ANNALEN DER PHYSIK.

VIERTE FOLGE. BAND 25.

1. *Bemerkungen zu meiner Arbeit über
Münzdurchdringungsbilder;
von Chr. Jensen.*

(Hierzu Taf. I.)

Bei Untersuchungen über die durch Röntgenstrahlen hervorgerufenen Münzabbildungen¹⁾ hatte ich gefunden, daß beim Negativ im allgemeinen den Erhabenheiten — sei es nun auf der von der Schicht abgewandten, sei es auf der derselben zugewandten Seite — relativ helle und den Vertiefungen relativ dunkle Stellen entsprechen, daß aber bei Silbergeld bei genügender Dicke die Erhabenheiten auf der der Schicht anliegenden Münzseite dunkel auf dem Negativ erscheinen.

Wenn nun die Art der Abbildung, wie sie bei Kupfer- bzw. Nickelmünzen gefunden wurde, in erster Linie jedenfalls als Wirkung der durch verschiedenen große Metallschichten hindurchgegangenen und daher an den verschiedenen Münzstellen verschieden stark absorbierten Primärstrahlen erkannt wurde, blieb es einstweilen noch dahingestellt, wie die Umkehrerscheinung beim Silbergeld zustande kommt. Es erschien mir zunächst wahrscheinlich, daß es sich hier um eine von der Unterseite der Münze ausgehende sekundäre Strahlung handle, welche die photographische Platte in entgegengesetztem Sinne beeinflußt als das vorhergehende Moment, und zwar derart, daß bei einer gewissen Münzdicke die Wirkung der verschieden dicke Metallschichten verschieden stark durchdringenden Primärstrahlen ausschlaggebend sei, daß bei einer gewissen Dickenzunahme beide Momente sich in ihrer Wirkung das Gleichgewicht hielten und daß schließlich bei weiterer Dickenzunahme die Wirkung der von der Unterseite ausgehenden Strahlen das Übergewicht über das andere Moment erhielten. Es hat sich nun aber durch weitere Untersuchungen herausgestellt, daß das für die Erklärung der Umkehrerscheinung

1) Chr. Jensen, Ann. d. Phys. 21. p. 901—912. 1906.

wesentlich in Betracht kommende Moment nicht in einer von der Unterseite der in Frage kommenden Münzen ausgehenden sekundären Strahlung zu suchen ist, sondern daß dieselbe bedingt ist durch eine relativ wenig absorbierbare sekundäre Strahlung, welche von der Hinterseite der Kasette bzw. von dem Gegenstand, auf welchem die Kasette steht, ausgehend das Glas der photographischen Platte durchdringt, bis es die der Schichtseite derselben anliegende Münzseite trifft.

Es zeigte sich zunächst bei Weiterführung der Versuche, daß es zum guten Gelingen der gleichzeitigen Abbildung beider Münzseiten bei Verwendung gewöhnlicher Holzkassetten oder aber von Pappkästen — welche bei den Aufnahmen gewöhnlich direkt auf dem hölzernen Laboratoriumstisch oder aber auf den üblichen Holzblöcken standen — absolut nötig ist, die photographische Platte auf eine Metallunterlage zu bringen.¹⁾ Da nun die Sekundärstrahlen des Holzes eine relativ große Durchdringungskraft besitzen, so wird man leicht zu der Annahme geführt, daß die die Glasplatte durchsetzenden Primärstrahlen in dem Boden der Holzkasette, im Holz der als Unterlage dienenden Blöcke oder aber im Holz des Tisches eine Sekundärstrahlung erzeugen, welche rückwärtsgehend das Glas der photographischen Platte durchsetzt und nun die durch die von den verschiedenen dicken Stellen verschieden stark absorbierten Primärstrahlen bedingte gleichzeitige Abbildung beider Münzseiten verwischt.²⁾ Ich habe nun mit mehr oder weniger günstigem Erfolge Einlagen verschiedener Metalle — Aluminium, Blei, Eisen, Kupfer und Zinn — benutzt und möchte hier ausdrücklichst darauf hinweisen, daß es oft geradezu erstaunlich ist, welch enormen Einfluß auf die Güte der Abbildung die Einlage eines Metalles ausübt, welches einmal möglichst stark die von unten kommenden durchdringenden sekundären Strahlen absorbiert und welches außerdem so gewählt ist, daß die von ihm selber ausgehenden Sekundärstrahlen möglichst

1) Zufälligerweise hatte ich schon vor der ersten Publikation mehrfach eine Kasette mit dünner Metalleinlage benutzt.

2) *Anmerkung:* Daß man von analogem Gesichtspunkt aus in der medizinischen Röntgenpraxis die Operationstische mit Blei ausschlägt (vgl. B. Walter, Physikal.-Techn. Mitteilgn. in d. Fortschr. a. d. Gebiet d. Röntgenstrahlen 1. p. 82–87), war mir bis dahin unbekannt.

stark vom Glas absorbiert werden. Es geht daraus hervor, daß nicht nur die Art, sondern auch die Dicke des als Unterlage dienenden Metalles von entscheidendem Einfluß sein kann. Den günstigen Einfluß einer Metalleinlage zeigt Fig. 1, Taf. I, welche folgendermaßen zustande gekommen ist: Es wurden zwei frisch geprägte Einpfennig- und desgleichen zwei Fünfpfennigstücke mit der Zahlenseite auf die Schicht einer Schleussnerplatte gelegt. Die photographische Platte lag in einer Schachtel, wie sie zur Verpackung von Schleussneremulsionsplatten benutzt werden. Unter der linken Hälfte der Platte lag eine Bleiplatte von 3,5 mm Dicke, wogegen unter der anderen Hälfte keine Metalleinlage war. Über der photographischen Schicht war die Antikathode einer Röntgenröhre, deren Härte zu gut 5,75 B. W. geschätzt wurde.¹⁾ Es ist nun deutlich zu erkennen, daß die beiden Seiten der über der Bleieinlage liegenden Münzen durch die Bestrahlung schön abgebildet wurden, wogegen die beiden anderen Münzen nur sehr verschwommene Bilder lieferten. — Auch die in Fig. 2, Taf. I, wiedergegebenen Münzdurchdringungsbilder wurden durch Benutzung einer Metalleinlage erhalten. In diesem Fall wirkte eine Röntgenröhre, deren Härte ca. 6 B. W. betrug und durch welche ein Strom von 0,3 bis 0,4 Milliampere ging, zwei Minuten lang, indem die Antikathode der Röhre ca. 29 cm von der Schicht der Schleussnerplatte entfernt war. Auf der Schicht der Platte lagen, mit der Zahl der Schicht zugekehrt, der Reihe nach: ein Zweipfennigstück, ein Zweiörestück, ein Fünfpfennigstück, ein Zehnellerstück, ein Zehncentimesstück und ein silbernes Zwanzigpfennigstück; in der Mitte lag, mit dem Adler der Schicht zugekehrt, ein Goldfünfmarkstück.²⁾ Hier wurde eine

1) Vgl. B. Walter, Über das Röntgensche Absorptionsgesetz und seine Erklärung, Ann. d. Physik 17. p. 562. 1905.

2) In der angegebenen Weise habe ich zum Teil in Bruchteilen einer Minute gute Durchdringungsbilder erhalten, so beispielsweise innerhalb sieben Sekunden ein leidlich gutes Durchdringungsbild eines Einpfennigstückes. Ein sehr gut gelungenes Durchdringungsbild eines Einpfennigstückes erhielt ich, indem ich eine Röntgenröhre, deren Härte auf 5,75 B. W. geschätzt wurde und durch welche ein Strom von drei bis vier Milliampere ging, dreißig Sekunden lang wirken ließ; dabei war die Antikathode ca. 14 cm von der Schicht der Schleussnerplatte entfernt. — Bei dickeren Münzen bzw. Medaillen — man tut dann gut, möglichst

Kombination von sieben verschiedenen Münzen gewählt; im allgemeinen jedoch wird man natürlich bessere Resultate erzielen, wenn man für jedes Stück eine besondere Aufnahme macht, da entsprechend dem verschiedenen Metallgehalt bzw. der verschiedenen Dicke oder Prägung jede Münze zur Erreichung der günstigsten Aufnahme unter sonst gleichen Bedingungen eine verschiedene Belichtungsdauer erfordern wird.

Während nun zum guten Gelingen derjenigen Bilder, bei denen auf dem Negativ die Erhabenheiten beider Münzseiten relativ hell gegenüber den Vertiefungen erscheinen, sich eine Metalleinlage als absolut nötig erwiesen hat, schien letztere geradezu störend zu wirken, wenn es sich um die Erreichung der umgekehrten Erscheinung handelte.¹⁾ Das brachte mich

harte Röhren zu verwenden — braucht man selbstverständlich entsprechend längere Zeit für die Aufnahmen. So versuchte ich es, eine Durchdringungsaufnahme einer Bronzemedaille zu machen, welche eine Dicke von gut einem Zentimeter hatte. Es wirkte ca. eine halbe Stunde lang eine Röhre, deren Antikathode von der Schicht einer Schleussnerplatte 20 bis 21 cm entfernt war, deren Härte etwa zwischen 5,75 und 6 B. W. lag, und durch welche ein Strom von 2,0 bis 2,4 Milliampere ging. Dabei ist sowohl das Wappen der der photographischen Schicht anliegenden als auch der Lorbeerkranz der von der Schicht abgewandten Seite bei der Entwicklung recht gut herausgekommen. Es sei übrigens bei dieser Gelegenheit erwähnt, daß Prof. Dunker aus Rendsburg bereits im Jahre 1898 die große Durchdringungskraft der Röntgenstrahlen für Metalle festgestellt hatte, bevor dieselbe allgemein bekannt war. Er war dadurch auf weitere diesbezügliche Untersuchungen geführt worden, daß er versehentlich eine mit Röntgenstrahlen zu bestrahlende photographische Platte so eingelegt hatte, daß die Schicht von der Röhre abgewandt war, wobei er durch die Größe der Wirkung überrascht war. Jedoch hat er nichts darüber veröffentlicht.

1) *Anmerkung.* Diese Untersuchungen wurden im allgemeinen mit Strahlen angestellt, welche einer Röntgenröhre von der Härte $5\frac{1}{2}$ bis 6 B.W. entsprachen. — Es mag hier auch erwähnt sein, daß ich vereinzelt auch Umkehrerscheinung bei Silbergeld bei Verwendung einer Metalleinlage erhielt; derartige Fälle schienen aber im wesentlichen dadurch ihre Erklärung zu finden, daß die Metalleinlage nicht dick genug gewesen war, um die in Betracht kommenden sekundären Strahlen genügend zu absorbieren, bevor sie die photographische Platte trafen. — Es sei hier auch erwähnt, daß es bei Verwendung eines Pappkastens, der auf einer Holzunterlage steht, nicht gleichgültig zu sein scheint, ob man die Metallplatte im Kasten oder unterm Kasten anbringt, indem der Unterschied in dem Sinne liegt, als ob der Boden der Pappschachtel relativ stark

naturgemäß auf den Gedanken, daß die dunkle Abbildung der der photographischen Schicht anliegenden Münzerhabenheiten durch jene vorher besprochenen, von unten kommenden Sekundärstrahlen großer Durchdringungskraft bedingt sei. Und dieser Gedanke hat durch weitere Untersuchungen mehr und mehr Stütze erhalten.

So wurde eine Reihe von Aufnahmen in der Weise an- gestellt, daß die auf der Schicht einer auf Holzunterlage be- findlichen Schleussnerplatte liegenden Geldstücke mit so dicken Bleiplatten bedeckt waren, daß die Primärstrahlen einer darüber befindlichen Röntgenröhre die Münze praktisch genommen nicht mehr durchdringen konnten.¹⁾ Auf diese Weise erhielt ich in sehr ausgeprägter Weise die Umkehrerscheinung. In diesen Fällen konnten nun solche durch die die Münzen durch- dringenden Primärstrahlen bedingte Sekundärstrahlen für die Entstehung des Umkehrreffektes nicht in Betracht kommen, und es bleiben nur solche Primärstrahlen übrig, welche an den Münzen vorbeigegangen sind.²⁾ Diese können natürlich nicht direkt die Abbildung herbeiführen, und man wird bei den Erklärungsversuchen zunächst weitergeführt auf die durch diese Primärstrahlen bedingten Sekundärstrahlen, welche das unter der Münze liegende Glas der photographischen Platte von der Rückseite her durchdringend, auf die Münze treffen. Übrigens muß hier darauf hingewiesen werden, daß auch das Glas der photographischen Platte selber in dem nämlichen Sinne wirkt wie eine Holzunterlage. Nachdem verschiedene Aufnahmen darauf hingedeutet hatten, unternahm ich syste-

durchdringungsfähige Sekundärstrahlen nach oben sendet, was auch ohne weiteres verständlich erscheinen dürfte. Allerdings ist diese Wirkung des Schachtelbodens nicht groß, was wohl erklärlich erscheint bei der geringen Tiefe, aus der in diesem Falle die Sekundärstrahlen heraus- dringen. — Nicht unerwähnt möchte ich schließlich die Tatsache lassen, daß man auch bei Verwendung von Paraffinklötzen statt der Holzunter- lage besonders leicht die Umkehrerscheinung erhält.

1) So wurden mehrfach Bleiblöcke von einer Gesamtdicke von 9 mm angewandt.

2) Selbstverständlich wurde bei allen diesen Untersuchungen durch passende Kontrollversuche jede Möglichkeit einer Abbildung der Münzen bzw. entsprechender Platten mit Kanälen ohne Zutun der Röntgenstrahlen völlig ausgeschlossen.

matische diesbezügliche Untersuchungen. Die Fig. 3, Taf. I, zeigt eine hierher gehörende Aufnahme. In diesem Falle war in eine Kartonschachtel zunächst eine Bleiplatteneinlage von ca. 10 mm Dicke hineingebracht worden, auf diese war eine Schicht von 22 Glasplatten (Dicke gut 3 cm) und auf letztere die Schleussnerplatte, mit Schicht nach oben, gelegt. Auf die Schicht wurden nun der Reihe nach, mit der Zahl der Schicht zugekehrt, folgende Geldstücke gelegt: Ein Einpfennig-, ein Fünfpennig-, ein Zehn Heller-, ein Fünfzigpfennig- und ein Einhalbmarkstück. Auf jedem der Geldstücke lagen zwei runde Bleiplatten von einer Gesamtdicke von ca. 7 mm. Über dem Schachteldeckel war eine Röntgenröhre so angebracht, daß die Antikathode von der photographischen Schicht 15—16 cm entfernt war. Die Röhrenhärte betrug ca. 6 B.W. und während der 6 Min. dauernden Belichtung ging durch dieselbe ein Strom von kaum 0,3 Milliamp. hindurch. Nach der Entwicklung der Platte war bei den drei ersten Münzen kaum etwas von Detail zu erkennen, wogegen sich die Erhabenheiten des Silbergeldes recht schön dunkel abgebildet hatten¹⁾, was bei den hier gewählten Dimensionen der verschiedenen Einlagen doch wohl nur als eine Wirkung des Glases betrachtet werden kann.

Wenn nun auch die eben besprochenen Versuche deutlich genug dafür sprechen, daß etwaige in der Münze entstandene Sekundärstrahlen für die Entstehung der in Frage stehenden Erscheinung belanglos sind, so zog ich es doch vor, noch eine andere Versuchsanordnung zu treffen, bei welcher von vornherein jede etwa durch die Münze hindurchgehende Primärstrahlung ausgeschlossen war. Zu dem Ende ließ ich die Primärstrahlen einer Röntgenröhre durch eine Bleiblende mit genügend dicker Wandung gehen. Dieselben fielen auf ein 1 cm dickes und 30 cm im Quadrat haltendes Brett aus Nußbaumholz, welches einen Winkel von ungefähr 60° mit der vertikalen, die Bleiblende enthaltenden Wand bildete. Ungefähr 15 cm über der Mitte des Holzbrettes war horizontal eine Pappschachtel angebracht, in welcher sich eine Schleussnerplatte befand, in der mit Zahl auf Schicht ein Zweipfennig-

1) Das dem Negativ des Einhalbmarkstückes entsprechende Positiv der Tafel ist leider recht flau geworden.

ein Zwanzigheller-¹⁾ und ein Fünfzigpfennigstück lagen. Bei der Pappschachtel war der Pappboden entfernt und durch einen Boden aus schwarzem Karton ersetzt worden. Wenn nun in diesem Fall eine Münzabbildung zustande kommt, so kann dieselbe nur durch die vom Holz ausgehenden, den schwarzen Karton sowie das Glas der photographischen Platte durchdringenden Sekundärstrahlen bewirkt sein. Tatsächlich bildeten sich auch in diesem Fall die Zahlen des Fünfzigpfennigstückes gut ab, wogegen von den beiden anderen Münzen keine Abbildung zustande kam. Bei mehreren analogen Aufnahmen fand ich stets dasselbe Resultat.

Es könnte nun scheinen, als ob dies letzte Resultat in völliger Übereinstimmung mit den bei den anderen Versuchsanordnungen gewonnenen Ergebnissen stände. Es muß aber ergänzend bemerkt werden, daß wenn auch bei der anderen Versuchsanordnung Silber immer ganz besonders bevorzugt in dieser Richtung war, so doch tatsächlich die Umkehrerscheinung nicht völlig auf Silber beschränkt war und daß das völlige Fehlen derselben, welches ich bei den oben genannten Versuchen bei Kupfer und Nickel fand, wohl wesentlich auf Konto davon zu setzen ist, daß die bis zu den Münzen gelangende Sekundärstrahlung bei den durch die Versuchsanordnung bedingten Dimensionen besonders gering war. So fand ich neuerdings bei der zuerst besprochenen Versuchsanordnung wiederholentlich bei Kupfer- und vor allem bei Goldgeld eine, wenn auch schwache, so doch genügend deutliche dunkle Abbildung der der Schichtseite anliegenden Erhabenheiten der Münzen, welche jedenfalls bis jetzt auf keine andere als die erwähnte Ursache zurückgeführt werden konnte. Daraufhin wurden verschiedene reine Metalle nach dieser Richtung hin untersucht.

So wurde unter anderem folgender Versuch angestellt: Es wurden von verschiedenen Metallblechen erst zwei Streifen geschnitten, und auf dieselben wurde mittels Syndäticons ein dritter Streifen von gut der doppelten Breite des nämlichen Metalles so aufgeklebt, daß ein Kanal entstand, dessen Tiefe angenähert der Dicke des verwandten Metallbleches entsprach.

1) Das Zwanzighellerstück besteht aus reinem Nickel.

Auf diese Kombination wurde sodann eine Bleiplatte von gut 3 mm Dicke geklebt. Nun wurden vier Reihen verschiedener derartiger Klötze so auf eine Schleussnerplatte gestellt, daß die Kanäle der Schicht zugewandt waren. In der ersten Reihe war Aluminium mit Kanaltiefen von 0,10 und 0,46 mm. In der zweiten Reihe befand sich Kupfer (Tiefe des Kanals = 0,07 mm) und Zink (Kanaltiefe = 0,10 mm). In der dritten Reihe war in der angegebenen Reihenfolge: Palladium (Kanaltiefe = 0,10 mm), Silber (Kanaltiefe = 0,02 und 0,10 mm), Cadmium (Tiefe = 0,05 und 0,50 mm) und Zinn (Tiefe = 0,20 mm). In der vierten Reihe endlich befand sich in der hier angegebenen Reihenfolge: Platin (Kanaltiefe = 0,10 und 0,30 mm), Gold (Tiefe = 0,15 mm) und Blei (Tiefe = 0,25 mm). Dabei ist zu bemerken, daß die Metalle so angeordnet waren, daß diejenigen Elemente in einer Reihe lagen, welche nach der Lothar-Meyerschen Kurve der Atomvolumina auf dem nämlichen Ast liegen, und daß ich die auf diese Weise entstandenen vier Gruppen nach dem Vorgang von Voller und Walter¹⁾ als Aluminium-, Kupfer-, Silber- und Platingruppe bezeichnen werde. Es wurde die Pappschachtel, auf der sich die Platte befand, auf eine Holzunterlage gestellt. Nun wurde 6 Min. lang mit einer über der Schachtel befindlichen Röntgenröhre bestrahlt, deren Antikathode ca. 13 cm von der photographischen Schicht entfernt war, deren Härte gut 6 B.W. betrug und durch welche ein Strom von gut 0,2 Milliamp. hindurchging. Beim Aluminium war vom Kanal nichts zu sehen. Bei sämtlichen anderen Metallen dagegen war die Umkehrerscheinung mehr oder weniger deutlich ausgeprägt, vor allem bei der Silber- und der Platingruppe, und zwar, wie es schien, am deutlichsten bei der ersteren. Dieser Versuch wurde, indem Eisen mit einer Kanaltiefe von 0,55 mm, Nickel mit einer Kanaltiefe von 0,10 und einer solchen von 0,23 mm, Kupfer mit einer Kanaltiefe von 0,55 mm, Zink mit einer Kanaltiefe von 0,45 mm, Zinn mit einer Tiefe von 0,50 mm und Blei mit einer solchen von ebenfalls 0,50 mm hinzugenommen wurde, mit geringen Modifikationen mehrfach mit gleichem Resultat wiederholt, wobei auch noch erwähnt sei,

1) A. Voller u. B. Walter, Wied. Ann. **61.** p. 103. 1897.

daß abgesehen von der verschieden starken photographischen Wirkung der verschieden weit von der Platte entfernten Metallflächen auch die Abbildung der der Silbergruppe angehörnden Metalle an sich besonders stark zu sein schien¹⁾, und zwar auch erheblich größer als bei den zur Platingruppe gehörenden Metallen. Für sich habe ich mehrfach gleichzeitig Aluminium, Silber, Cadmium und Antimon untersucht, bei welcher Gelegenheit ich die Umkehrerscheinung auch bei dem zur Silbergruppe gehörenden Antimon stark ausgebildet fand. Eine Beziehung der Stärke der Differenzwirkung zur Tiefe der Kanäle scheint wohl vorhanden zu sein, und zwar derart, daß die Differenzwirkung jedenfalls bis zu einer gewissen Tiefe mit der Tiefe wächst. Weiteres hierüber kann ich jedoch noch nicht angeben und habe ich auch keine eingehenden diesbezüglichen Untersuchungen angestellt, da ich noch nicht in der Lage war, genauere quantitative Messungen mit einem dazu geeigneten Photometer anzustellen.

Erwähnenswert ist es wohl, daß auch die Platte mit den mit den angegebenen Kanälen versehenen Metallkombinationen in vorher angegebener Weise von unten mit von Holz — und zwar in diesem Fall Pappelholz von 3,3 cm Dicke — ausgehenden Sekundärstrahlen bestrahlt wurde. Auch diese Versuche wurden mehrfach mit geringen Modifikationen wiederholt und es lagen die Resultate hinsichtlich der verschiedenen Metalle durchaus in dem eben vorher angegebenen Sinne. Dabei aber muß notwendig erwähnt werden, daß diese sämtlichen — also sowohl bei Bestrahlung mit Sekundärstrahlen von unten als auch bei Bedeckung mit Blei und Bestrahlung mit Primärstrahlen von oben — Versuche mit Röhren angestellt wurden, deren Härte nahezu 6 B.W. betrug, da es nicht ausgeschlossen erscheint, daß sich die Resultate bei Verwendung von weicheeren Röhren verschieben. Es wurde bei diesen Versuchen die Härte von ca. 6 B.W. benutzt, weil

1) Durch diese Verschiedenheit in der die photographische Schicht schwärzenden Wirkung der verschiedenen Metalle an sich wird offenbar die Beurteilung der Differenzwirkung leicht sehr erschwert. Nichtsdestoweniger sei aber erwähnt, daß es bisher stets den Anschein hatte, daß diese Differenzwirkung stärker ausgeprägt ist bei den zur Silber- als bei den zur Platingruppe gehörenden Metallen.

dies ungefähr diejenige Härte ist, bei welcher man, wie es scheint, die Münzdurchdringungsbilder, welche den Ausgangspunkt zu diesen Untersuchungen boten, am leichtesten gut erhält, und weil ich mit der nämlichen Härte die Umkehrerscheinung verfolgen wollte.

Im Anschluß hieran möchte ich nicht versäumen, auf folgendes aufmerksam zu machen. In einer Anmerkung meiner ersten Publikation über Münzdurchdringungsbilder wurde erwähnt, daß wenn Metallblöcke mit einer zylindrischen Höhlung auf der der Schichtseite einer photographischen Platte zugekehrten Seite und mit einem entsprechenden auskompensierenden zylindrischen Aufsatz auf der anderen Seite von einer über der Platte befindlichen Röntgenröhre bestrahlt würden, das Negativ bei Verwendung von Aluminium dunkle Mitte und hellen Rand, dagegen bei Verwendung von Kupfer und Silber helle Mitte und dunklen Rand zeige. Ich deutete damals an, daß dies verschiedene Verhalten von Kupfer und Silber einer- und Aluminium andererseits vielleicht jedenfalls zum Teil seine Erklärung dadurch finden könne, daß die — in diesem Fall also von oben kommend gedachten — Sekundärstrahlen des Aluminiums erheblich weniger von der Luft absorbiert werden als diejenigen der schwereren Metalle. Allerdings schien mir dies noch fraglich, und ich ließ die Erklärung einstweilen noch dahingestellt. Dies verschiedene Verhalten der verschiedenen Sekundärstrahlen hinsichtlich der Absorption durch die Luft spielt nun offenbar für das bei den erwähnten Blöcken auftretende Phänomen gar keine Rolle, sondern es sprechen die neuerdings in dieser Richtung angestellten Versuche deutlich dafür, daß auch hier wesentlich die von unten kommenden Sekundärstrahlen entscheidend sind. Die Versuche wurden wesentlich mit Blöcken aus Aluminium, aus Kupfer und aus Silber angestellt, und zwar wurden dieselben bei Bestrahlung mit Primärstrahlen von oben in der Weise variiert, daß entweder eine Metalleinlage benutzt wurde oder nicht, daß die Blöcke, um die das Metall durchsetzenden Primärstrahlen nach Möglichkeit auszuschalten, mit Blei bedeckt waren, oder auch nicht. Die Resultate dieser Versuche liegen nun alle in dem Sinne, daß der relativ dunkle Rand auf dem Negativ beim Kupfer und Silber in ähnlicher Weise wie die

bei den Münzen beobachteten Umkehrerscheinungen durch die Wirkung wenig absorbierbarer, von unten kommender Sekundärstrahlen zu erklären ist. Das nämliche zeigte sich bei einer Versuchsanordnung, wo Primärstrahlen überhaupt nicht auf die Platte fielen und die Sekundärstrahlen, von unten von einer Tafel aus Pappelholz herkommend, erst das Glas der photographischen Platte durchdringen mußten, bevor sie die photographische Schicht und die Metallklötze trafen. Bei dieser Versuchsanordnung wurden übrigens auch mit dem gleichen Resultat entsprechend geformte Blöcke aus Messing, Eisen und Zink untersucht. Während nun von vornherein — auch ohne Bedeckung mit Blei — bei den Blöcken aus spezifisch schwerem Metall eine Sekundärstrahlung von starker Durchdringungskraft nicht in Frage kommt, liegt die Sache umgekehrt beim Aluminium, welches zwar relativ wenig, dafür aber um so durchdringungsfähigere Sekundärstrahlen aussendet, und es scheinen wesentlich diese Strahlen zu sein, welche bei früheren Aufnahmen auf dem Negativ stets dunkle Mitte und hellen Rand ergaben. Insofern scheinen sich hier die Verhältnisse mehr den beim Bestrahlen mit Radium hervorgerufenen zu nähern, wo das Durchdringungsvermögen der Sekundärstrahlen auch bei den schwereren Metallen erheblich stärker ist als bei den Röntgenstrahlen und wo sowohl bei Aluminium als auch bei Eisen, Kupfer, Zink und Silber bei Bestrahlung von oben stets dunkle Mitte und heller Rand¹⁾ gefunden wurde. Von unten kommende sekundäre Röntgenstrahlen spielen hier beim Aluminium jedenfalls eine ganz geringe Rolle, denn wenn ich mit zylindrischer Höhlung versehene Blöcke oder aber mit Kanälen versehene Bleche aus Aluminium mit Sekundärstrahlen von relativ hoher Durchdringungskraft von unten bestrahlte, so bildeten sich niemals die Kanäle oder Höhlungen ab, und es zeichneten sich nur die Blöcke bzw. Bleche als Ganzes ab, und zwar in solcher Helle auf dem dunklen Grunde, daß man die Abbildung auf Konto der Schirmwirkung setzen konnte, welche die Blöcke gegenüber der Einwirkung der roten Strahlen

1) Wie in der früheren Arbeit, beziehen sich die im Text vorkommenden Bemerkungen bzw. Überlegungen stets, auch wenn es nicht ausdrücklich angegeben ist, auf die Negative der Aufnahmen, wogegen die Lichtdrucktafel die Positive wiedergibt.

auf die photographische Schicht beim Einlegen bzw. Ausnehmen der Platten ausübten. Immerhin mag es ja trotzdem sein, daß eine gewisse, wenn auch noch so geringe, Einwirkung des Aluminiums auf die photographische Schicht bei Bestrahlung mit wenig absorbierbaren Sekundärstrahlen vorhanden ist, und in diesem Sinne mag vielleicht die Tatsache aufzufassen sein, daß bei einigen Aufnahmen mit Aluminiumblöcken die Dunkelheit der Mitte gegenüber dem helleren Rand offenbar zunahm, wenn statt solcher Substanzen, welche Sekundärstrahlen von hoher Durchdringungskraft aussenden, Einlagen aus spezifisch schweren Metallen benutzt wurden.

Wenn nun auch aus den bisherigen Versuchen hervorgeht, daß die Umkehrerscheinung bei den Münzabbildungen durch von unten kommende Sekundärstrahlen relativ hoher Durchdringungskraft herrührt, so bleibt doch noch die Frage offen, in welcher Weise die Erscheinung durch diese Sekundärstrahlen zustande kommt. Zu einem bestimmten Resultat in dieser Beziehung bin ich allerdings noch nicht gekommen. Zunächst schien mir der Gedanke nahe zu liegen, daß diese Sekundärstrahlung bei den in Frage stehenden Metallen eine Tertiärstrahlung bewirkt, welche dann direkt auf die photographische Schicht einwirkt. Immerhin bleiben aber zunächst noch immer andere Erklärungsmöglichkeiten. Bei der Voraussetzung einer die Schicht beeinflussenden Tertiärstrahlung könnten nun etwa bei der Abbildung von Erhabenheiten bzw. Vertiefungen rein geometrische Verhältnisse ausschlaggebend sein, oder aber man könnte sich denken, daß eine verschieden starke Absorption in den verschieden dicken Luftschichten das Resultat herbeiführt, oder schließlich, daß beide Momente in Betracht kommen.¹⁾ Das Wahrscheinlichere schien mir zunächst zu sein, daß eine etwa vorhandene tertiäre Röntgenstrahlung bei

1) An dieser Stelle sei erwähnt, daß ich frühere Versuche mit einem mit zylindrischer Höhlung versehenen und mit Radiotellur überzogenen Kupferblock nachprüfte und das Resultat bestätigte fand, daß auch im Vakuum beim Negativ die Mitte hell und der Rand dunkel ist (zwischen Rand und Mitte scharfer dunkler Trennungsstrich). Es wurde eine Schleussnerplatte benutzt und das Vakuum belief sich auf ungefähr ein Hundertstel Millimeter. Wenn man nun auch von den α -Strahlen keine direkten Schlüsse auf die sekundären Röntgenstrahlen machen kann, so dürfte das Resultat jedenfalls im gegebenen Zusammenhang von Interesse sein.

den Metallen, welche die Umkehrerscheinung besonders gut zeigen, besonders stark durch die Luft absorbiert werde. Dagegen schien allerdings eine schon vor längerer Zeit erhaltene Aufnahme zu sprechen, wo die Umkehrerscheinung durch gutes, lichtdichtes schwarzes Papier, wie es zum Einwickeln photographischer Platten Verwendung findet, hindurchging. Es handelte sich in diesem Fall um ein mit der Zahlenseite der Schicht zugekehrtes Fünfzigpfennigstück, dessen Adlerseite abgeschliffen war und auf welchem ein auf beiden Seiten glattgeschliffenes Fünfzigpfennigstück lag. Diese Münzkombination lag in einer Pappschachtel ohne Metalleinlage, welche auf Holz stand und über welcher 12 Minuten lang eine Röntgenröhre wirkte, deren Härte ca. 6 B.W. betrug, deren Antikathode ca. 13,5 cm von der photographischen Schicht entfernt war und durch welche ein Strom von durchschnittlich ca. 0,25 Milliamp. floß. Diese Aufnahme wurde später mit demselben Resultat wiederholt.¹⁾

Darauf wurde der Versuch in der Weise variiert, daß gleichzeitig die früher erwähnten Metallkombinationen, bei denen über ihnen angebrachte Bleiklötze zur Schwächung bzw. Abhaltung der Primärstrahlen dienten und bei welchen die Kanäle durch eine Kombination von drei Plättchen aus dem nämlichen Metall (Aluminium, Eisen, Nickel, Kupfer, Zink, Palladium, Silber, Cadmium, Zinn, Platin, Gold, Blei) gebildet waren, von oben mit primären Röntgenstrahlen bestrahlt wurden, während sie durch das erwähnte schwarze Papier (Dicke ca. 0,08 mm) von der Schicht einer Schleussnerplatte getrennt waren. Auf dem Negativ zeigten sich deutlich, wenn auch nicht besonders schön, die Kanäle bei den der Silbergruppe angehörigen Metallen. Bei den übrigen Metallen jedoch — auch bei denen der Platingruppe — war in diesem Fall mit Sicherheit von Umkehrerscheinung nichts zu konstatieren. Bei einer weiteren Aufnahme, bei der das nämliche schwarze Papier zwischen den abzubildenden Metallen und der Schicht einer Schleussnerplatte lag, wurden die Metallkombi-

1) Es sei hierbei erwähnt, daß es mir nicht gelungen ist, die Umkehrerscheinung beim Silber durch Kupferblech von 0,07 und durch Aluminiumblech von 0,10 mm Dicke hindurch zu erhalten. Möglicherweise entsteht ja auch im Papier eine neue sekundäre Strahlung.

nationen von den von unten herkommenden Sekundärstrahlen von Pappelholz bestrahlt. Es wurde übrigens in diesem Fall nur *eine* Zinkkombination benutzt, und zwar die mit einer Kanaltiefe von 0,50 mm. Ohne weiteres war die Umkehrerscheinung hier sichtbar bei den Metallen der Silbergruppe; sicher erkennbar war dieselbe außerdem nur noch bei Kupfer mit einer Kanaltiefe von 0,50 und bei Blei mit Kanaltiefen von 0,50 und von 0,25 mm, bei letzterer jedoch nur noch eben zu erkennen. Am deutlichsten war die Erscheinung ausgeprägt bei Cadmium mit einer Kanaltiefe von 0,50 und bei Zinn mit der nämlichen Kanaltiefe. Es verdient aber hervorgehoben zu werden, daß die Erscheinung deutlicher hervortrat bei Cadmium mit einer Kanaltiefe von 0,05 mm als bei Silber mit einer solchen von 0,10 mm, wie es mir denn überhaupt bei sämtlichen hier in Frage kommenden Versuchen auffällig war, daß die Umkehrerscheinung auffällig leicht bei Cadmium hervortrat, selbst wenn die Dickenunterschiede im Metall sehr gering waren. Ebenso mag hervorgehoben werden, daß hier entsprechend den übrigen Aufnahmen mit zwischengeschaltetem schwarzem Papier nicht nur die Differenzwirkung besonders stark bei den Metallen der Silbergruppe ausgeprägt erschien, sondern daß auch die Abbildung dieser Metalle an sich besonders, ja auffällig kräftig hervortrat. Da sich nun diese besonders starke Abbildung der zur Silbergruppe gehörigen Metalle auch ohne Zwischenschaltung von Papier zeigte, so könnte man vielleicht denken, durch die Stärke der Tertiärstrahlung dieser Metalle an sich auch die starke Abbildung bei Zwischenschaltung von schwarzem Papier erklären zu können. Auf alle Fälle aber — sichere Resultate werden sich, wie gesagt, offenbar nur durch genaue photometrische Messungen finden lassen — führen diese Aufnahmen nicht zu der Ansicht, als ob die etwa vom Silber ausgehenden Strahlen eine besonders starke Absorption durch das Papier erleiden, was man doch wohl erwarten dürfte, wenn man das besonders leichte Zustandekommen der Umkehrerscheinung bei diesen Metallen auf Konto einer besonders starken Absorption durch die zwischen Metall und photographischer Schicht befindlichen Luft setzen will.

Von diesem Gesichtspunkt aus scheinen übrigens auch

einige Aufnahmen von Interesse zu sein, welche ich mit einem versilberten Zwei- bzw. Fünfpfennigstück erhielt. Diese Münzen wurden auf die Schicht einer Schleussnerplatte gelegt, welche von oben mit den von einer Röntgenröhre ausgehenden Strahlen bestrahlt wurde. Um nach Möglichkeit eine Durchdringung der Münzen durch Primärstrahlen zu verhindern, waren dieselben mit einer Bleischicht bedeckt, deren Dicke zum Teil 3 mm, zum Teil 7 mm betrug. Dabei wurde nur eine zum mindesten äußerst schwer erkennbare Umkehrerscheinung erhalten, während ein mit einer Bleischicht von entsprechender Dicke bedecktes Zwanzigpfennigstück unter sonst genau gleichen Bedingungen die Erscheinung gut zeigte. Daraus dürfte man, scheint mir, entnehmen, daß, wenn überhaupt für die Erklärung des Phänomens eine Tertiärstrahlung in Frage kommt, dieselbe jedenfalls aus einer gewissen Tiefe der Metalle herauskommen muß, und damit wiederum wäre schwer die Vorstellung zu vereinigen, daß die dünnen Luftschichten zwischen Metall und photographischer Schicht das wesentlich Wirksame sind, wenn man nicht etwa annehmen will, daß eine aus dem Kupfer austretende Tertiärstrahlung die Wirkung der von der dünnen Silberschicht herrührenden Tertiärstrahlung ganz oder jedenfalls größtenteils verdeckt.

Ich habe nun schließlich versucht, der Frage direkter beizukommen, indem Versuche im Vakuum angestellt wurden, wobei allerdings gleich bemerkt sei, daß ich die Versuche nicht als abgeschlossen betrachte, weil ich noch nicht das gewünschte Vakuum erhielt, daß ich aber nichtsdestoweniger mit der Publikation der bis jetzt gewonnenen Ergebnisse nicht länger zögern möchte. Zunächst wurden nur geringe Vakua, und zwar solche von ca. 75 und von ca. 60 mm Druck, benutzt, und es wurden stets Parallelaufnahmen bei gewöhnlichem Druck gemacht. Als Unterlage der photographischen Platten diente ein Block aus Föhrenholz. Dabei wurden deutliche Umkehrerscheinungen beim Silber gefunden, ohne daß ein prinzipieller Unterschied gegenüber den Aufnahmen in gewöhnlicher Luft zu konstatieren war. Bei einer anderen Aufnahme belief sich das Vakuum auf ca. 15 Hundertstel Millimeter. Die photographische Platte (Schleussner) lag auf einem Block aus Föhrenholz von 2,7 cm Dicke, auf der Schicht lag ein Zweipfennig-

ein Zwanzigpfennig-, ein Zwanzigheller- und ein Fünfzigpfennigstück und auf jede der vier Münzen war eine Bleischicht von 11,5—12 mm Dicke gelegt. Die über der Platte befindliche Röntgenröhre, deren Antikathode ca. 12 cm von der photographischen Schicht entfernt war, wirkte 12 Minuten. Die Röhrenhärte belief sich auf 6 B.W. und es floß ein Strom von nahezu 0,1 Milliamp. durch dieselbe. Diese Aufnahme wurde darauf in der Weise variiert, daß sonst nach Möglichkeit dieselben Bedingungen herrschten, dagegen die Platte mit den Metallen sich statt im Vakuum in Luft von normalem Druck befand. In beiden Fällen nun erschien eine deutliche dunkle Zeichnung der der Schicht anliegenden Münzseite nur beim Silbergeld, und ich möchte nicht gern darüber entscheiden, ob die Umkehrerscheinung im einen Fall schärfer zum Ausdruck kam als im anderen. Wenn aber wirklich die nun mehrfach erwähnten Luftschichten eine Rolle bei der Erscheinung spielen, so müßte sich doch wohl bei einem Luftdruck, der 5066 mal geringer ist als der normale Druck von 760 mm, ein prinzipieller Unterschied zeigen, der doch vermutlich in der Richtung zu suchen wäre, daß die Abbildung der verschieden weit von der photographischen Schicht entfernten Teile der nämlichen Münze wesentlich undeutlicher ausfällt. Immerhin behalte ich mir jedoch noch vor, bei Gelegenheit weitere Untersuchungen in möglichst hohen Vakuis anzustellen. Auch könnte man noch Untersuchungen in anderen Gasen anstellen.

Es soll auch nicht unerwähnt bleiben, daß auch der Gedanke nicht ganz fern lag, daß man es bei der Umkehrerscheinung vielleicht mit einer chemischen Wirkung an den Berührungstellen der Metalle und der photographischen Schicht zu tun haben könnte, welche durch die schon öfter erwähnte Sekundärstrahlung in Wirksamkeit tritt. Wäre das der Fall, so wären allerdings diejenigen Aufnahmen nicht verständlich, bei welchen das Bild trotz der Zwischenlage des Papiers zustande kam, wenn man nicht etwa annehmen wollte, daß die chemischen Agenzien durch das Papier hindurch aufeinander wirken. Um auch diese Frage weiter zu ventilieren, könnten noch Untersuchungen mit Papieren angestellt werden, bei denen die lichtempfindlichen Silbersalze durch andere lichtempfindliche Metallsalze ersetzt sind. Es wurde übrigens auch schon

eine Reihe von Versuchen in dieser Richtung — von denen ich mir allerdings nicht gerade viel verspreche — angestellt, ohne daß jedoch positive Ergebnisse gewonnen wurden. Wollte man übrigens wirklich annehmen, daß bei dieser Gruppe von Erscheinungen chemische Wirkungen in Frage kämen, so wäre es doch schwer verständlich, daß die Tiefe der Kanäle von so wesentlichem Einfluß zu sein scheint.

Mit Sicherheit scheint nun aus den bisherigen Aufnahmen nur folgendes hervorzugehen:

I. Bei Bestrahlung mit einer über der lichtempfindlichen Schicht befindlichen Röntgenröhre erhält man wirklich gute Durchdringungsbilder, vorausgesetzt, daß überhaupt die Undurchlässigkeit für Röntgenstrahlen und die Dicke der Münzen bzw. Medaillen nicht zu groß und die Dickenunterschiede an den verschiedenen Stellen nicht zu klein sind, nur dann, wenn durch geeignete Ein- bzw. Unterlagen von Schwermetallen dafür gesorgt wird, daß von unten kommende Sekundärstrahlen geringer Absorbierbarkeit nicht die der photographischen Schicht anliegende Seite der abzubildenden Metallgegenstände treffen können. Diese Durchdringungsbilder lassen sich bei genügender Röhrenhärte — bis jetzt wurden die besten Aufnahmen mit einer Härte von ungefähr 6 B.W. erzielt — und bei geeigneter Metalleinlage zum großen Teil in wenig Minuten bzw. Bruchteilen einer Minute herstellen, und bei dieser Art von Abbildungen, wo also auf dem Negativ die Erhabenheiten hell und die Vertiefungen dunkel erscheinen, ist das wesentlich wirksame Moment in der Dickendifferenz der verschiedenen Münzstellen zu suchen, derart gedacht, daß die durch relativ dicke Stellen der Münze hindurchgehenden Strahlen durch die stärkere Absorption die photographische Platte entsprechend geringer beeinflussen als die dünnere Stellen durchdringenden Strahlen.

II. Die soeben erwähnten Sekundärstrahlen, welche beispielsweise von Holz, von Karton, Paraffin und auch von Glas ausgehen, führen bei Silbermünzen leicht zu der darin bestehenden Umkehrerscheinung, daß sich beim Negativ die Erhabenheiten der der photographischen Schicht anliegenden Metallseite dunkel und die entsprechenden Vertiefungen hell abbilden. Diese durch die von unten kommenden Sekundärstrahlen bedingte Wirkung arbeitet gegen die Wirkung der

die Durchdringungsbilder herbeiführenden Primärstrahlen an, und es erscheint dadurch verständlich, daß man von Silbermünzen relativ schwer gute Durchdringungsbilder erhält.

III. Diese Umkehrerscheinung wurde zunächst in geringerem Grade auch bei Kupfer-, Nickel- und vor allem auch bei Goldmünzen gefunden und es wurden darauf verschiedene reine mit Kanälen versehene Metalle geprüft, und zwar Aluminium, Eisen, Nickel, Kupfer, Zink, Palladium, Silber, Cadmium, Zinn, Antimon, Platin, Gold und Blei. Das dabei gewonnene Resultat läßt sich nun so aussprechen, daß die der Silber- und der Platingruppe angehörenden Elemente die Erscheinung am besten zeigen, daß dieselbe dagegen beim Aluminium gar nicht zu konstatieren war. Die, abgesehen von den Dickendifferenzen, durch die Metalle an sich hervorgerufenen Plattenschwärzungen waren am intensivsten bei den zur Silbergruppe gehörigen Metallen und es hatte den Anschein, daß auch die Differenzwirkung (also Umkehrerscheinung) bei diesen Metallen stärker ausgeprägt war als bei den Elementen der Platingruppe.

IV. Um möglichst gut die Umkehrerscheinung zu erhalten, tut man, wenn man nicht von vornherein mit reiner Sekundärstrahlung arbeiten will, gut daran, die Objekte mit möglichst dickem Blei zu bedecken, damit dieselben möglichst wenig von Primärstrahlen durchdrungen werden. Dieser Weg scheint auch am schnellsten zum Ziel zu führen.

V. Was die Beziehung der scharfen Ausprägung der Umkehrerscheinung zur Tiefe der Kanäle betrifft, so war die Erscheinung jedenfalls bei einigen Metallen, so beispielsweise beim Cadmium und beim Zinn, jedenfalls bis zu einer gewissen Grenze, um so ausgeprägter, je tiefer die Kanäle waren; es sind aber noch nicht genügend systematische Untersuchungen in dieser Richtung angestellt worden.¹⁾

Was die mit Becquerelstrahlen erhaltenen Aufnahmen betrifft, so will ich mich hier möglichst kurz fassen. Es wurde eine ganze Reihe von Aufnahmen gemacht, und zwar zum Teil mit den früheren Präparaten, zum großen Teil aber mit einem 20 mg reinstes Radiumbromid enthaltenden Präparat,

1) Ebenso müßten noch eingehende systematische Untersuchungen über den Einfluß der Belichtungszeit und der Intensität der Primärstrahlung auf das Phänomen angestellt werden.

welches ich der Güte des Hrn. Hans Hauswaldt aus Magdeburg-Neustadt verdanke. Es bestätigte sich bei den Versuchen mit Münzen durchaus das früher angegebene Resultat, daß eine auch nur einigermaßen deutliche Abbildung der von der photographischen Schicht abgewandten Seite sehr schwer zu erhalten ist, ganz im Gegensatz zu den Aufnahmen mit Röntgenstrahlen, wo bei geeigneten Maßregeln relativ leicht eine gleichzeitig deutliche Abbildung beider Münzseiten zu erreichen ist. Von der in der früheren Arbeit ausgesprochenen Ansicht, daß vielleicht dieser Unterschied bei der Verwendung der verschiedenen Strahlengruppen wesentlich bedingt sei durch die verschiedenen große Durchdringungskraft der primären Röntgenstrahlen einer- und der β - bzw. γ -Strahlen andererseits¹⁾, bin ich allerdings inzwischen abgekommen, indem ich nun vielmehr der Ansicht zuneige, daß die schwieriger zu erhaltende Abbildung der von der photographischen Schicht abgewandten Münzseite bei Anwendung von Becquerelstrahlen jedenfalls im wesentlichen zu erklären ist durch die relativ starke und gleichzeitig relativ stark durchdringungsfähige in der ganzen Metallmasse entstehende Sekundärstrahlung.²⁾

1) Wenn nur die sonstigen Bedingungen annähernd gleich sind, so dürfte doch vielleicht die in der früheren Arbeit geäußerte Ansicht, daß bis zu einer gewissen Grenze die Wegedifferenzen von solchen Metallgegenstände durchdringenden Strahlen eine um so größere Kontrastwirkung auf der photographischen Platte hervorufen werden, je weniger durchdringungsfähig dieselben sind, ihre Richtigkeit durch die jetzigen Resultate nicht eingebüßt haben. Wie schon erwähnt, wurden die meisten meiner mit Röntgenstrahlen angestellten Versuche mit einer Röhrenhärte von ca. 6 B. W. gemacht; auch scheint es, daß man im allgemeinen nicht unter 5 B. W. herabgehen soll, weil sonst die Durchdringungskraft zu gering wird. Immerhin aber erscheint es mir nicht ausgeschlossen, daß, falls man nur die richtigen Belichtungszeiten trifft, mit einer etwa die Mitte zwischen 5 und 6 B. W. haltenden oder einer vielleicht noch etwas geringeren Röhrenhärte noch kontrastreichere Durchdringungsbilder zu gewinnen wären als bei 6 B.W. Die wenigen Versuche, welche ich mit geringerer Härte als ca. 6 B.W. anstellte, geben aber in dieser Richtung noch nicht genügende Anhaltspunkte.

2) Vgl. B. Walter, Fortschritte a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen 3. p. 74. — Diese Sekundärstrahlung scheint auch die Ursache davon zu sein, daß bei den vorher erwähnten zylindrischen Metallblöcken bei Verwendung von Becquerelstrahlen stets — d. h. bei Aluminium, Eisen, Kupfer, Zink, Silber — dunkle Mitte und heller Rand gefunden wurde.

Bei dieser Voraussetzung würde bei Anwendung verschiedener Metallbleche, welche auf der von der photographischen Schicht abgewandten Seite mit Kanälen versehen sind, wenn die Dicke der Bleche und die Tiefe der Kanäle gleich groß sind, das Zustandekommen einer Abbildung wesentlich abhängig sein von der Intensität der in den verschiedenen Metallen erzeugten Sekundärstrahlung und von dem Verhältnis der Durchdringungsfähigkeit der primären zu derjenigen der sekundären Strahlen. Wenn ich daher bei Untersuchungen mit Blechen aus Blei, Kupfer, Zink und Eisen, deren Dicke fast genau dieselbe war und bei denen die Kanaltiefe genau gleich war, fand, daß beim Blei eine deutliche Abbildung des von der photographischen Schicht abgewandten Kanals relativ leicht zustande kam, so würde das unter der angegebenen Voraussetzung, da die Intensität der Sekundärstrahlung beim Blei besonders hoch ist, darauf hindeuten, daß das Verhältnis des Durchdringungsvermögens der Primärstrahlung zu demjenigen der Sekundärstrahlung bei diesem Metall relativ groß ist. Jedoch müssen hierüber noch weitere Untersuchungen angestellt werden.

Zum Schlusse sei noch bemerkt, daß ich bei Verwendung von Radiumstrahlen, trotzdem ich verschiedenste Plattenunterlagen und überhaupt verschiedenste Versuchsbedingungen wählte, bisher keine Aufnahme fand, die ich mit Sicherheit als ein Analogon zu der bei den Röntgenstrahlen gefundenen Umkehrerscheinung hätte bezeichnen können.

Hamburg, Physik. Staatslaboratorium, 10. Dez. 1907.

(Eingegangen 23. Dezember 1907.)