehr dunklem Überglase verwendet. Schon seit Jahr und Tag hatte ich dabei entwickelt, ohne daß jemals auch nur geringe Schleier störend auftraten. Die spektroskopische Untersuchung beider Lampen gläser ergab, daß das durchgelassene Licht nur rote Strahlen in unmittelbarer Nachbarschaft der Fraunhoferschen Linie a enthielt, also lediglich homogen und frei von chemisch wirksamen Strahlen war. Nun stellte sich aber heraus, daß die Sigma-Platte der Lumièrefabrik auch für das so filtrierte Licht nicht hinreichend unempfindlich war. So kam es, daß die unteren Platten, nachdem die oberen schnell abgehoben und einstweilen unter dem Entwicklungstische verborgen worden waren, durch die Löcher der noch im Kasten liegenden Metallplatten hindurch einige Sekunden rotes Licht erhielten. Es kam sogar vor, daß die durch das Bohren besonders glatt und glänzend gewordenen Lochzylinder deutlich erkennbare katakautische Kurven erzeugten. (Vergl. Fig. 8.) Wurde der Kasten, während die Gelatineschicht der oberen Platte im Schatten des Tisches mit den erforderlichen Bleistiftnotizen versehen wurde, durch Zufall etwas verschoben, so waren sogar mehrere Serien derartiger Punktreihen auf der zurückgebliebenen Platte die Folge. Erst nachdem im absolut dunklen Raume die Entwicklung eingeleitet wurde, verschwand die Erscheinung. Trotzdem kam es zuweilen noch vor, daß unten dunkel umrandete, verwaschene helle Flecken auftraten. Eine Erklärung hierfür machte anfangs Schwierigkeit, bis später die nämlichen Versuche mit dem in Vergleich zu Zink noch wirksameren Magnesium gemacht wurden; ein hierfür besonders charakteristisches Bild bietet Fig. 4 auf Tafel I. Die Quadrate waren hier mit scharfem Messer in die nur  $\frac{1}{3}$  mm dicke Magnesiumplatte eingeschnitten worden. Man sieht nun unten und nur unten die in der positiven Kopie natürlich hell erscheinenden Ränder. Auch ist die eigentümliche Riefelung der Blechoberfläche unten weit deutlicher markiert als oben. Ich erkläre mir den Vorgang so, daß in der Tat materielle Teilchen vom Metalle sich der Schwere entsprechend herabsenken, am meisten von den vertikalen, frischen Schnittträgern. Bemerkenswert muß werden, daß die benutzten Metallbleche vor dem Einlegen in die Kästen mit einem ganz neuen Lederlappen sorgsam, auch in den Löchern abpoliert wurden, so daß Feilspäne unwahrscheinlich sind. Die hellere äußere Umrandung der Bilder rührt vom Übergreifen der photochemischen Kontaktwirkung des Pappandes her, der in diesem Falle aus unbedeckter

gewöhnlicher brauner Pappe von 2 mm Dicke bestand. Mit zunehmender Dicke des trennenden Rahmens nimmt die Unklarheit der Lochschatten zu, so daß schon bei 1 cm keine deutlichen Projektionen mehr erkennbar sind. Stellt man das Metallblech schräg, so daß von den horizontalen photographischen Platten etwa die obere links, die untere rechts mit der Metallkante direkte Berührung hat, während die entgegengesetzten Ränder durch dazwischen gelegte, schwarz beklebte Pappriemen in 1 cm Abstand erhalten werden, so zeigen sich die Lochschatten deutlich nur an den anliegenden Rändern, während sie von da ab schnell bis zur völligen Undeutlichkeit verschwinden. Immerhin läßt sich dabei ein Zusammenschieben der Löcher unschwer erkennen, derart, daß die Projektion der Lochreihen senkrecht nach unten zu stattfand. Auch die Gesamtschwärzung, soweit sie also von der Zink- bez. Magnesiumfläche herrührt, nimmt sehr schnell und nicht proportional der Entfernung vom aufliegenden Rande ab. Wurde der Versuch ausgeführt, während der ganze Kasten bei der Exposition vertikal stand, so sagten die entwickelten Platten auch nach mehrfacher Wiederholung des Versuches nichts bestimmtes aus.

Einer eigentümlichen Erscheinung soll zuletzt noch gedacht werden. Wählt man nämlich, während Platten und Metall wieder horizontal liegen, ihren gegenseitigen Abstand groß (etwa 1 cm und mehr), so fällt zwar, wie schon angedeutet, der Unterschied zwischen unterem und oberem Bilde weniger in die Augen, verschwindet auch wohl ganz; dafür weist aber die untere Platte zahlreiche, unregelmäßig verteilte, intensiv schwarze Punkte bis zu etwa Stecknadelkopfgroße auf, die einen tiefschwarzen Kern und ringsum einen schnell verlaufenden Hof besitzen (vergl. Fig. 7). Solche Punkte treten vereinzelt zwar auch oben auf, jedoch nicht immer und jedenfalls in wesentlich geringerer Anzahl. Man könnte auch hierin einen Beleg dafür finden, daß Materie sich spontan und stetig von dem Bleche löst, dabei mit einer gewissen Anfangsgeschwindigkeit entfliehend der Schwerkraft unterliegt und einen relativ sehr großen Luftwiderstand findend sich bei hinreichender Entfernung von Blech und Gelatineschicht unterwegs zu Klümpchen zusammenballt, um schließlich nach Auftreffen jene tiefschwarzen Stellen zu erzeugen. Die Anzahl dieser Punkte nimmt bei längerer Exposition zu, was hierdurch auch seine Erklärung finden würde. Ebensovienig im Widerspruch mit dieser Hypothese steht die sicher konstatierte Tatsache, daß sich auf einem zweiten oder gar dritten Plattenpaare, das oberhalb bez. unterhalb des ersten in geringem Abstände angebracht wird, keine Spur von Schwärzung entdecken läßt. Nun könnte zwar eine Strahlung auch durch die erste Plattenschicht oder das Glas der Platte schon absorbiert und dadurch am weiteren Vordringen gehindert werden; immerhin aber ergibt sich wenigstens kein Widerspruch gegen unsere obige Annahme. Es wurde nun der Widerstand zwischen Metall und Platten dadurch künstlich erhöht, daß lose gezupfte, chemisch reine Baumwolle dazwischen gebracht wurde. Dann traten Schwärzungen beiderseits an den weniger dichten Stellen deutlich ein, wobei die beschriebenen Lichtpunkte sich unten auffallend vermehrten (vergl. Fig. 6). Auch diese Tatsache stimmt mit unserer Erklärung gut überein.

Schließlich sei hinzugefügt, daß die benutzten schwarz ausgeklebten Pappkästen während der Beobachtungsmonate dann und wann nur unter Platteneinlage, also ohne die Bleche exponiert wurden. Dabei ergab die Entwicklung immer glasklare, schleierfreie Bilder, woraus folgt, daß die

sonst auftretenden Schwärzungen eben auch wirklich in den Metalleinlagen ihre Ursache haben.

Ziehen wir zum Schlusse aus unseren historischen Betrachtungen, aus den Ergebnissen der referierten einschlagenden Arbeiten und aus den beschriebenen eigenen Versuchen das Fazit, so muß unter sonst gleichen Bedingungen der schwärzenden Einwirkung einer im Dunkeln horizontal schwebenden Zink- oder Magnesiumplatte auf eine nicht berührende photographische Platte eine entschiedene Einseitigkeit zugestanden werden derart, daß vertikal nach unten zu diese Wirkung überwiegt. Diese eigentümliche Einwirkung scheint nun eine doppelte Ursache zu haben. Einmal liegt ein Vorgang vor, der den Charakter einer Strahlung im optischen oder verwandten Sinne zu haben scheint. Hierauf soll unter Hinweis auf die besprochenen Hypothesen verschiedener Forscher nicht weiter eingegangen werden. Andernseits aber scheint es mir, als ob gleichzeitig mit dieser Strahlung eine ganz langsame molekulare Abbröckelung Hand in Hand ginge, also etwas ähnliches, wie Kahlbaums feiner Bleiregen. Dann muß sich folgerichtig für diesen Teil der Erscheinung auch ein Einfluß der Erdanziehung ergeben. Diese materielle Emission geht nicht mit derselben Regelmäßigkeit vor sich, wie jene strahlungsähnliche. Sie addiert sich zu der anderen und durch die Superposition beider bilden sich immer fleckige, unregelmäßig gezeichnete Bilder, vorwiegend allerdings nur auf der unteren Platte. Die materielle Emission der Metalle Zink und Magnesium (um diese handelt es sich zunächst nur) ist von einem Regen insofern wesentlich verschieden, als sie eine, wenn auch geringe Anfangsgeschwindigkeit beim Verlassen des Metallstückes besitzt. Dieser Impuls wird ihr vielleicht durch abstofsende Molekularkräfte erteilt, welche nur an der obersten Oberflächenschicht wirksam werden können, aber jedenfalls auch schon im Inneren der Metallmasse vorhanden sind. Die physikalische Hypothese ist ja im allgemeinen nicht sparsam mit der Annahme anziehender und abstofsender Molekularkräfte und ihr wird daher auch mit unseren Erklärungsversuchen nichts Außerordentliches zugemutet. Völlig aufgeklärt sind damit Kahlbaums und unsere Versuchsergebnisse noch nicht; da sie aber so schön miteinander übereinstimmen, wenn gleich sie an anderem Orte, zu anderer Zeit und teilweise auch in anderer Art angestellt worden sind, so muß man zum mindesten zugeben, daß die Aktinautographie eine Begleiterscheinung besitzt, die in ihrer photochemischen Wirkung den Anschein einer der Schwere unterworfenen Strahlung oder Emission hat.

Vielleicht wird diese Annahme auch noch durch die Tatsache unterstützt, daß jedes, selbst noch so sorgsam gereinigtes Metallblech einen ihm eigentümlichen Geruch besitzt, der doch nach dem jetzigen Stande unserer physiologischen Kenntnisse über diesen Sinn eine Reizung der Nerven durch fein verteilte Materie voraussetzt. Daß dabei ein merkbarer Gewichtsverlust nicht eintritt, darf bei unseren modernen Erfahrungen mit radioaktiven Substanzen nicht Wunder nehmen\*). Blondlots „Emission

\*) Während der Drucklegung vorstehender Arbeit erhalte ich von dem Ingenieur Karl Gruhn aus Charlottenburg eine Zuschrift, in der er auch auf den verschiedenen Geruch hinweist, der verschiedenen Metallen eigentümlich ist. Er behauptet mit Recht, daß dieser Geruch deutlicher wird, wenn man das betreffende Metall, z. B. Eisen, Zinn, Kupfer, Aluminium und Zink zuvor gelinde erwärmt. Er findet es dann sogar leicht, diese Metalle bei verbundenen Augen durch die Nase von einander zu unterscheiden.

pesante“ im ursprünglichen Sinne erhielt also, und zwar vor allem durch Požděna, den sicheren Todesstofs, lebte aber in anderem Sinne wieder auf. Es kann nicht geleugnet werden, daß das Verdienst, den Anstofs zu der weiteren Erforschung des Problems einer „der Schwere unterworfenen Aussendung“ gewisser Metalle gegeben zu haben, im letzten Grunde doch dem interessanten französischen Forscher zugestanden werden muß. Viel ist an diesem Problem noch ungelöst, mancherlei noch zweifelhaft. Auch auf diesem Gebiete der Wissenschaft harret noch reiche Arbeit. Vorläufig war es der Zweck dieser Ausführungen, den bisherigen Stand unserer Kenntnisse hierüber an der Hand der Originalarbeiten möglichst vollständig auch unter Beleuchtung benachbarter Gebiete im Zusammenhange darzustellen und insbesondere die angezweifelte Resultate von Kahlbaum und Steffens durch analoge Versuche nachzuprüfen. Dadurch wurde es auch möglich, auf den folgenden beiden Tafeln einige Kopien von besonders charakteristischen Originalplatten beizufügen, was zum richtigen Verständnis des Textes nahezu unerläßlich erschien.

### Erläuterungen zu den Tafeln.

Die Doppelbilder 1—7 stellen jedesmal zwei zusammengehörige Platten dar, die obere entspricht immer der oberen und die untere der unteren Platte. Man rekonstruiert sich die wahre Expositionslage, wenn man sich das obere Bild um die mittlere Horizontalachse um  $180^\circ$  nach vorn umgeklappt denkt.

#### Tafel I.

Fig. 1. Von links nach rechts: Zink, Blei, Eisen, Aluminium. Expositionszeit 7 Tage. — Abstände zwischen Blech und Platten (sei im folgenden kurz „Zwischenraum“ genannt) jedesmal  $2\frac{1}{2}$  mm.

Fig. 2. Magnesiumblech mit kreisförmigen Löchern, in der Mitte ein großes, in zwei horizontalen Reihen je 6 kleine. Expositionszeit 8 Tage. — Zwischenraum  $2\frac{1}{2}$  mm. Man beachte, daß die kleinen Löcher nur unten projiziert sind.

Fig. 3. Zinkblech mit einer Figur aus kreisförmigen Löchern. Expositionszeit 4 Tage. — Zwischenraum  $2\frac{1}{2}$  mm. In der Mitte eine ebenso dicke Zwischenwand von 11 mm Breite aus schwarz beklebter Pappe, so daß je zwei völlig voneinander getrennte, kongruente rechteckige Luftzwischenräume geschaffen waren.

Fig. 4. Magnesiumblech mit größeren und kleineren quadratischen Ausschnitten, die durch ein scharfes Messer hergestellt worden waren. Expositionszeit 4 Tage. — Zwischenraum  $1\frac{3}{4}$  mm. Die auffallend helle Brücke zwischen dem dritten und vierten der großen Quadrate in 4b rührt von einem Ritz her, der durch Ausgleiten mit dem Messer im Blech entstanden war. Obgleich er nachträglich möglichst gut geglättet wurde, scheinen sich in ihm doch die Oberflächenmolekel im Zustande besonderer Lockerung erhalten zu haben, so daß ihr Herabsinken bei der relativ geringen Plattendistanz, die durch den Grat der kleinen Rille noch etwas verkleinert wurde, eine auffallend scharfe Silberreduktion zur Folge hatte. (Vergl. auch Fig. 9.)

## Tafel II.

Fig. 5. Zinkblech mit genau kreisrunden Löchern versehen, die nach Art einer „5“ auf dem Würfel angeordnet waren. Diesen Löchern entsprechen oben dunkle Flecke, während unten helle, durch je zwei Kreisbögen begrenzte Projektionen der Löcher auftreten. Die fehlerhafte Ursache dieser auffallenden Erscheinung ist auf Seite 17 dargelegt. Expositionszeit 11 Tage. — Zwischenraum  $2\frac{1}{4}$  mm.

Fig. 6. Glatt geschmirgelte Zinkplatte. Dieselbe Zwischenwand wie bei Fig. 3. Die übrig gebliebenen Lufträume wurden durch locker gepufte Watte unregelmäßig ausgefüllt. Die größere Ausdehnung der oberen hellen Flächen ist daher durch Zufall bedingt. Die Lichtintensität ist jedenfalls oben nicht gesteigert. Dafs die eigentümlichen Lichtpunkte unten in überwiegender Menge auftreten, dürfte auch in der verkleinerten und weniger zarten Reproduktion zu erkennen sein. Expositionsdauer 7 Tage. — Zwischenraum  $2\frac{1}{2}$  mm.

Fig. 7. Zinkplatte. Expositionszeit 6 Tage. — Zwischenraum 12 mm. Dieser relativ große Zwischenraum war dadurch herbeigeführt worden, dafs die von früheren Versuchen schon vorhandenen Papprahmen mit je vier Füßchen aus  $2\frac{1}{4}$  mm dicken zylindrischen Holzstäbchen versehen wurden. Diese standen auf den Plattenschichten, während die Rahmen selbst das Blech einklemmten. Man beachte einen nicht zu verkennenden Unterschied zwischen „oben“ und „unten“. Dort photechisches (vergl. S. 9) Übergreifen der Schwärzung nur nach aufsen, hier aber auch da lebhafte Schwärzung, wo die Füßchen aufstanden. Alles in allem also bei der Lichtverteilung wieder eine Bevorzugung der unteren Platte. Zu beachten sind ferner wieder die Lichtflecken vor allem unten, insbesondere der sehr helle, nach aufsen zart abgeschattierte Fleck links unten. Leider kommen gerade hier in der Reproduktion viele Feinheiten nicht recht zur Geltung.

Fig. 8. Die untere Platte eines Versuches, bei dem während der Arbeit in der Dunkelkammer dieselbe Fehlerquelle, wie bei Fig. 5, festgestellt wurde. Da hier die Löcher ganz frisch gebohrt waren, erzeugten die hell blinkenden Zylinder sogar katakaustische Kurven (vergl. hierzu S. 17). — Die nicht mit abgebildete obere Platte wies nur dunkle Stellen und weit geringere Gesamtbelichtung auf.

Fig. 9. Zum Vergleich ein aktinautographisches (photoechisches) Bild desselben Magnesiumbleches, das bei Fig. 4 schon Verwendung fand. Es war unmittelbarer Kontakt hergestellt. Unterschied zwischen oben und unten nicht vorhanden. Daher nur das eine der beiden Bilder. Expositionszeit  $1\frac{1}{2}$  Tage. — Zwischenraum 0 mm.

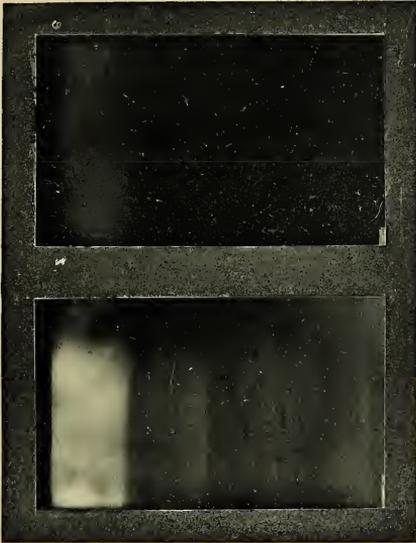


Fig. 1a und 1b.

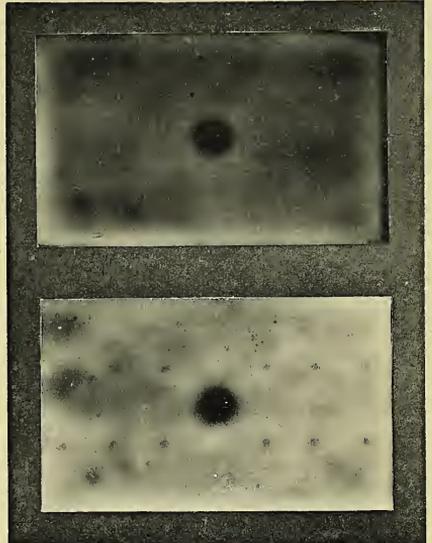


Fig. 2a und 2b.

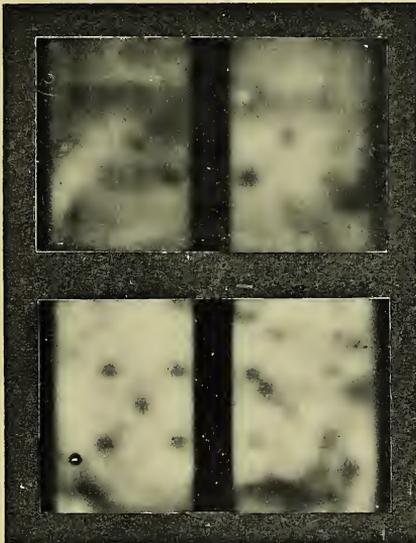


Fig. 3a und 3b.

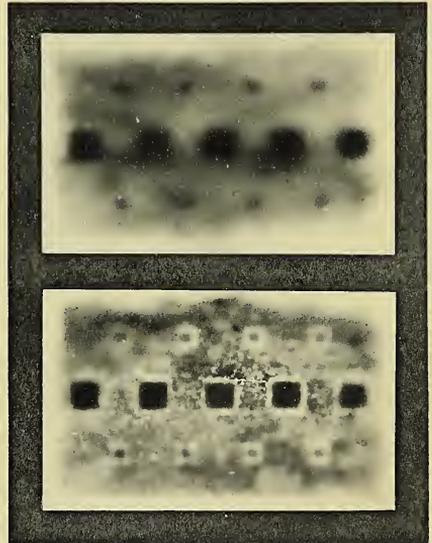
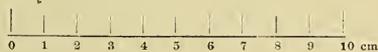


Fig. 4a und 4b.



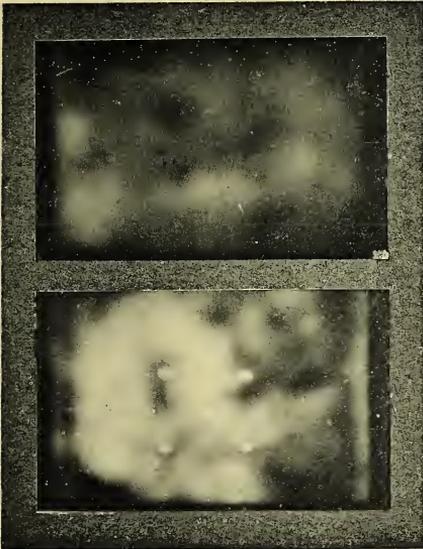


Fig. 5a und 5b.



Fig. 6a und 6b.

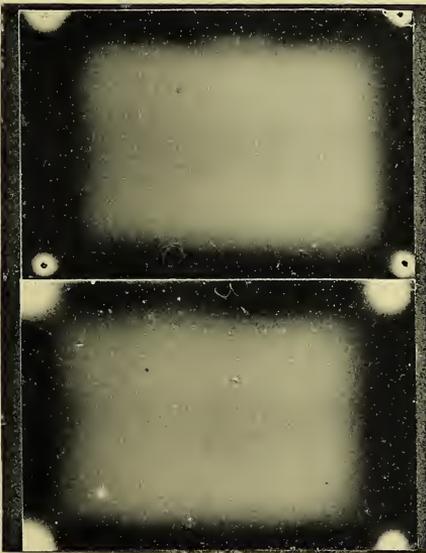


Fig. 7a und 7b.

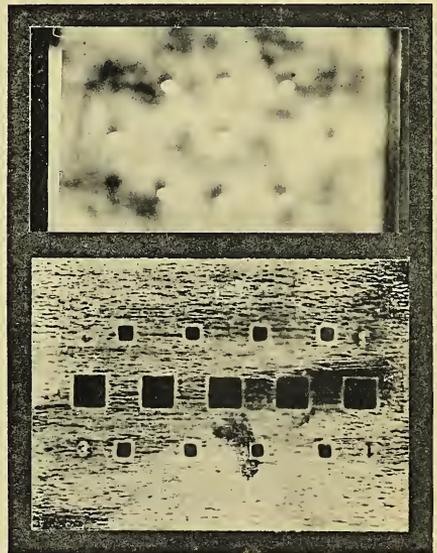
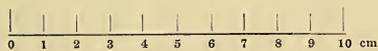


Fig. 8.

Fig. 9.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://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: 1906

Band/Volume: [1906](#)

Autor(en)/Author(s): Gebhardt Martin

Artikel/Article: [I. Über Metallstrahlung, unter besonderer Berücksichtigung der Frage, ob eine solche Strahlung der Schwere unterworfen ist 1003-1021](#)