Über Becquerelstrahlen und radio-aktive Substanzen / von W. Marckwald.

Contributors

Marckwald, W. 1864-
Karewski, Ferdinand, 1858-1923.
Francis A. Countway Library of Medicine

Publication/Creation

Berlin : Verlag von Leonhard Simion Nf, 1904.

Persistent URL

https://wellcomecollection.org/works/skc6wuru

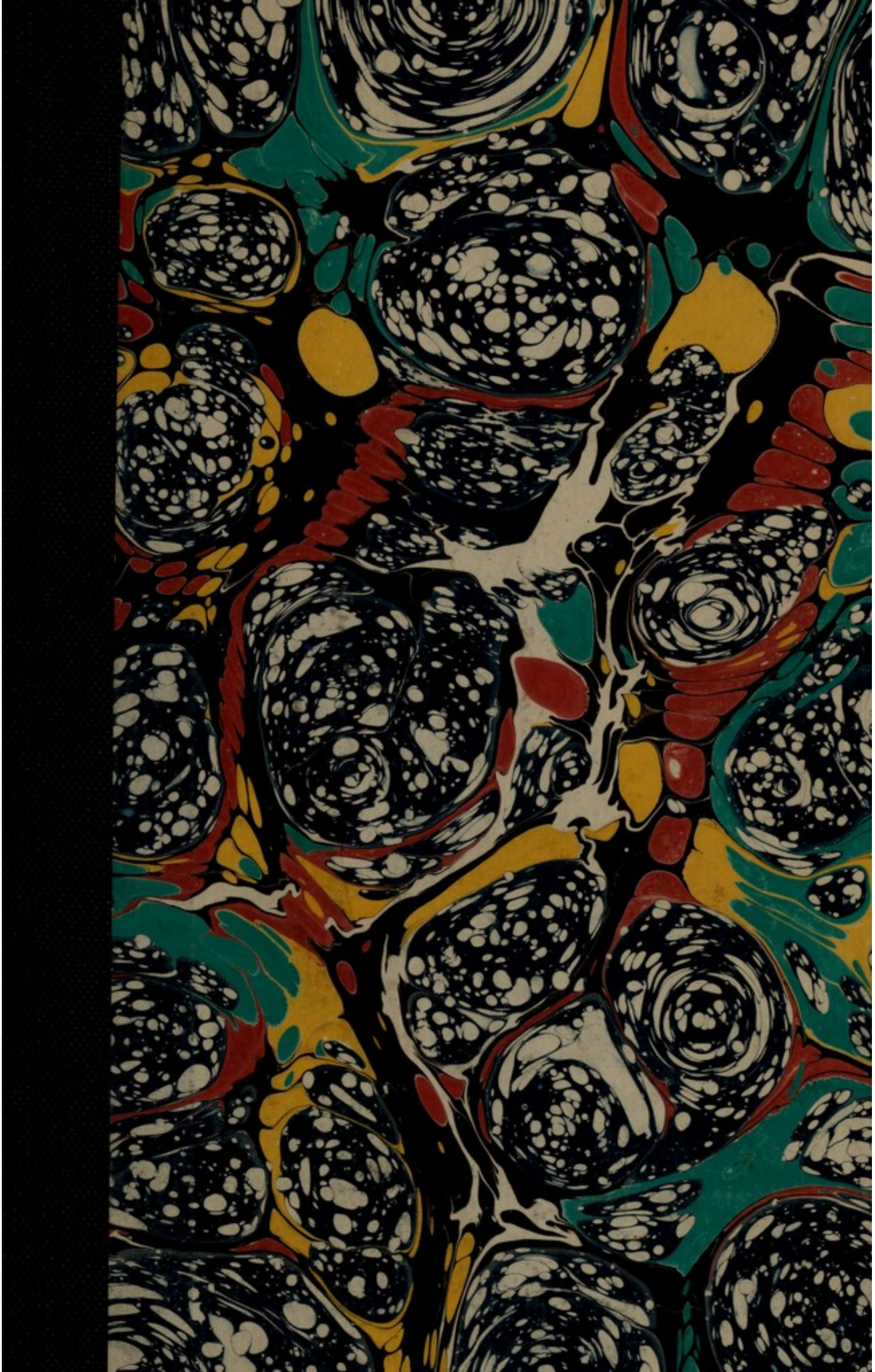
License and attribution

This material has been provided by This material has been provided by the Francis A. Countway Library of Medicine, through the Medical Heritage Library. The original may be consulted at the Francis A. Countway Library of Medicine, Harvard Medical School. where the originals may be consulted. This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.

wellcome collection

Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
https://wellcomecollection.org



Boston Medical Library
in the Francis A. Countway
Library of Medicine ~ *Boston*

Moderne ärztliche Bibliothek

herausgegeben von

Dr. **Ferdinand Karewski,** Berlin.

Heft 7.

Über Becquerelstrahlen

und

radio-aktive Substanzen.

Von

Professor Dr. **W. Marckwald.**

BOSTON MEDICAL
MAY 8 1905
LIBRARY

Preis 1 Mark.

BERLIN.

Verlag von Leonhard Simion Nf.

1904.

FROM
PAUL B. HOEBER
MEDICAL BOOKS
69 EAST 59TH ST.

4765

BOSTON MEDICAL LIBRARY
in the Francis A. Countway
Library of Medicine ~ *Boston*

Über Becquerelstrahlen

und

radio-aktive Substanzen.

Von

Professor Dr. **W. Marckwald.**

BERLIN.
Verlag von Leonhard Simion Nf.
1904.

Die Entdeckung der Becquerelstrahlen.

Wenn in den bekannten, stark evakuierten Glasbirnen, deren man sich im allgemeinen zur Erzeugung der Röntgenstrahlen bedient, die Kathodenstrahlen die Glaswand treffen, so tritt ein grünliches Phosphorescenzlicht auf. Während nun die Kathodenstrahlen das Glas nicht zu durchdringen vermögen, treten aus der Birne die Röntgenstrahlen heraus. Diese Tatsache führte bald nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen einige Physiker zu der irrigen Vermutung, dafs die Phosphorescenz des Glases selbst die Quelle der neuen Strahlung sei und gab Anlafs, zu versuchen, ob nicht phosphorescierende Substanzen überhaupt befähigt seien, durch opake Wände hindurch auf die photographische Platte zu wirken.

Mit solchen Versuchen befafste sich auch Henri Becquerel im Jahre 1896 und zwar konnte er feststellen, dafs das nach der Belichtung durch Tageslicht stark phosphorescierende Urankaliumsulfat durch lichtdichtes Papier hindurch bei tagelanger Einwirkung die photographische Platte schwärzte. Bald aber zeigte es sich, dafs auch Uransalze, welche längere Zeit im Dunkeln aufbewahrt waren und daher keine Spur von Phosphorescenz zeigen konnten, in gleicher Weise photochemisch wirkten; ja auch solche Uranverbindungen, welche das Phänomen der Phosphorescenz überhaupt nicht zeigen, wie das Oxyd und endlich das Metall selbst, riefen die nämliche Wirkung hervor, letzteres sogar in höherem Mafse wie die Verbindungen. Diese Beobachtung liefs sich nur durch die Annahme erklären, dafs vom Uran

und seinen Verbindungen chemisch wirksame, unsichtbare Strahlen ausgesandt werden, welche, wie die spätere Untersuchung lehrte, mit den Röntgenstrahlen nicht identisch sind und deshalb als Becquerelstrahlen bezeichnet wurden. Solche Substanzen, welche Becquerelstrahlen aussenden, nennt man radioaktive.

Die radioaktiven Stoffe.

Die Radioaktivität ist nicht auf das Uran und seine Derivate beschränkt. Auch das Thorium, welches in vielen Mineralien mit dem Uran vergesellschaftet vorkommt, zeigt ähnliche Wirkungen. Diese werden aber um das Vieltausendfache von einigen neuen Elementen übertroffen, zu deren Auffindung die Entdeckung Becquerels erst den Anlafs gab.

Bei der Prüfung der Radioaktivität von Uranerzen fand das Ehepaar Curie, dafs viele derselben ein weit höheres Strahlungsvermögen zeigten, als ihrem Urangehalt entsprach. Die Pechblenden, der Carnotit und Chalkolith zeigten die höchste Aktivität, die diejenige des Uranmetalles im Durchschnitt noch um das Dreifache übertraf. Aus dieser Beobachtung zogen die Curies den Schlufs, dafs in diesen Erzen noch unbekannte, stark radioaktive Stoffe in sehr geringer Menge enthalten sein müfsten. Die sorgsame analytische Untersuchung der Pechblende bestätigte diese Vermutung aufs glänzendste. Dafs dieses Mineral, welches im wesentlichen aus einem Oxyde des Urans besteht, einige Zehntel Prozente Wismut enthält, war längst bekannt. Die Curies fanden nun, dafs das Wismut aus der Pechblende sich von gewöhnlichem Wismut dadurch unterscheidet, dafs es radioaktiv ist. Sein Strahlungsvermögen übertrifft dasjenige des Urans um das Hundertfache. Durch fraktionierte Fällungen des basischen Wismutnitrats und des Sulfids, sowie durch fraktionierte Sublimation des letzteren vermochten die Curies ihr Präparat in stärker und schwächer aktive Anteile zu zerlegen und schliefslich in einem Teile bis auf das

Vielfache des Rohproduktes anzureichern. Sie vermuteten daher, dafs das radioaktive Wismut aus einem Gemenge von gewöhnlichem Wismut und einem dem Wismut chemisch nahestehenden, neuen Grundstoffe bestände, für welchen sie den Namen Polonium in Vorschlag brachten. Indessen gelang es ihnen nicht, den radioaktiven Stoff vom Wismut zu trennen.

Bald nach der Entdeckung des Poloniums fanden die Curies in der Pechblende einen zweiten hochaktiven Stoff, welcher dem darin ebenfalls nur zu einigen zehntel Prozenten enthaltenen Baryum beigemischt ist. Hier waren sie glücklicher bei dem Versuche, den radioaktiven Bestandteil, den sie Radium nannten, zu isolieren. Zwar folgt er bei allen chemischen Umwandlungen, soweit sie bisher geprüft wurden, dem Baryum durchaus. Aber durch fraktionierte Krystallisation des Gemisches des Baryum- und Radiumchlorides gelang es, das Radiumchlorid in den schwerer löslichen Fraktionen beliebig anzureichern, bis die damit verbundene Verminderung der Substanzmenge der Fortsetzung der Fraktionierung ein Ziel setzte. Mit der Anreicherung des Radiums stieg selbstverständlich die Wirksamkeit des Präparates, das schliefslich etwa das 200 000fache Strahlungsvermögen des Urans zeigte.

Während in dem ursprünglichen Radium-Baryumchloridgemisch der Chlorgehalt völlig übereinstimmend mit dem des Baryumchlorides gefunden wurde, verminderte sich mit fortschreitender Anreicherung des Radiumsalzes der Chlorgehalt. Daraus folgte, dafs unter der Voraussetzung analoger Zusammensetzung der beiden Chloride nach der Formel MCl_2 das Atomgewicht des Radiums höher als dasjenige des Baryums sein mufste. Das stärkste von Frau Curie bisher gewonnene Präparat zeigte einen Chlorgehalt, aus dem sich für das Radium das Atomgewicht 225, gegenüber Ba = 137,4 berechnet. Eine Garantie für die völlige Reinheit dieses Chlorides ist allerdings nicht geboten. Dafs aber dieses Salz nicht mehr sehr erheblich durch Baryum verunreinigt war,

ergab die spektroskopische Untersuchung. Das Radiumspektrum ist nämlich von dem Barymspektrum gänzlich verschieden und zeigt besonders charakteristische rote Linien. Während Baryumchlorid die Flamme des Bunsenbrenners gelbgrün färbt, färbt Radiumchlorid sie rot.

Der Gehalt des aus der Pechblende abgeschiedenen Baryum-Radiumgemenges an Radium ist sehr gering und wird schätzungsweise auf 0,03 % angegeben. Die Anreicherung des Radiums durch fraktionierte Krystallisation ist dadurch sehr erschwert, dafs die Salze der beiden alkalischen Erden Mischkrystalle bilden. Übrigens erfolgt, wie Giesel fand, die Trennung der Bromide erheblich schneller als die der Chloride.

Der Entdeckung des Radiums folgte die Abscheidung noch mehrerer anderer radioaktiver Stoffe aus Uranmineralien. Auf die Entdeckung einer Aktinium genannten, dem Thorium oder Titan verwandten Erde durch Debierne und des radioaktiven Bleis durch K. Hofmann, die der näheren Untersuchung und Charakterisierung noch bedürfen, sei hier nur hingewiesen. Von dem Gieselschen, dem Lanthan nahestehenden „Emanationskörper“ wird weiter unten noch die Rede sein.

Durch die Entdeckung des Radiums, namentlich aber durch eine Beobachtung Giesels, die später von Frau Curie bestätigt wurde, dafs das radioaktive Wismut (Polonium) seine Wirksamkeit im Laufe von Wochen oder Monaten gröfstenteils einbüfse, hatte die erste Entdeckung der Curies sehr an Interesse verloren. Neuere Untersuchungen W. Marckwalds zeigten indessen, dafs in dem radioaktiven Wismut, welches er nach einem etwas anderen Verfahren als die Curies aus der Pechblende abschied, gleichwohl ein Stoff von hoher und konstanter Aktivität enthalten ist. Dieser Stoff aber scheint nicht dem Wismut, sondern dem Tellur chemisch nahe zu stehen und ist deshalb vorläufig als Radiotellur bezeichnet worden. Das Wismut aus Pechblende enthält nämlich, wie Marckwald fand, etwa 0,1 pro mille Tellur beigemengt. Durch Zusatz von Zinn-

chlorür zur Lösung des Chlorides wird das Tellur und mit ihm die radioaktive Substanz abgeschieden. Verwandelt man diese Abscheidung wiederum in das Chlorid, so fällt aus dessen salzsaurer Lösung Hydrazin nur das Tellur aus und es bleiben dann noch einige Zehntel Prozent von der ersten Fällung in der Lösung, welche von neuem durch Zinnchlorür abgeschieden werden können. Da die Pechblende an diesem hochaktiven Stoff sehr arm ist — der Gehalt dürfte nicht mehr als 1 : 1000 Millionen betragen — so steht die nähere Charakterisierung des Stoffes nach seinen chemischen Eigenschaften noch aus. Obwohl das Radiotellur bisher nur in Mengen von einigen Milligrammen zur Verfügung steht, ist es doch in genügender Menge vorhanden, um die Wirkungen seiner Strahlung nach allen Richtungen hin zu studieren. Zu dem Zwecke werden äufserst feine Niederschläge der Substanz auf elektrolytischem Wege auf anderen Metallen, besonders auf Kupfer, erzeugt. So hergestellte Platten oder Stäbchen, die nur hundertel Milligramme wirksamer Substanz enthalten, senden ihre Strahlen nun schon Jahre lang aus.

Durch die Entdeckung der stark radioaktiven Stoffe hat das Studium der Becquerelstrahlung begreiflicher Weise sehr an Interesse gewonnen. Wenn die rätselhafte Uranstrahlung wegen der Geringfügigkeit der in die Erscheinung tretenden Wirkungen nur die Aufmerksamkeit der Physiker auf sich lenkte, so mufsten die starken Effekte der Radiumstrahlung bald die Frage anregen, ob diese neue Energieform nicht praktischen Zwecken nutzbar gemacht werden könne. Die medizinische Forschung, die sich aller neuen Errungenschaften der Naturwissenschaften mit besonderem Eifer bemächtigt, hat ihr Interesse auch dieser Frage zugewandt. Deshalb dürfte ihren Zwecken eine gedrängte Darstellung der wichtigsten Eigenschaften der radioaktiven Stoffe*) förderlich sein.

---

*) Radium wird in Deutschland, soweit dem Verfasser bekannt, von der Chininfabrik Braunschweig, Buchler & Co., und von der Fabrik chemischer Präparate, Dr. Rich. Sthamer, Hamburg, in den Handel gebracht. Letztere Firma liefert auch Radiotellur.

Charakterisierung der Becquerelstrahlen.

Die nähere Untersuchung der Strahlung der genannten radioaktiven Stoffe durch Becquerel, Curie, Giesel, Rutherford, Crookes u. a. zeigte, dafs diese im allgemeinen recht komplizierter Natur ist. Das Radium sendet dreierlei wohlcharakterisierte Strahlenarten aus. Gemeinsam ist ihnen allen, dafs sie im Gegensatz zu den Lichtstrahlen ähnlich den Kathoden- und Röntgenstrahlen weder brechbar sind, noch polarisiert werden können.

Die Radiumstrahlen unterscheiden sich besonders durch ihre verschiedene Durchdringungsfähigkeit und durch ihr Verhalten gegenüber dem Magneten.

Die α-Strahlen sind äufserst leicht absorbierbar. Sie werden schon von Gasen sehr stark absorbiert und durchdringen feste Körper und Flüssigkeiten der verschiedensten Art nur noch in äufserst dünnen Schichten. Durch den Magneten werden sie wenig, aber doch deutlich abgelenkt und zwar entgegengesetzt der Richtung, in welcher die Ablenkung der Kathodenstrahlen erfolgt. Vielleicht stimmen diese Strahlen mit den von Goldstein entdeckten Kanalstrahlen überein.

Die β-Strahlen durchdringen nicht nur Gase, sondern auch gewisse feste Körper wie Papier, Aluminiumblech, Glimmerblättchen, Guttaperchaplatten, ohne beträchtlich absorbiert zu werden. Durch dickere Schichten der genannten Stoffe werden sie merklich zurückgehalten, stärker durch Glas, am stärksten durch Schwermetalle wie Blei und Platin. Sie werden durch den Magneten sehr stark und zwar in demselben Sinne, wie die Kathodenstrahlen, abgelenkt, von denen sie sich wohl nur durch die gröfsere Geschwindigkeit und dadurch bedingte gröfsere Durchdringungsfähigkeit unterscheiden.

Endlich sendet das Radium noch sehr wenig absorbierbare γ-Strahlen aus, welche vom Magneten nicht abgelenkt werden, sich diesem gegenüber also wie Röntgenstrahlen verhalten. Sie sind noch sehr wenig untersucht und treten

gegenüber den anderen Strahlen in ihrer Wirkung sehr zurück, so dafs wir uns im folgenden auf die Besprechung der Eigenschaften der α- und β-Strahlen beschränken können.

Im Gegensatz zum Radium sendet das Radiotellur nur α-Strahlen aus. Da es sich elektrolytisch auf andere Metalle gut haftend niederschlagen läfst, während das Radium nur in Form von Salzen verwendet werden kann, so ist das erstere für das Experimentieren mit α-Strahlen weit besser geeignet. Denn aus einer Radiumsalz enthaltenden Büchse — dieselbe mag aus noch so leichtem Material hergesellt sein — treten nur die durchdringenden Strahlen aus. Nur offenliegendes Radiumsalz sendet auch α-Strahlen in die Atmosphäre. Andererseits treten aus einer dünnwandigen Aluminiumbüchse die β-Strahlen des Radiums fast unabsorbiert aus. Dies ist in weit geringerem Mafse der Fall, wenn das Radium in Glasgefäfsen eingeschlossen ist, eine Tatsache, die häufig beim Experimentieren mit Radiumpräparaten nicht genügend beachtet wird.

Der menschliche Körper besitzt kein Sinnesorgan, welches beim Auftreffen von Becquerelstrahlen, wie auch z. B. von Röntgenstrahlen, derart affiziert wird, dafs wir direkte Eindrücke von diesen Strahlen gewinnen könnten. Eine ganz beschränkte Ausnahme von diesem Satze werden wir später besprechen. Im allgemeinen können wir diese Strahlen nur aus den Wirkungen erkennen, welche bei Umwandlung dieser Energieform in andere Energieformen in die Erscheinung treten. Wie wir aber im stande sind, durch geeignete Mafsnahmen jede Energieform in andere umzuformen, so kann auch die in den radioaktiven Stoffen aufgespeicherte Energie in chemische Energie, in Wärme, in Licht, in elektrische Energie umgewandelt werden.

Dabei stimmen die α- und β-Strahlen in ihren Wirkungen teilweise, wenigstens qualitativ, überein, andernteils sind die Wirkungen wesentlich unterschieden. Das soll nunmehr näher bei der Besprechung der einzelnen Phänomene, die durch diese Strahlen hervorgerufen werden, erörtert werden.

Chemische Wirkungen.

Ähnlich den ultravioletten Lichtstrahlen und den Röntgenstrahlen wirken die Becquerelstrahlen und zwar sowohl die α-, wie die β-Strahlen auf die photographische Platte. Die beigefügten Nachbildungen photographischer Aufnahmen sind geeignet, die Verschiedenheit der Wirkung des Radiotellurs und des Radiums zu veranschaulichen. Fig. 1 zeigt das Positiv einer Platte, welche der Einwirkung einer mit einigen

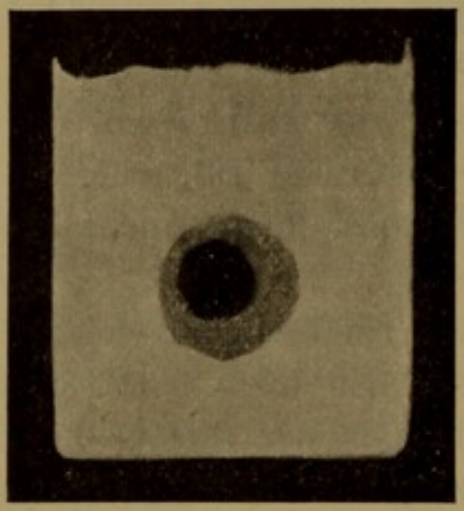


Fig. 1.

Fig. 2.

Hundertel Milligramm Radiotellur belegten Kupferelektrode eine Minute lang exponiert war.

Zwischen die Elektrode und die Platte war ein Blättchen aus Aluminiumfolie und auf dieses ein kleineres Blättchen aus Schreibpapier gelegt. Im übrigen berührten sich Platte und Elektrode direkt. Bei einer Entfernung von nur 1 cm mufs man bereits viel längere Zeit exponieren, weil die α-Strahlen durch die Luftschicht schon stark absorbiert werden. Man sieht aus dem Bilde, dafs die Strahlen die Aluminiumfolie, wenn auch stark geschwächt, so doch merklich durchdringen, vom Schreibpapier aber kaum mehr hindurchgelassen werden.

Fig. 2 zeigt eine Aufnahme mit Radium. Hier befand

sich ein eiserner Schlüssel in einer Pappschachtel eingeschlossen. Die Büchse mit dem Radiumpräparat war einen Decimeter über der photographischen Platte angebracht, auf welcher die Schachtel direkt auflag. Die Expositionszeit betrug etwa 15 Minuten. Das Bild zeigt, dafs die β-Strahlen die Pappschachtel mit geringer Schwächung durchdrangen, von dem Eisen hingegen kräftig absorbiert wurden. Das Bild erinnert durchaus an die wohlbekannten Aufnahmen mit Röntgenstrahlen, doch sind die Konturen weniger scharf. Aufnahmen der menschlichen Hand durch Radium lassen das Knochengerüst nur sehr unvollkommen hervortreten, weil die Differenzierung in der Durchlässigkeit der verschieden dichten Massen für die β-Strahlen nicht so fein, wie für die Röntgenstrahlen ist.

Aufser der Wirkung auf die photographische Platte vermögen die Becquerelstrahlen auch ganz andersartige chemische Wirkungen hervorzurufen. Besonders auffällig ist die starke Wirkung der β-Strahlen auf das Glas. Gläser, in welchen Radiumsalz eingeschlossen ist, färben sich sehr bald je nach ihrer Zusammensetzung braun oder violett. Hier handelt es sich zweifellos um eine chemische Veränderung der Glassubstanz. Denn die Färbungen bleiben auch nach Entfernung der Strahlungsquelle dauernd bestehen.

Von anderer Art ist die Färbung, welche die β-Strahlen, ganz ähnlich den Kathodenstrahlen, bei vielen Alkalisalzen hervorrufen. So wird Kochsalz braungelb, Kaliumchlorid amethystfarben unter der Einwirkung des Radiums. Diese Färbungen verschwinden indessen schon unter der Einwirkung des Tageslichtes oder beim Erhitzen der Substanz. Es scheint sich bei diesem Phänomen um einen rein physikalischen Vorgang zu handeln.

Zu den chemischen Wirkungen der Becquerelstrahlung ist auch die Umwandlung des Sauerstoffs in Ozon zu zählen. Beim Öffnen von Gefäfsen, in welchen Radium oder Radiotellur aufbewahrt ist, bemerkt man deutlich Ozongeruch. Wahrscheinlich hängt auch die Zerstörung, welche Papier er-

leidet, wenn es längere Zeit mit den genannten radioaktiven Substanzen in Berührung ist, mit der Ozonbildung zusammen. Die Veränderung des Papieres würde dann erst sekundär durch die Einwirkung des Ozons der umgebenden Luft erfolgen.

Gewisse Radiumsalze erleiden selbst eine langsame chemische Veränderung. So zersetzt sich das Radiumbromid an der Luft langsam unter Abgabe von Brom und Bildung von Ozon und Baryumoxyd, welches durch die Kohlensäure der Luft weiter in Karbonat verwandelt wird. Man kann diesen Vorgang durch die Gleichungen:

$$RaBr_2 + 2\,O_2 = RaO + Br_2 + O_3$$

$$RaO + CO_2 = RaCO_3$$

darstellen. Eine analoge Umwandlung des Bromides findet auch in wässeriger Lösung statt, wobei durch sekundäre Einwirkung des Broms auf das Baryumhydroxyd unterbromigsaures Salz gebildet wird. Neben dieser Reaktion geht eine theoretisch sehr interessante elektrolytische Zersetzung des Wassers her. Denn eine wässerige Lösung von Radiumbromid entwickelt langsam, aber beständig ein Gas, welches im wesentlichen aus Wasserstoff und Sauerstoff besteht; davon wird weiter unten noch die Rede sein.

Phosphorescenz-Erscheinungen.

Gewisse Substanzen werden beim Auftreffen von Becquerelstrahlen zur Phosphorescenz angeregt. In sehr beschränktem Maſse gilt dies für viele Stoffe, wie z. B. Papier, Glas, Fingernägel. Aber nur wenige Stoffe gelangen zu einer lebhaften Phosphorescenz. Dazu gehören besonders solche Substanzen, welche auch durch Lichtstrahlen oder durch Röntgenstrahlen phosphorescirend werden, wie Baryumplatincyanür, Urankaliumsulfat, Zinkoxyd und -sulfid und von Mineralien neben dem Diamanten Flufsspat, Willemit und der neu entdeckte Kunzit. Während auf die meisten dieser Stoffe α- und β-Strahlen in gleicher Weise einwirken, verhalten sich das Oxyd und

Sulfid des Zinks abweichend, welche nur auf α-Strahlen lebhaft reagieren. Das hexagonale Zinksulfid (sogenannte Sidotblende) wird bei der Annäherung eines mit einigen Hundertel Milligramm Radiotellur belegten Plättchens so lebhaft phosphorescierend, dafs die Erscheinung in einem völlig dunklen Saale auf eine Entfernung von mehr als 20 m deutlich sichtbar ist, nähert man aber ein in einer Aluminiumbüchse eingeschlossenes, starkes Radiumpräparat, so tritt nur ein kaum wahrnehmbares Leuchten auf. Hingegen wirkt auch Radium kräftig auf Sidotblende ein, wenn die α-Strahlen die Leuchtmasse treffen.

Baryumplatincyanür wird, wie schon erwähnt, von beiden Strahlenarten zu kräftigem Phosphoreszieren veranlafst. Dieses Salz dient ja auch zur Herstellung der Leuchtschirme für Untersuchungen mit Röntgenstrahlen. Wenn man einen solchen Schirm mit der Rückseite einem Radiumpräparate nähert, so leuchtet die Vorderseite auf. Bei den stärksten Präparaten kann man diese Erscheinung noch beobachten, wenn das Radium mehr als einen Meter vom Schirm entfernt ist. Durch Gegenstände, welche sich zwischen dem Radium und dem Leuchtschirm befinden, dringen die Strahlen mehr oder minder unvollkommen hindurch und man erhält so auf dem Schirm Schattenbilder. Da aber, wie schon oben hervorgehoben wurde, die Differenzierung im Absorptionsvermögen der verschiedenen festen Stoffe für die β-Strahlen nicht so fein ist, wie für Röntgenstrahlen, so ist das Radium für Körperdurchleuchtung und dergleichen Untersuchungen wenig geeignet.

Das Radiotellur wirkt auf diese Leuchtschirme nicht ein, zunächst selbstverständlich nicht von der Rückseite, weil die α-Strahlen die Pappschicht nicht durchdringen, dann aber auch nicht von der Vorderseite, weil die käuflichen Schirme zum Schutze der Salzschicht lackiert sind und die feine Lackschicht genügt, um die α-Strahlen zu absorbieren. Zur Demonstration der α-Strahlen eignen sich am besten Leuchtschirme, bei denen der Phosphoreszenzkörper vermittelst eines Bindemittels auf Glasplatten aufgetragen ist. Solche Schirme

leuchten dann bei der Annäherung des Radiotellurs an die Schichtseite auf und man kann die Phosphoreszenz durch das Glas hindurch bequem beobachten. Mit wachsender Entfernung der Strahlungsquelle wird aber die Phosphoreszenzerscheinung in viel höherem Grade geschwächt, als dies beim Radium der Fall ist, weil die α-Strahlen schon durch die Luft stark absorbiert werden. Daher wirken die α-Strahlen im Vakuum auf weit gröfsere Entfernung als im lufterfüllten Raum.

Die Wirkung der α- und β-Strahlen auf die phosphoreszierenden Stoffe ist äufserlich auf eine sehr bemerkenswerte Weise unterschieden. Crookes hat nämlich beobachtet, dafs nur die β-Strahlen ein kontinuierliches Leuchten hervorrufen. Betrachtet man hingegen die durch α-Strahlen hervorgerufene Phosphoreszenz durch eine Lupe, so sieht man, dafs nicht der ganze Leuchtschirm strahlt, sondern dafs immer nur einzelne Punkte aufleuchten und wieder erlöschen. Man hat etwa den Eindruck, als ob ein Haufen leuchtender Punkte auf dem Leuchtschirm herumtanze.

Die radioaktiven Stoffe leuchten an sich nicht, oder senden doch höchstens ganz schwache Lichtstrahlen aus. Wenn man aber ein Gemenge von Radium- und Baryumchlorid oder -bromid scharf trocknet, so erhält man ein prächtig phosphoreszierendes Salz. Da nun alle käuflichen Radiumpräparate, selbst die kostbarsten, immer noch beträchtliche Mengen Baryumsalz enthalten, so pflegen diese Präparate mehr oder minder stark zu leuchten. Die Erscheinung ist darauf zurückzuführen, dafs wasserfreies Baryumchlorid und -bromid durch die Berquerelstrahlen zur Phosphoreszenz angeregt wird. Beide Salze krystallisieren mit zwei Molekülen Krystallwasser. Diese wasserhaltigen Salze phosphoreszieren weder in α- noch in β-Strahlen. Treibt man aber durch Erhitzen der Krystalle das Wasser aus, so erhält man Salze, welche bei der Annäherung sowohl von Radiotellur, wie von einer Aluminiumbüchse, welche Radium enthält, hell aufleuchten. Ist nun dem Radiumsalz solches Baryumsalz direkt beigemischt, so wird die Phosphoreszenz besonders lebhaft sein. Andererseits

wird durch die dabei bewirkte Umwandlung von Becquerelstrahlung in Lichtstrahlung erstere selbstverständlich vermindert. Es ist demnach keineswegs vorteilhaft, für das Experimentieren mit Radium entwässertes, also hell leuchtendes Salz zu verwenden. Ein Radium-Baryumbromidgemenge, welches nur einige hundertel Prozent Radium enthält, leuchtet, wenn es scharf getrocknet ist schon lebhaft, während hochprozentiges, aber krystallwasserhaltiges Salz sehr wenig leuchtet.

Elektrische Erscheinungen.

Während die Physiker sich seit fast einem Jahrhundert ganz allgemein das Licht als transversale Schwingungen des hypothetischen Äthers vorstellen, hatte diese Theorie bekanntlich viele Jahrzehnte lang mit der Newtonschen Emissionstheorie zu kämpfen, welche das Licht als materielle, von der Leuchtquelle abgeschleuderte Teilchen auffafste. Eine der Newtonschen ähnliche Hypothese ist neuerdings zur Erklärung der Kathodenstrahlen und verwandter Erscheinungen herangezogen worden. Die Kathodenstrahlen befördern negative Elektrizität geradlinig von der Kathode fort. Man kann sich nun vorstellen, dafs äufserst kleine stoffliche Teilchen, negative Elektronen, mit grofser Geschwindigkeit von der Kathode abgeschleudert werden. Umgekehrt wären die Kanalstrahlen als mit positiver Elektrizität beladene Materie von gröfserer Masse und geringerer Geschwindigkeit aufzufassen. Da nun die Becquerelstrahlen, wie wir sahen, zu einem Teil den Kanalstrahlen, zum anderen den Kathodenstrahlen gleichen, so läfst sich die gleiche Hypothese auf diese Strahlen übertragen. Ohne auf diese Hypothesen hier näher einzugehen, sei darauf hingewiesen, dafs die Curie's in der Tat nachgewiesen haben, dafs die β-Strahlen negative Elektrizität transportieren. Stellt man in geeigneter Weise ein in einer Büchse eingeschlossenes Radiumpräparat einer Metallplatte gegenüber, so belädt sich diese mit negativer Elektrizität,

während das Radium positive Ladung annimmt. Die Ausführung dieses Versuches erfordert eine ziemlich komplizierte Apparatur, die hier nicht beschrieben werden soll. Von weit gröfserem Interesse ist es, den Grund zu besprechen, der diese Apparatur erforderlich macht.

Wenn man nämlich in einem gasgefüllten Raum den Versuch ausführen wollte, so würde er mifslingen. Luft und andere Gase sind im allgemeinen Nichtleiter der Elektrizität. Dies ändert sich aber, wenn Becquerelstrahlen, übrigens auch Röntgenstrahlen und andere unsichtbare Strahlenarten, auf die Gase einwirken. Diese werden dann mehr oder minder gute Leiter der Elektrizität. Nähert man also einem geladenen Goldblattelektroskop ein Radiumsalz, so fallen die Blättchen zusammen. Hypothetisch stellt man sich diesen Vorgang so vor, dafs in den Molekeln der Gase unter der Wirkung der Strahlen eine Abtrennung negativer Elektronen von den nunmehr positiven Molionen erfolgt, welche unter dem Einflufs des elektrischen Stromes in entgegengesetzter Richtung wandern wie die Ionen gelöster Elektrolyte. Man sagt daher die Strahlen „ionisieren“ die Gase.

Das Ionisierungsvermögen der α-Strahlen ist ungeheuer viel gröfser als dasjenige der β-Strahlen. Man kann daher mit Radiotellurplatten, welche einige hundertel Milligramm der wirksamen Substanz enthaltend die Luft in viel höherem Grade leitend machen, als mit der tausendfachen Menge in einer Büchse eingeschlossenen Radiumsalzes. Ein durch eine Influenzmaschine in Gang gesetztes elektrisches Glockenspiel hört auf zu läuten, wenn man ihm die Radiotellurplatte nähert. Eine auf hohe Spannung geladene Leidenerflasche, aus der sich mehrere Centimeter lange Funken ziehen lassen, wird bei geeigneter Annäherung der Strahlenquelle in wenigen Sekunden durch die Luft hindurch funkenlos entladen. Ähnliche Wirkungen kann man wohl durch offen liegendes Radiumsalz erzielen, nicht aber durch solches, das sich in einer Aluminiumbüchse eingeschlossen befindet. Die β-Strahlung reicht nur zur Entladung eines Elektroskops aus. Anderer-

seits genügt es die Radiotellurplatte in Papier einzuwickeln, um fast jede Ionisierung aufzuheben, so dafs die Blättchen des Elektroskops kaum mehr zusammenfallen, ein fernerer Beweis dafür, dafs das Radiotellur keine β-Strahlen aussendet.

Eine elektrische Erscheinung ganz anderer Art üben die Becquerelstrahlen und zwar in diesem Falle besonders die β-Strahlen auf die Länge einer Funkenstrecke aus. Wenn man vermittelst eines Funkenmikrometers die Pole eines Induktoriums so weit von einander entfernt, dafs soeben kein Funke mehr übergeht, so setzt bei der Annäherung des Radiums der Funke ein. Ebenso geht die Büschel- und Funkenentladung einer Influenzmaschine, bei welcher eine Kugel die Anode und eine Scheibe die Kathode bildet, in Glimmentladung über, wenn die Funkenstrecke vom Radium bestrahlt wird. Ähnliche Wirkungen ruft bekanntlich auch ultraviolettes Licht hervor.

Wie Lichtstrahlen, so wirken die Becquerelstrahlen auch auf das elektrische Leitvermögen des Selens erhöhend ein.

Wärmewirkungen.

Wenn Becquerelstrahlen absorbiert werden, so mufs, da Energie nicht verloren gehen kann, eine Umwandlung dieser Energie stattfinden. So wird denn unter anderem hierbei auch Wärme erzeugt. Beim Einbringen eines Thermometers in eine 0,7 g Radiumbromid enthaltende Glasflasche beobachtete Giesel das Ansteigen des Thermometers um 5° gegen die Temperatur der Umgebung. Auf dieser Höhe hielt sich die Temperatur dauernd. Schon früher hatte P. Curie die Wärmewirkung des Radiums in viel exakterer Weise im Eiskalorimeter gemessen und aus seinen Beobachtungen berechnet, dafs 1 g Radiumsalz in der Stunde ca. 100 kleine Kalorien entwickeln würde.

Physiologische Wirkungen*).

Die lichtspendende Kraft der radioaktiven Substanzen und ihre Fähigkeit organische Gebilde zu verändern befähigt sie auch zu Einflüssen auf den tierischen Organismus, die es nahe legten, die neuen Körper vom Gesichtspunkt der praktischen Medizin zu prüfen. Diese physiologischen Eigenschaften ähneln in vielen Beziehungen denen der Röntgenstrahlen, welche sie sogar an Wirksamkeit in mancher Hinsicht übertreffen. Was man aber von der Heilkraft der genannten Salze nach den bisherigen Erfahrungen zu halten hat, mag aus den kurz wiederzugebenden Forschungen auf diesem Gebiet erhellen.

Bekanntlich bewirken Röntgenstrahlen im Auge einen schwachen Lichteindruck. Ein ähnlicher Effekt und zwar von erheblich stärkerer Art kommt auch den β-Strahlen des Radium zu. Diese von Giesel zuerst beobachtet und von Himstädt und Nagel sowie Crzellitzer näher studierte Tatsache hat bei Einigen die Hoffnung erweckt, dafs es möglich sein könnte, das blinde Auge mit Hilfe der Radiumstrahlen sehend zu machen. Indessen haben die Studien der genannten Autoren diese Erwartung zu nichte gemacht.

Der Lichteindruck, welchen das Radium auf das Auge hervorruft, ist eine diffuse Helligkeit, die man vergleichen könnte mit demjenigen Sehen, das man empfindet, wenn man mit leicht geschlossenen Augen aus einem dunklen in einen hell erleuchteten Raum tritt. Er wird dadurch erzeugt, dafs sämtliche Medien des Auges unter dem Einflufs des Radium zu phosphoreszieren beginnen. Sowohl die Hornhaut, als die Linse, und noch stärker der Glaskörper nehmen an dieser Erscheinung teil, wahrscheinlich auch die Netzhaut. Die Wirkung ist aber eine andere als bei den Röntgenstrahlen, welche auf die Netzhaut allein einwirken. Sie erreicht bei reinem Radiumsalz

---

*) Für die Durchsicht und Ergänzung dieses Kapitels ist der Verfasser Herrn Dr. F. Karewski zu bestem Danke verpflichtet.

eine solche Intensität, dafs sie schon auf mehrere Dezimeter eintritt, so dafs sie z. B. auch bei der Annäherung des Salzes an den Hinterkopf zu Stande kommt, also gänzlich ohne Vermittelung des optischen Apparats des Auges.

Es unterliegt nun keinem Zweifel, dafs die Lichtwirkung auch bei Blinden erzielt werden kann, sofern der eigentliche Sehapparat nicht zerstört ist. Dagegen erscheint ausgeschlossen, dafs man die Erscheinung benutzen kann, um diesen Unglücklichen mit Hilfe der Becquerelstrahlen Gegenstände sichtbar zu machen. Es ist nicht möglich ein Bild zu erzeugen, weil das die Brechbarkeit der Lichtquelle, die ja den Radiumstrahlen fehlt, zur Voraussetzung hätte. Eine Refraktion findet nicht statt. Ferner aber werden die Strahlen doch nur sensibel, weil sie vermöge der Fluoreszenz der Medien, eine diffuse Helligkeit bewirken, die in allen Teilen des Auges sich geltend macht, und nicht wie die optischen Strahlen ausschliefslich in der Stäbchen- und Zapfenschicht der Netzhaut percipiert werden, während alle übrigen Teile des Auges gegenüber Lichtstrahlen absolut unempfindlich sind. Also das blinde Auge kann mit Hilfe des Radiums nur einen diffusen Lichtschein wie das sehende Auge wahrnehmen, keine Schatten, demnach keine Bilder, keine distinkten Empfindungen.

Die physiologische Wirkung auf die Haut, welche die vom Radium ausgehenden Strahlen erzeugt, gleicht den bei der Röntgenbestrahlung bekannt gewordenen durchaus, nur macht sie sich in heftigerer Weise bemerkbar. Fixiert man ein mäfsig starkes Radiumpräparat, das man in einer nach aufsen durch eine dünne Glimmerplatte abgeschlofsenen Kautschuckkapsel eingehüllt hat, auf der Haut, so genügt eine kurz dauernde (4—5 Minuten Scholtz) Einwirkung um nach 2—3 Wochen Haarausfall zu veranlassen, während intensivere (10—15 Minuten Scholtz) Bestrahlung innerhalb der gleichen Frist eine lebhafte Dermatitis, Blasenbildung und Excoriation, noch länger währende (20—30 Minuten Scholtz) sogar eine tiefe in die Bindegewebe reichende Ulceration zur Folge hat.

Die histologischen Veränderungen, welche Halkin und Scholtz feststellten, entsprechen ganz den Vorgängen wie man sie bei Röntgenbestrahlung gefunden hat. Nur treten dieselben intensiver in die Erscheinung. Das zeigt sich schon darin, dafs die sichtbaren makroskopischen Veränderungen, welche bei Röntgenstrahlen stets erst nach ca. 14 Tagen bemerkt werden, nur äufserst selten sich unmittelbar nach der Bestrahlung in der Form einer leichten Erythems („Vorreaktion“ Holzknechts) manifestieren, beim Radium schon nach 20 Stunden beobachtet werden und diese Reaktion sich mikroskopisch in einer deutlichen Erweiterung der Gefäfse des Papillarkörpers nachweisen läfst.

Diese so schnell auftretende Verbrennung der Oberhaut ist analog dem durch starken Sonnenbrand veranlafsten Erythem, stellt also eine reine, den Röntgenstrahlen nicht anhaftende Lichtwirkung dar.

Neben dieser gefäfserweiternden Eigenschaft der „radiogenen Entzündung“, die übrigens zuerst Becquerel selbst in einer sehr unangenehmen Weise am eigenen Körper erfahren hat, kommt für die Effekte derselben eine zweite neuerdings von Schwarz entdeckte in Betracht, welche zugleich eine überraschende Aufklärung über das Zustandekommen der Gewebsveränderung gewährt. Schwarz machte Versuche mit frischen Hühnereiern, welche er durch eine passende Versuchsanordnung der Beeinflussung durch Radiumsalze aussetzte. Er fand 1. dafs die Kalkschale eine leicht graue Verfärbung dauerhafter Natur annahm, 2. die Schalenhaut unverändert blieb, 3. in dem Dotter eine Häutchenbildung zu Stande kam, 4. in dem Dotter eine etwa 3 cm im Durchmesser betragende Stelle dunkler wurde und 5. diese Stelle eine starrere Konsistenz als die Umgebung zeigte und deutlich nach zersetztem Lecithin schmeckte. Weitere Untersuchungen ergaben ihm nun, dafs die Veränderung der Kalkschale analog den schon von C. Giesel beobachteten Zerstörungen ist, die das Papier erleidet, in welchen Radiumpräparate längere Zeit aufbewahrt werden. Auch dieses wird brüchig, nimmt ein braunes Kolorit

an und verliert an Festigkeit. Viel wichtiger erscheint die Umsetzung des Lecithins, das bekanntlich im Farbstoff des Eidotters enthalten ist. Ohne dafs dasselbe in Fäulnis übergeht, wird es dennoch durch Radiumstrahlen chemisch zersetzt. Da nun Lecithin nach Hoppe-Seyler gerade in entwickelungsfähigen oder in Entwickelung begriffenen Zellen, so z. B. in der Papillarschicht der stetig sich regenerierenden Haut, in den Haarwurzeln vorkommt, ist durch die Experimente von Schwarz für den mächtigen Einflufs der Radiumstrahlen auf die äufseren Bedeckungen wichtiges Verständnis gefunden. Die Versuche sind aber auch besonders beachtenswert in Bezug auf die therapeutische Verwendung der neuen Substanz bei pathologischen schnell wachsenden Geschwülsten, die gleichfalls überaus lecithinreich sind.

Schiefslich aber nicht an letzter Stelle sei der Fähigkeit der Radiumstrahlen Bakterien abzutöten erwähnt.

Aschkinass und Caspari zeigten zuerst, dafs die α-Strahlen des Radiums die Entwickelung der Bakterien hemmen, und Pfeiffer und Friedberger, die diesen Gegenstand weiter verfolgten, wiesen die bakterizide Wirkung dieser Strahlen sowohl für saprophytische wie für pathogene Mikroben nach. Ganz neuerdings hat W. Scholtz gezeigt, dafs auch die durchdringenden Strahlen des Radiums, wenn auch nur die leichter absorbierbaren derselben, noch eine Abtötung von Typhusbazillen hervorzurufen vermögen. In Bezug auf die bakterizide Wirkung gleichen also die Becquerelstrahlen den ultravioletten Lichtstrahlen und beide ergänzen sich gegenseitig. Ist die Wirkung der letzteren eine stärkere, so vermögen andererseits erstere tiefer einzudringen.

Somit haben die Radiumstrahlen aufser einer dilatierenden Wirkung auf die Gefäfse, eine elektive auf die Zellen rasch wachsender Gewebe, und eine bakterizide Eigenschaft, drei Kräfte, die wir als mächtige therapeutische Faktoren kennen. Zellige Neubildungen und infektiöse Prozesse der Haut, also Karzinom, Sarkom und Lupus kommen vor allen Dingen für

die Heilversuche in Betracht, auch könnte das Salz als Depilatorium zur Zerstörung von an abnormer Stelle gewachsenen Haaren benutzt werden. Indessen steht gerade der letzteren Verwendung die intensive Tiefenwirkung entgegen, die zwar den Haarwuchs dauernd beseitigt aber gleichzeitig die Gefahr ulceröser Veränderungen in dem subkutanen Bindegewebe mit sich bringt, also an Stelle der Hypertrichosis entstellende Narben setzen würde. Somit trägt die therapeutische Anwendung der Radiumstrahlen die auch bei Röntgenbehandlung jener Affektion beobachteten Nachteile in potenzierter Weise an sich, und dürfte schon aus diesem Grunde kaum in Erwägung gezogen werden.

Auf der anderen Seite hat die Fähigkeit der Radiumstrahlen, dünnere oder dickere Epithelschichten zu durchdringen, um in der Tiefe der Haut ihre Wirkung zu entfalten grofse Vorteile für den Gebrauch bei den anderen oben genannten Krankheiten. Scholtz hat mit dem ihm zur Verfügung stehenden Präparat erwiesen, dafs die bakterizide Kraft die Dicke von ein bis zwei Kaninchenohren durchdringt, und hält es nicht für ausgeschlossen, dafs die Penetrationskraft der Radiumstrahlen grofs genug sei, um auch bei einer Applikationszeit, welche Entstehung von Geschwüren vermeidet, eine Heilwirkung zu erzielen, die vielleicht in eine gewisse Konkurrenz mit der Finsentherapie bei Lupus treten könnte. Indessen steht ein endgiltiges Urteil noch aus.

Das Gleiche ist bei bösartigen Tumoren der Fall. Sicherlich kann man kleine Hautcancroide mit dem neuen Mittel zur Heilung bringen. In dieser Beziehung gleicht dasselbe durchaus den Röntgenstrahlen — wie den vielen anderen Methoden, welche dieser benignesten aller Krebsformen den Garaus zu machen vermögen. Aber bei allen anderen deratigen Geschwülsten ist die äufserste Skepsis geboten. Man erzielt zwar lokale Besserungen in Gestalt von Schrumpfungen und günstiger Beeinflussung von Schmerzen, kann aber dem Fortrücken in die Tiefe ebensowenig Einhalt gebieten wie der Entwickelung von Metastasen an anderen Stellen. Auch hat

man schon bei der Röntgenbehandlung hin und wieder rapiden jauchigen Zerfall der Geschwulstmassen erlebt, um wie viel mehr wird man bei den so gewaltsam wirkenden radioaktiven Substanzen dasselbe unerwünschte Ereignis befürchten müssen.

Einen Vorzug hat jedenfalls die Verwendung der Becquerelstrahlen gegenüber den Röntgen- und ultravioletten Lichtstrahlen. Man kann die Stoffe, welche jene hervorrufen, überaus bequem und ohne kostspielige, komplizierte, nicht überall zu beschaffende Apparate leicht an den gewünschten Platz bringen. Man kann sie in allen Körperhöhlen applizieren, und bei aller gebotenen Vorsicht, mit welcher man namentlich auch durch vorgängige Tierversuche den Grad der Einwirkung zu studieren hat, scheint ein derartiges therapeutisches Vorgehen nach vielen Richtungen nicht aussichtlos zu sein.

Mit Rücksicht darauf, dafs der experimentierende Arzt das kostbare Radiumpräparat einerseits in stabilen Gefäfschen aufzubewahren genötigt ist, die aufserdem gut desinfizierbar und vor allen Dingen möglichst durchdringbar auch für die leichter absorbierbaren Strahlen sein müssen, dürfte es vielleicht empfehlenswert sein die bisher meist angewendeten Glasröhrchen oder mit Glimmerplättchen verschlossenen Guttaperchakapseln durch Aluminiumröhrchen zu ersetzen.

Um zum Schlufs die Heftigkeit der physiologischen Wirkungen der Becquerelstrahlen noch nach einer anderen Richtung zu illustrieren, sei erwähnt, dafs nach einer mehrfach von anderen Autoren bestätigten Beobachtung London's Mäuse, welche längere Zeit diesen Strahlen ausgesetzt werden, nach einigen Tagen unter Lähmungserscheinungen zu Grunde gehen.

Die Emanation.

Aufser den bisher besprochenen Strahlen senden gewisse radioaktive Substanzen noch etwas in seiner Wirkung jenen Strahlen ähnliches aus, das sich von der aktiven Substanz aus wie ein ausströmendes Gas verbreitet und von seinem

Entdecker Rutherford den Namen „Emanation“ erhielt. Sie wurde zuerst am Thorium beobachtet, findet sich aber viel stärker entwickelt beim Radium, während sie dem Radiotellur abgeht. Neuerdings hat Giesel in der Pechblende eine dem Lanthan nahe stehende, noch nicht näher beschriebene Erde aufgefunden, welche in stärkstem Mafse Emanation aussendet.

Während die Becquerelstrahlen geradlienig und mit grofser Geschwindigkeit von der Strahlungsquelle ausgesandt werden, verbreitet sich die Emanation verhältnismäfsig langsam, wie ein diffundierendes Gas in dem Raum, in welchem sich die

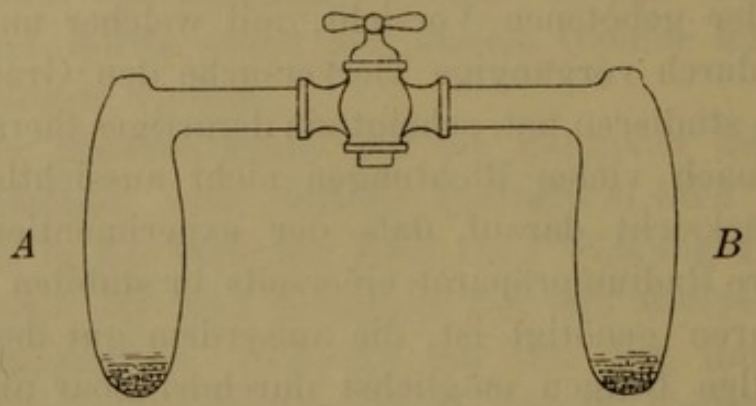


Fig. 3.

aktive Substanz befindet. Sie diffundiert durch poröse Stoffe, wie Filtrierpapier hindurch, vermag aber dichte Scheidewände, wie Celluloid oder Glimmer, selbst in feinster Schicht nicht zu durchdringen. Die Emanation ruft, wie die Becquerelstrahlen, Phosphoreszenz und Ionisation hervor und wirkt auf die photographische Platte.

Der Unterschied zwischen der Emanation und der Strahlung wird vielleicht am deutlichsten durch die Beschreibung des folgenden Versuches illustriert, der von Goldstein angegeben worden ist. Zwei Glasgefäfse *A* und *B* (Fig. 3), deren ersteres den emanierenden Stoff, letzteres etwas Zinkblende enthält, sind durch ein mittelst eines Hahnes absperrbares Glasrohr verbunden. Die Gefäfse sind evakuiert. Wird nun durch den Hahn die Verbindung von *A* zu *B* hergestellt, so leuchtet *B* auf und erlischt, wenn die Verbindung aufgehoben wird. Ist schon bei der vorliegenden Einrichtung des Apparates

völlig ausgeschlossen, dafs die von der radioaktiven Substanz in *A* ausgesandten Strahlen die Blende in *B* treffen könnten, so tritt der Charakter der Emanation als diffundierendes Gas noch deutlicher hervor, wenn man die Entfernung der beiden Gefäfse sehr grofs wählt. Beträgt nämlich diese Entfernung mehrere Decimeter, so tritt das Aufleuchten der Blende beim Öffnen des Hahnes nicht sofort ein, sondern es vergeht eine gewisse Zeit, wenn diese auch nur Bruchteile einer Sekunde beträgt.

Die Emanation wird von Gasen, welche über den emanierenden Stoff hinwegstreichen, mitgeführt. Man kann sie daher fortblasen. Bringt man in Filtrierpapier gewickeltes Radiumsalz in ein Rohr und bläst Luft darüber hin, so kann man einen am Ende des Rohres befindlichen Zinkblendeschirm aufleuchten sehen.

Die Frage, ob nun die Emanation wirklich ein Gas ist, welches den emanierenden Stoffen entströmt, ist zwar noch nicht mit Sicherheit zu beantworten, immerhin aber spricht mancherlei für diese Annahme. Freilich würde es sich um unwägbare Mengen von Substanz handeln. Ein solches Gas müfste ähnlich dem Argon und Helium völlig indifferent sein, denn die Emanation läfst sich durch chemische Reagentien nicht entfernen. Durch Abkühlung mit flüssiger Luft gelingt es, die Emanation zu kondensieren, denn diese vermag ein in flüssige Luft getauchtes Rohr nicht zu passieren.

Auch wässerige Lösungen der radioaktiven Salze senden die Emanation aus. Eine frisch bereitete Radiumsalzlösung tut dies in höherem Mafse als eine ältere. Überhaupt ist die frische Lösung stärker radioaktiv. Sie schwächt sich schon im Verlaufe von einigen Stunden sehr stark und erreicht schliefslich ein Minimum. Dampft man eine solche Lösung ab, so ist auch die Aktivität des Rückstandes sehr geschwächt und das trockene Salz erreicht erst im Verlaufe von 1 bis 2 Wochen wieder seine volle Stärke. Destilliert man das Wasser von einer Radiumsalzlösung ab, so ist dieses anfänglich stark aktiv, verliert aber die Aktivität sehr schnell.

Die Emanation selbst verliert sehr schnell ihre Aktivität, hat aber die Eigenschaft, alle Gegenstände, mit denen sie in Berührung kommt, vorübergehend zu aktivieren. So aktivierte Gegenstände nennt man „induziert“ aktiv. Läfst man also eine Metallplatte in einer geringen Entfernung von einem offenliegenden Radiumpräparat verweilen, so nimmt das Metall selbst vorübergehend die Eigenschaft an, Becquerelstrahlen auszusenden. Induzierte Aktivität kann man noch viele Stunden nachher, wenn auch sehr geschwächt, an dem Metall nachweisen. Behandelt man so aktiviertes Metall mit einer starken Säure, so wird ihm die Aktivität genommen und läfst sich nunmehr in der Lösung nachweisen.

Noch stärker lassen sich Metalle durch Eintauchen in frisch bereitete Radiumsalzlösung aktivieren. Während aber die Stärke der Induktion bei dem ersteren Verfahren von der Natur des Metalles unabhängig ist, hängt sie im letzteren Falle von der Stellung des Metalles in der Spannungsreihe ab. Die unedlen Metalle werden am stärksten aktiv. Ähnlich erhält man induziert aktive Stoffe, wenn man solche aus Auflösungen, die zugleich radioaktive Salze enthalten, niederschlägt, auch wenn der Niederschlag frei von dem ursprünglich aktiven Stoffe bleibt. Auch in diesem Falle hängt die Induzierbarkeit von der Natur des Niederschlages ab.

Endlich kann man die Induktion von Metallen durch eine in der Nähe befindliche, unverschlossene, emanierende Substanz dadurch verstärken, dafs man das Metall mit negativer Elektrizität belädt, die radioaktive Substanz dagegen mit positiver. Die Emanation wird nämlich von negativ elektrisierten Körpern angezogen, von positiv elektrisierten abgestofsen.

Die radioaktive Substanz der Luft.

Elster und Geitel haben gezeigt, dafs die atmosphärische Luft stets, wenn auch in sehr beschränktem Mafse, ionisiert ist; denn sie ist stets ein wenig Leiter der Elektrizität.

Man könnte nun daran denken, dafs die Erscheinung auf einen geringen Gehalt der Atmosphäre an einem radioaktiven Stoffe zurückzuführen sei. Hierbei kommen selbstverständlich die gänzlich unflüchtigen Substanzen, wie Radium, Radiotellur usw., nicht in Betracht. Nun ist zwar in neuerer Zeit nachgewiesen worden, [dafs auch altbekannte Verbindungen, die in der Luft enthalten sein können, wie Wasserstoffsuperoxyd und besonders, nach Beobachtungen von Richarz und Schenk, Ozon nicht unbeträchtlich radioaktiv sind, aber der im allgemeinen gar nicht nachweisbare Gehalt der Atmosphäre an diesen Stoffen kann nicht die Ursache der Leitfähigkeit der Luft sein. Eine Beobachtung nun, die Elster und Geitel machten, deutet darauf hin, dafs die Emanation der radioaktiven Stoffe oder etwas dem Ähnliches in der Luft unserer Atmosphäre enthalten ist. Sie spannten einen 20 m langen Kupferdraht in der freien Luft aus, den sie auf ein hohes negatives Potential luden. Nach einigen Stunden zeigte sich dieser Draht sehr deutlich radioaktiv. Das aktive Agens liefs sich von diesem Draht mit einem Lederlappen herunterwischen, der nun seinerseits aktiv wirkte. Nach einigen Stunden verlor sich die Aktivität wieder.

Die Ionisation der atmophärischen Luft ist von den klimatischen Verhältnissen abhängig. Sie nimmt z. B. von der Nordseeküste nach den Alpen hin zu, um dort einen aufserordentlich hohen Betrag zu erreichen.

Es entstand nun die Frage, wie die Emanation in die Luft gelangt, und es lag nahe, anzunehmen, dafs der Erdboden äufserst geringe Menge radioaktiver Subtanzen enthalte. Dafür sprach zunächst die Beobachtung, dafs Luft, welche dem Erdboden entnommen wird, an Emanation reicher ist als die freie, atmosphärische Luft. Man fand ferner im Quellwasser beträchtliche Mengen der Emanation auf und besonders reich an ihr sind, wie Himstedt gezeigt hat, gewisse Thermalquellen. Diese Tatsache ist vielleicht von Bedeutung für die Therapie, weil sie geeignet sein könnte, eine Erklärung dafür zu geben, weshalb sich die therapeutische

Wirkung von Mineralwässern, an der Quelle getrunken, von derjenigen versandter oder auch künstlich hergestellter Wässer unterscheidet. Denn selbstverständlich verliert sich die Emanation sehr schnell auch aus den verschlossen aufbewahrten Wässern.

Ganz neuerdings haben Elster und Geitel nun versucht, die vermutete, radioaktive Substanz des Erdbodens nachzuweisen. Sie fanden in der Tat bei Untersuchungen des Tonbodens in der Nähe von Clausthal eine deutlich nachweisbare Radioaktivität, doch gelang es zunächst nicht, auf analytischem Wege den radioaktiven Bestandteil anzureichern. Besseren Erfolg hatten sie bei der Untersuchung eines mineralischen Schlammes, der schon lange für Heilzwecke Verwendung findet, des Fango. Dieser ist etwa drei- bis viermal stärker radioaktiv, wie die früher untersuchten Tone.

Die genannten Forscher lösten die mineralischen Bestandteile des Schlammes in Salzsäure, versetzten die Lösung mit etwas Baryumchlorid und dann mit Schwefelsäure. Das so gefällte Baryumsulfat war mehr als hundertmal stärker radioaktiv, als der Fango selbst und verhielt sich ganz wie ein schwach radiumhaltiges Salz. Darnach scheint es in der Tat, als ob der Fango Spuren von Radium enthält und das Gleiche dürfte dann in gewissem Grade allgemein für die Erdrinde gelten. Freilich ist an eine Gewinnung des Radiums aus solchen Stoffen nicht zu denken. Schätzen doch Elster und Geitel, dafs 1 g Radium in mehr als 1000 t Fango enthalten sein dürfte.

Theorie der Radioaktivität.

Seit der Entdeckung der Becquerelstrahlen hat die Frage das höchste Interesse beansprucht, wie die beobachteten Erscheinungen mit dem so wohlbegründeten Gesetze von der Erhaltung der Energie zu vereinbaren sind. Senden doch die radioaktiven Substanzen anscheinend unerschöpflich ihre Strahlen aus, ohne dafs ihnen neue Energie zugeführt würde.

Eine recht plausible Hypothese zur Erklärung dieser Tatsache haben die Curies aufgestellt. Sie stellen sich vor, dafs im Weltenraum Strahlen noch unbekannter Art existieren, welche alle Körper aufser den radioaktiven zu durchdringen vermögen, von letzteren aber absorbiert und in Form von Becquerelstrahlen wieder ausgesandt werden.

Eine andere Hypothese wurde zuerst von Elster und Geitel in Erwägung gezogen. Man kann sich vorstellen, dafs chemische Energie die Quelle der Becquerelstrahlung ist, welche auftritt, indem labile Elementaratome in stabile übergehen. Die radioaktiven Stoffe wären dann also in einer beständigen Umwandlung in inaktive Materie von anderen elementaren Eigenschaften begriffen. Die Umwandlung müfste so langsam vor sich gehen, dafs Zeitgröfsen wie diejenigen, mit denen die Geologie rechnet, erforderlich wären, um Veränderungen zu bewirken, welche durch Wägung nachweisbar wären. Diese Hypothese setzt also die Umwandelbarkeit von Elementen voraus. Eine solche Vorstellung bietet für die Chemiker und Physiker insofern keine unüberwindliche Schwierigkeit, als schon das periodische System der Elemente Anlafs geboten hat, die Möglichkeit zu erwägen, dafs die Elemente aus einfacherer Urmaterie zusammengesetzt und also auch in einander überführbar sein könnten. Durch eine ganz neue Beobachtung Ramsays, die freilich noch des näheren Studiums bedarf, hat diese Hypothese sehr an Bedeutung gewonnen. Er untersuchte das Gas, welches sich beim Auflösen des Radiumbromids in Wasser entwickelt, und erhielt nach Entfernung des Wasserstoffs und Sauerstoffs einen äufserst geringen, radioaktiven Rückstand, der ähnlich den sogenannten Edelgasen, Argon usw., chemisch unangreifbar war, die Emanation. Bei der Prüfung des Spektrums dieses Gases zeigten sich nun anfangs keine bekannten Linien, im Laufe von mehreren Tagen aber treten mehr und mehr die Heliumlinien auf, bis schliefslich das reine Heliumspektrum vorlag. Ramsay deutet diese Beobachtung so, dafs das Radium unter

Bildung eines neuen Stoffes, der Emanation, zerfällt, welche dann ihrerseits in Helium übergeht.

Wenn auch zur Zeit der innere Zusammenhang der im vorstehenden beschriebenen Erscheinungen vielfach noch dunkel ist, so dürfte doch der Leser den Eindruck gewonnen haben, dafs die Entdeckung der Becquerelstrahlen und der radioaktiven Stoffe von der höchsten Bedeutung für die Entwicklung weiter Gebiete der Naturforschung zu werden verspricht.

Druck von Leonhard Simion Nf. in Berlin SW.

Von der

Modernen ärztlichen Bibliothek

sind erschienen:

Heft 1. Prof. Dr. A. von Korányi, Budapest: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Kryoskopie in ihrer klinischen Anwendung.

Heft 2. Dr. Albers-Schönberg, Hamburg: Wert der Röntgenuntersuchung für die innere Medizin.

Heft 3. Prof. Dr. W. Freund, Berlin: Über Neurasthenia hysterica und die Hysterie der Frau.

Heft 4/5. Prof. Dr. Straufs, Berlin: Bedeutung der Kryoskopie für die Diagnose und Therapie von Nierenerkrankungen.

Heft 6. Dr. Beyer, Dresden: Über die Verwendung kolloidaler Metalle (Silber und Quecksilber) in der Medizin.

Heft 7. Prof. Dr. Markwald, Berlin: Über Becquerelstrahlen und radioaktive Substanzen.

Heft 8. Prof. Dr. Spies, Posen: Die Erzeugung und die physikalischen Eigenschaften der Röntgenstrahlen.

Im Jahre 1904 werden ferner folgende Hefte ausgegeben:

Dr. Loewenhardt, Breslau: Verwertung der elektrischen Leitfähigkeit für die Diagnostik, speziell bei Nierenkrankheiten.

Priv.-Doz. Dr. Neuberg, Berlin: Neue Methoden der chemischen Harnuntersuchung.

Dr. Carl Oppenheimer, Berlin: Bedeutung der Fermente für den Stoffwechsel.

Prof. Dr. Sandmeyer, Berlin: Zweckmäfsigste Ernährung der Diabetiker.

Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Ehrlich, Frankfurt a. M.,
Dr. Morgenroth, Frankfurt a. M.,
Dr. Sachs, Frankfurt a. M.:
} Aus dem Gebiete der Serumforschung. (Baktericide und antitoxische Substanzen.)

Prof. Dr. Wassermann, Berlin: Praktisch wichtige Ergebnisse der neuen biologischen Forschungen.

Dr. Carl Bruck, Berlin: Wesen, Bedeutung und experimentelle Stützen der Ehrlichschen Seitenkettentheorie.

Stabsarzt Dr. Hetsch, Berlin: Die Grundlagen der Serodiagnostik und deren Bedeutung für den Praktiker.

Prof. Dr. Homén, Helsingfors: Über den Einflufs der Bakterientoxine auf die verschiedenen Gewebe des menschlichen Organismus.

Prof. Dr. Proskauer, Berlin: Wasser als Krankheitserreger.

COUNTWAY LIBRARY OF MEDICINE
QC
721
M33
RARE BOOKS DEPARTMENT

Oberstabsarzt Dr. Martini, Berlin: Insekten als Krankheitsübertrager.

Geh. Rat Prof. Dr. Dönitz, Berlin: Prophylaxe bei Infektionskrankheiten.

Dr. Blaschko, Berlin: Prophylaxe der Geschlechtskrankheiten.

Prof. Dr. Tavel, Bern: Wundinfektion und deren Prophylaxe.

Geh. Rat Prof. Dr. Loeffler, Greifswald: Tuberkulose und Perlsucht.

Prof. Dr. H. Rosin, Berlin: Cytodiagnostik des Blutes und anderer Körperflüssigkeiten.

Prof. Dr. Beck, New York: Wert der Röntgenuntersuchung für die Chirurgie.

Priv.-Doz. Dr. Jensen, Breslau: Physiologische Einwirkungen des Lichtes auf den menschlichen Organismus.

Prof. Dr. Lang, Wien: Finsentherapie.

Geh. Med. Rat Prof. Dr. Brieger, Berlin,
Dr. Martin Meyer, Berlin: } Licht als Heilmittel.

Geh. Med. Rat Prof. Dr. Brieger, Berlin,
Dr. Laqueur, Berlin: } Moderne Hydrotherapie.

Prof. Dr. Jacob, Berlin: Wissenschaftliche Grundlagen der Mechanotherapie.

Priv.-Doz. Dr. Magnus-Levy, Berlin: Organtherapie.

Prof. Dr. Löwy, Berlin: Sauerstofftherapie.

Prof. Dr. Bier, Bonn: Lokale Hyperämie als Heilmittel.

Priv.-Doz. Dr. Rothmann, Berlin: Neue Entdeckungen auf dem Gebiete der Gehirn- und Rückenmarksanatomie und deren Bedeutung für die Pathologie der Nervenkrankheiten.

Prof. Dr. Mendel, Berlin: Progressive Paralyse der Irren.

Geh. Med. Rat Prof. Dr. Eulenburg, Berlin: Hysterie des Kindes.

Dr. A. Moll, Berlin: Sexuelle Perversionen und Geisteskrankheit.

Prof. Dr. Rosenheim, Berlin: Neue Untersuchungsmethoden bei Erkrankungen des Magendarmkanals.

Dr. J. Boas, Berlin: Anzeigen und Grenzen für chirurgische Eingriffe am Magen.

Dr. H. v. Schrötter-Kristelli, Wien: Bronchioskopie.

Dr. Karewski, Berlin: Anzeigen und Grenzen für chirurgische Eingriffe an der Lunge.

Prof. Dr. A. Baginsky, Berlin: Aufgaben des Schularztes.

Justizrat Sello, Berlin: Die juristische Verantwortlichkeit des Arztes.

Reichstagsabgeordneter Dr. Mugdan, Berlin: Die Stellung der Ärzte zur sozialpolitischen Gesetzgebung.

Dr. L. Feilchenfeld, Berlin: Für den Praktiker wichtige Fragen aus dem Versicherungswesen.

DRUCK VON LEONHARD SIMION NF., BERLIN SW.

COUNTWAY LIBRARY OF MEDICINE
QC