© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Mittheilungen

über

einige im Physikalischen Staats-Laboratorium ausgeführte Versuche mit Röntgenstrahlen.

Mit 7 Tafeln.

Von

A. Voller.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nachdem die Röntgen'sche Entdeckung einer neuen Art von Strahlen zu Anfang des Jahres 1896 bekannt geworden war, gelang es in unserem Institute sehr bald unter Benutzung vorhandener Hittorf'scher Röhren diese Strahlen hervorzurufen und die von Röntgen beschriebenen merkwürdigen Wirkungen derselben zu beobachten. [1]) Es wurden namentlich bald photographische Aufnahmen des Innern menschlicher Organe sowie thierischer Körper und dergl. erhalten. Das grosse Interesse, welches insbesondere die ärztlichen Kreise der letzterwähnten Anwendung der neuen Entdeckung entgegenbrachten, äusserte sich sofort und bis jetzt fortdauernd in zahlreichen Wünschen nach photographischer Aufnahme des Innern von Körpertheilen zu diagnostischen Zwecken. Es sind bisher etwa 100 Aufnahmen auf ärztlichen Wunsch ausgeführt worden.

Unser Laboratorium hat allen von den Aerzten geäusserten Wünschen soweit wie möglich zu entsprechen gesucht, obgleich dies namentlich Anfangs zu vielen vergeblichen Versuchen führen musste. Denn die Bedingungen unter denen brauchbare Aufnahmen des Innern besonders stärkerer Körpertheile erhalten werden können, wurden erst nach und nach genauer bekannt. In der ersten Zeit war es z. B. sehr schwierig, brauchbare Röhren zu erhalten, namentlich auch solche, die während längerer Zeit ihre Brauchbarkeit behielten; die verschiedenartigsten Formen und Modificationen, aus fast allen uns bekannten Bezugsquellen entnommen, erwiesen sich in diesem Punkte nicht wesentlich von einander verschieden. In sehr vielen Fällen erwies sich die Evacuirung der Röhren als ungenügend, so dass letztere oft nur während weniger Minuten Röntgen'sche Strahlen aussandten, dann aber das für die ungenügende Evacuirung characteristische weissliche Licht zu zeigen begannen und sodann vollständig versagten. Das weitere Verhalten derartiger Röhren war oft sehr merkwürdig und verschiedenartig. In manchen Fällen blieben dieselben dauernd unwirksam; in anderen Fällen besserten sie sich während mehrwöchentlichen ruhigen Liegens oft in ganz überraschender Weise, so dass einige solcher Röhren, die unmittelbar nach der Ablieferung ganz unwirksam waren, später längere Zeit hindurch sehr gute Resultate

[1]) Sämmtliche im Folgenden erwähnte Arbeiten wurden gemeinsam von dem Berichterstatter und den Herren Dr. Classen und Dr. Walter ausgeführt; der letztere hat insbesondere die Beobachtungen optischer Natur angestellt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ergaben. Es ist wohl anzunehmen, dass in den letzteren Fällen eine allmähliche Absorption eines erheblichen Theiles der noch in den Röhren vorhandenen Luft durch die Glaswand eingetreten war; doch ist es uns bisher nicht möglich gewesen, diese Vermuthung durch direkten Nachweis zu bestätigen.

Die während der ersten Zeit noch nicht beseitigte Unzuverlässigkeit vieler der im evacuirten Zustande gelieferten Röhren führte uns dazu, die Röhren in steter Verbindung mit der Quecksilberluftpumpe zu lassen und sie während der Benutzung zum Zwecke der Aufnahme von Körpertheilen dauernd zu evacuiren, obgleich obiges Verfahren vielfache Unbequemlichkeiten mit sich brachte. Es wurde dazu anfänglich eine Geissler'sche Pumpe benutzt; später erhielten wir noch eine selbstthätige Neesen'sche Pumpe; beide haben uns gute Dienste geleistet. Erst seitdem in den letzten Monaten die Herstellung gut evacuirter Röhren durch die Glastechniker bedeutende Fortschritte gemacht hat und namentlich seitdem die mit Platinspiegel versehenen sogen. Focusröhren hergestellt worden sind, ist die dauernde Evacuirung der Röhren durch die Pumpen nicht mehr erforderlich. Die Wirksamkeit dieser neueren Röhren ist eine so wesentlich bessere als die der ursprünglich vorhandenen, dass die Benutzung der Röntgen'schen Strahlen insbesondere zu medicinisch-photographischen Aufnahmen dadurch in hohem Grade erleichtert worden ist. Insbesondere hat auch die Schärfe der erhaltenen Bilder sowie die Wiedergabe der Details, z. B. der Structur der Knochen, der Grösse, Form und Lage eingedrungener Fremdkörper und dergl., erheblich gewonnen, während zugleich die zur Erzielung guter Aufnahmen erforderliche Zeit sehr viel kürzer geworden ist. So sind z. B. zur scharfen Aufnahme der Hände in der Regel nur zwei Minuten erforderlich; für weniger detaillirte Aufnahmen, z. B. zur Entdeckung von Fremdkörpern, genügt ein kürzerer Zeitraum. Stärkere Körpertheile erfordern je nachdem 10 bis 30 Minuten. Auch sind wenigstens Anfänge der Wiedergabe anderer innerer Organe als der Knochen erreicht worden, obgleich diese für die praktische Medicin ohne Zweifel besonders wichtige Aufgabe auch gegenwärtig noch weit von einer befriedigenden Lösung entfernt ist.

Zur Illustration der augenblicklichen Leistungsfähigkeit der Röntgen'schen Aufnahmen des Innern von Körpertheilen mit Rücksicht auf Schärfe der Zeichnung, z. B. der Knochenstructur, Abbildbarkeit starker Körpertheile, Dauer der Aufnahmen u. dgl. mögen die Tafeln I—III dienen, welche keiner weiteren Erläuterung bedürfen. Indess möge bemerkt werden, dass die Positiv-Abdrücke leider niemals im Stande sind, die Feinheit der Zeichnungen und den Reichthum der Contraste in den Original-Negativen völlig wiederzugeben.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Von geringer praktischer Bedeutung hat sich nach unseren bisherigen Erfahrungen die Verwendung fluorescirender Schirme bei photographischen Aufnahmen erwiesen.

Der Gedanke, die photographische Wirkung der X-Strahlen durch die Wirkung des von ihnen hervorgerufenen Fluoreszenzlichtes zu verstärken, leitete uns schon bei unseren ersten, bald nach dem Bekanntwerden der Röntgen'schen Entdeckung veröffentlichten Versuchen, wo wir einen Schirm von Bariumplatincyanür mit Hülfe der X-Strahlen auf einer photographischen Platte abbildeten (s. Blatt 5 unserer „Versuche mit X-Strahlen"). Der Erfolg war freilich ein negativer, denn die photographische Wirkung dieses Salzes war so gering, dass sie nicht einmal die von demselben hervorgerufene Absorption der X-Strahlung aufwog. Dasselbe Resultat lieferte uns auch noch neuerdings der von der Firma C. A. F. Kahlbaum in Berlin in den Handel gebrachte Schirm mit Bariumplatincyanür, der allerdings an optischer Wirkung unsere früher gebrauchten Schirme erheblich übertraf, photographisch dagegen sich trotz Anwendung orthochromatischer Platten als nicht vortheilhaft erwies. Dies zeigen deutlich die beiden Figuren I und II auf Tafel IV; es sind dies Aufnahmen, die zu gleicher Zeit auf den beiden auseinandergeschnittenen Hälften derselben Vogel-Obernetter'schen Eosinsilberplatte hergestellt wurden, während unter dem durch a b c d bezeichneten Theile der beiden Platten der Kahlbaum'sche Schirm ausgebreitet war. Bei Fig. I lag die Platte wie gewöhnlich mit der Schichtseite nach oben, bei Fig II dagegen mit letzterer nach unten. In Fig. I hat, wie man sieht, der Schirm überhaupt nicht gewirkt; in Fig. II, wo photographische und fluorescirende Schicht sich unmittelbar berührten, ist die Wirkung allerdings deutlich erkennbar, dieselbe ist indessen nicht erheblich genug, um den Nachtheil, den man durch Umdrehen der Platte in Folge der Absorption der X-Strahlen durch das Glas erleidet, wieder auszugleichen. Dies ergiebt sich deutlich aus dem Vergleich der unteren Hälfte der Fig. II mit der der Fig. I. Nimmt man hierzu die Thatsache, dass das Auflegen des Schirmes auf die oben befindliche Schicht der photographischen Platte nicht verstärkend, sondern schwächend wirkte, so wird man das oben abgegebene Urtheil, wonach der Kahlbaum'sche Schirm als photographischer Verstärkungsschirm unvortheilhaft ist, gerechtfertigt finden.

Wesentlich günstiger dagegen verhalten sich Schirme aus andern Stoffen, z. B. aus dem bekanntlich zuerst von Winkelmann und Straubel (Jenaische Zeitschr. f. Naturwissensch. XXX) empfohlenen Flussspath, wenngleich nach unseren Beobachtungen dieser Stoff allerdings noch etwas durch das Kaliumplatincyanür und besonders durch den pulverisirten Scheelit, den natürlichen wolframsauren Kalk, übertroffen wird. Es ist zur Illustration dieser Verhältnisse in der Tafel IV, Fig. III, nur

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

noch eine mit letzterer Substanz theilweise verstärkte Handaufnahme beigefügt, bei welcher der unregelmässig gestaltete fluorescirende Schirm auf die oben befindliche photographische Schicht einer gewöhnlichen Bromsilberplatte gelegt war. Man sieht an der Aufnahme sofort die bedeutende verstärkende Wirkung des Schirmes, indessen giebt sich darin auch die Schattenseite dieser Art von Verstärkungsmittel kund, welche darin besteht, dass die grobe Struktur des Schirmmaterials sich in der Zeichnung deutlich widerspiegelt, so dass es unmöglich ist, auf diesem Wege feinere Details der betreffenden Körpertheile zu beobachten. Macht man aber das Korn der Schirme feiner, so wird dadurch wieder die verstärkende Wirkung derselben so erheblich verkleinert, dass wir bisher auf dieses Verstärkungsmittel bei unseren zahlreichen medicinischen Aufnahmen gänzlich verzichtet haben. So lange es demnach nicht gelungen ist, einen solchen Schirm von genügend feinem Korn und dennoch zugleich von beträchtlich verstärkender Wirkung zu liefern, dürfte sich die Anwendung derselben auf die Auffindung gröberer Einschlüsse oder Verletzungen in schwer zu durchdringenden Körpertheilen beschränken.

Auch dem Ersatze photographischer Aufnahmen durch direct gesehene Bilder vermittelst solcher phosphorescirenden Schirme, welche die inneren, stärker absorbirenden Organe von Körpertheilen dunkel auf hellem Grunde hervortreten lassen, haben wir unsere Aufmerksamkeit zugewendet. Wir haben dazu theils selbst hergestellte, theils aus der Kahlbaum'schen Fabrik bezogene Schirme von Calciumplatincyanür bezw. Bariumplatincyanür verwendet. Die Leistung namentlich der letzteren Schirme ist eine sehr gute; indess sind die direct sichtbaren Bilder doch nur selten von genügender Schärfe, um die photographische Aufnahme zum Zwecke ärztlicher Diagnosen ersetzen zu können.

Die zahlreichen Röntgen-Aufnahmen zu ärztlichen Zwecken, die im Laufe der letzten 4 bis 5 Monate in unserem Laboratorium ausgeführt worden sind, nahmen — neben unseren sonstigen Arbeiten — unsere Zeit so sehr in Anspruch, dass wir uns der Durchführung rein physikalischer Versuche zum Zwecke der Beantwortung zahlreicher physikalischer Fragen, die sich bei dem oft sehr merkwürdigen Verhalten der Röntgen'schen Strahlen sowie der sie erzeugenden Röhren aufdrängten, leider nicht so widmen konnten, wie es wünschenswerth gewesen wäre. Immerhin haben wir Einzelnes feststellen können, was vielleicht als Beitrag zu den Bemühungen, über die geheimnissvolle Natur der Röntgen'schen Strahlen Klarheit zu gewinnen, erwähnt werden darf.

Eine der ersten Thatsachen, welche wir ausser Zweifel stellen konnten, ist die auffallende Verschiedenheit des Verhaltens der die neuen Strahlen erzeugenden Vacuumröhren hinsichtlich der in ihnen auftretenden Wärme-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wirkungen. Es ist bekannt, dass beim Durchgang der Inductionsströme durch Vacuumröhren, sobald die Luftverdünnung soweit fortgeschritten ist, dass Kathodenstrahlen auftreten, eine an letztere geknüpfte starke Wärmeentwickelung stattfindet. Dieselbe kann bekanntlich dadurch leicht wahrnehmbar gemacht werden, dass man die Kathodenstrahlen auf eine bestimmte Stelle der Röhrenwandung, auf ein in der Röhre angebrachtes Platinblech oder dergl. concentrirt; die getroffenen Flächen werden dann in wenigen Augenblicken glühend und können unter günstigen Umständen zum Schmelzen gebracht werden. Prüft man eine solche Röhre, in welcher diese Wärmewirkung der Kathodenstrahlen stark auftritt, hinsichtlich der Aussendung von Röntgen-Strahlen, so findet man, dass letztere entweder ganz fehlen oder doch nur schwach vorhanden sind. Erst mit weiter gesteigerter Evacuirung der Röhren zeigen sich die Röntgen-Strahlen kräftiger — zugleich aber nimmt auch die Wärmeentwickelung ab, bis dieselbe vollständig verschwindet, während noch immer eine erhebliche Emission von X-Strahlen stattfindet. Wir haben in der That wiederholt Röhren besessen, welche kräftige Röntgen-Strahlen aussandten und selbst nach ½ bis 1 Stunde ununterbrochenen Stromdurchganges vollständig kalt geblieben waren; in andern Fällen war zwar eine Erwärmung eingetreten, die jedoch so gering war, dass die Röhren sich nur ganz leicht lauwarm anfühlten. Es ist nun zwar nicht zu bezweifeln, dass mit fortschreitender Verdünnung der Luft der die Röhren durchdringende Bruchtheil derjenigen elektrischen Energie, welche den Elektroden zugeführt wird, abnimmt, aber ein völliges Aufhören dieses Energie-Durchganges findet keineswegs statt; vielmehr ist ja der Stromdurchgang die unentbehrliche Quelle der neuen Energieform, welche wir in den Röntgen'schen Strahlen kennen gelernt haben. Es muss somit als wahrscheinlich bezeichnet werden, dass dann, wenn bei hohem Vacuum die Bildung der Röntgen-Strahlen stattfindet, die bei geringerem Vacuum stattfindende Umwandlung der strahlenden elektrischen Energie in Wärme-Energie aufhört und an Stelle der letzteren die neue Energieform der Röntgen-Strahlen tritt. Es wird sicher von Wichtigkeit sein, diesen Vorgang aufmerksam zu prüfen; wir hoffen auch unserseits, uns mit dieser Frage weiter beschäftigen zu können.

Eine weitere, auch practisch nicht unwichtige Feststellung ist die folgende. Verwendet man zur Erzeugung der Röntgen-Strahlen solche Röhren, welche von vorneherein möglichst hoch evacuirt worden sind, so erweisen sich dieselben als mehr oder weniger unwirksam, da ein Stromdurchgang dann nicht mehr oder nur noch in sehr geringem Grade stattfindet. Man kann diese Röhren dann durch äussere Erhitzung — am einfachsten mit der Bunsenflamme — leicht zur Entsendung von Röntgen-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Strahlen bezw. zur Stromleitung anregen, was sich stets durch Auftreten der eigenthümlich gelb-grünlichen Färbung des Fluorescenzlichtes des Glases kundgiebt. Nun ist man im Allgemeinen geneigt, den physikalischen Vorgang der Wirkung dieser Erwärmung als ein Austreiben von geringen Mengen absorbirter Gase aus dem Glase der Röhren oder von seiner innern Oberfläche aufzufassen; diese in das Vacuum eintretenden Gastheilchen sollen dann die bisher wegen des hohen Vacuums sehr schwierige Stromleitung ermöglichen. Indess scheint diese Erklärung des Vorganges doch keine völlig befriedigende zu sein. Denn sie trägt einer merkwürdigen Thatsache nicht Rechnung, welche wir fortwährend zu constatiren Gelegenheit hatten. Die äussere Erhitzung ist nämlich in sehr viel höherem Grade wirksam, wenn sie in der Umgebung der Kathode geschieht, als wenn man die Anodenseite oder die übrigen Theile der Röhre erhitzt. Der Unterschied ist so auffallend und so sicher, dass wir an einer wesentlichen Mitwirkung der auf der innern Glasfläche in der Umgebung der Kathode bestehenden elektrischen Ladungszustände nicht zweifeln können, obgleich wir auch hier ein genaueres Verfolgen dieser Erscheinung, u. A. auch der Frage, ob die bekannte unipolare Leitung der Flammen dabei eine Rolle spielt, uns noch haben vorbehalten müssen.

Eine weitere Prüfung konnten wir einigen besonders wichtigen Punkten widmen, die theilweise bereits in den Röntgen'schen Publicationen erwähnt worden sind, aber ihrer grossen Bedeutung wegen wohl noch genauerer Studien bedürfen. Es handelt sich namentlich um die Fragen, ob es mehrere Arten der neuen Strahlen giebt, ob die Röntgen'schen Strahlen gebrochen und reflektirt werden können, ob sie wie Kathodenstrahlen von magnetischen Kräften abgelenkt werden oder nicht. Im Folgenden möge Einiges über unsere Versuche in diesen Richtungen mitgetheilt werden.

In den Tafeln V und VI geben wir zunächst zwei mit derselben Vacuumröhre bei verschiedenem Verdünnungsgrad der darin enthaltenen Luft gemachte Aufnahmen, von denen aber auch jede für sich nicht ohne Interesse sein dürfte, weil sie einen unmittelbaren Ueberblick über die absorbirende Kraft einiger wichtiger Stoffe den X-Strahlen gegenüber giebt.

Es mögen daher hier zunächst die Namen dieser Stoffe zugleich mit ihren Dicken angeführt werden.

Es bedeuten in den beiden Tafeln V und VI

No.		Dicke in mm
1)	Quarzkrystall, farblos	3,08
2)	Spiegelglas, „	3,16
3)	Kalkspathkrystall, farblos	3,15
4)	Gypskrystall, „	2,5

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

No.		Dicke in mm
5)	Schwerspathkrystall, farblos	2,88
6)	Alaunkrystall, farblos	3,25
7)	Achat, undurchsichtig, verschiedenfarbig	3,20
8)	Steinsalzkrystall, farblos	3,06
9)	Salmiakkrystall, weisslich	2,90
10)	Glimmer, schwarz	0,63
11)	Diamantkrystall, farblos	3,3
12)	Boraxkrystall, weisslich	3,18
13)	Citronensäurekrystall, weisslich	2,65
14)	Zuckerkrystall, farblos	2,70
15)	Lapis lazuli, dunkelblau	2,2
16)	Tigerauge, mit hell- und dunkelbraunen Querstreifen	2,3
17)	Malachit, hellgrün mit dunkelgrünen Adern	3,7
18)	Blutstein (Rotheisenstein), stahlgrau	3,02
19)	Gemme aus Muschel	0,6—2,8
20)	Platinblech	0,1
21)	Aluminiumdraht	3,0
22)	Nickelmünze (10 Pf.-Stück)	1,3

Die Unterschiede in der Absorptionsfähigkeit der verschiedenen Stoffe kommen für die stärker absorbirenden mehr auf der Tafel VI, für die schwächer absorbirenden (No. 10 bis 14, sowie 16 und 19) dagegen mehr auf der Tafel V zum Vorschein.

Beide Tafeln wurden mit einer und derselben von der Pumpe abgeschmolzenen Röhre gemacht, und zwar die Tafel V bei erhitztem, die Tafel VI bei kaltem Zustand derselben. Das Erhitzen einer solchen Röhre hat, wie erwähnt, nach gewöhnlicher Annahme den Zweck, die an oder in den Glaswandungen derselben festgehaltene Luft frei zu machen, um so den Luftdruck im Innern zu erhöhen. Wie schon von mehreren Seiten festgestellt ist, und auch uns schon seit längerer Zeit bekannt war, war, haben die aus stärker evacuirten Röhren kommenden X-Strahlen bei gleich starker Wirksamkeit auf die freie photographische Platte ein weit grösseres Durchdringungsvermögen als die aus weniger leer gemachten herstammenden, und zwar genügt schon ein geringer Unterschied in dem Verdünnungsgrad einer solchen Röhre, um bedeutende Unterschiede in der Wirkungsweise derselben zu veranlassen. Sehr deutlich kennzeichnet sich dieser Wechsel äusserlich auch noch in der schnell abnehmenden selbstthätigen Erwärmung der Röhre (vgl. oben), sowie in dem ganz ausserordentlich starken Anwachsen des Widerstandes, welchen die Röhre in diesem kritischen Zustande bei zunehmender Entleerung dem Durchgang der Elektricität entgegensetzt,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

so dass beim Arbeiten derselben eine parallel eingeschaltete Funkenstrecke oft ganz plötzlich von wenigen Millimetern bis zu über 10 cm anwächst.

Der Unterschied der Wirkungsweise der Röhre in den beiden Stadien spricht sich nun in den Positivcopien der Tafeln V und VI besonders dadurch aus, dass in der ersteren der Grund heller ist als in der letzteren, während die Stoffe im allgemeinen auf der letzteren weit mehr aufgehellt, also weit stärker von der Strahlung durchdrungen sind als auf der ersteren. Dazwischen giebt es eine bestimmte Schwärze, die auf beiden Tafeln annähernd gleich ist, und diese besitzen etwa die Nummern 13 und 14, so dass man beim Vergleich beider Tafeln am besten von diesen ausgeht. Man sieht dann, dass schon 10 und 12 auf Tafel V etwas dunkler sind als auf Tafel VI, noch mehr aber gilt dies für die Nummern 1—4, 6—9, 15, 16, 19 und 21, während schliesslich der Unterschied in den noch dunkleren Stoffen wieder verschwindet, weil dieselben eben in den angewandten Dicken von beiden Strahlungen, d. h. sowohl derjenigen der kalten wie auch derjenigen der erhitzten Röhre, noch nicht genügend durchdrungen worden sind.

Photographisch lässt sich der Unterschied in der Wirkungsweise der Röhre am besten so ausdrücken, dass man sagt: dieselbe arbeitet in dem weniger evacuirten Zustande mehr auf Contrast, ein Umstand, der practisch nicht ohne Bedeutung ist. Denn man wird offenbar den letzteren Zustand der Röhre benutzen, wenn es sich um die Abbildung eines dünnen Objectes mit wenig Contrasten, also z. B. einer Kinderhand handelt, deren Knochen wegen ihrer noch knorpelartigen Beschaffenheit die X-Strahlen nur wenig mehr absorbiren, als das daneben liegende Fleisch und sich daher im allgemeinen nur schwach abheben.

Die Frage, ob man es bei diesen beiden verschiedenen Zuständen der Röhren wirklich mit X-Strahlen verschiedener Art zu thun hat, wie mehrfach angenommen ist, kann unseres Erachtens noch nicht entschieden werden; es sei nur noch erwähnt, dass ein weiterer Unterschied als der in der durchdringenden Kraft derselben sich bisher nicht hat feststellen lassen.

Ueber die Ablenkbarkeit der X-Strahlen durch Prismen wurde ferner eine ausgedehnte Reihe von Versuchen angestellt, wobei weniger auf die Heranziehung einer grossen Anzahl von Stoffen als vielmehr auf die Durchführung der Versuche bis zu ihrer äussersten Genauigkeit hin Werth gelegt wurde. Dies schien nämlich deswegen von besonderer Wichtigkeit, weil ja bekanntlich Röntgen selbst den Gedanken, dass möglicherweise die X-Strahlung als eine longitudinale Schwingungsbewegung des Aethers aufzufassen sei, hauptsächlich auf das vollständige Fehlen der Ablenkbarkeit derselben gegründet hatte. Andererseits haben

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

andere namhafte Physiker darauf hingewiesen, dass dieser Umstand noch nicht nothgedrungen dazu führe, die doch zunächst näher liegende Annahme von Transversalschwingungen aufzugeben, da nämlich nach den neueren Dispersionstheorieen des Lichtes sich für unendlich kleine Transversalschwingungen der Brechungsexponent $n = 1$ ergebe, wie er ja bei den X-Strahlen thatsächlich gefunden werde.

Es würde demnach von fundamentaler Bedeutung sein, wenn es gelänge, bei irgend einem Stoffe einen Unterschied des Brechungsexponenten unserer Strahlen von der Einheit nachzuweisen; und in dieser Hinsicht schien uns nun der Diamant, welcher sich ja dem Lichte gegenüber durch eine so besonders grosse Brechbarkeit auszeichnet ($n = 2{,}4 - 2{,}5$), am meisten Aussicht auf Erfolg zu bieten, um so mehr, als er sich auch als besonders durchlässig für X-Strahlen erwies.

Es mag schon im voraus erwähnt werden, dass auch bei diesem Stoffe, trotzdem unsere Versuche bis zu einer sehr weitgehenden Genauigkeit getrieben wurden, sich keine Spur einer Brechbarkeit der neuen Strahlen gezeigt hat, dass vielmehr als Endresultat dieser Versuche der Satz hingestellt werden kann, dass der Brechungsexponent des Diamanten für die X-Strahlen sich höchstens um $\pm$ 0,0002 von der Einheit unterscheiden kann. Weiter unten werden die näheren Umstände des Versuches beschrieben, aus denen diese Zahl leicht zu berechnen ist.

Derselbe Nachweis wurde dann auch noch für das Aluminium geführt, ein Metall, welches wegen seiner guten Durchlässigkeit für die X-Strahlen für diese Versuche ebenfalls besonders geeignet ist.

Endlich wurden dieselben Beobachtungen auch noch auf ein schweres Metall, nämlich das Kupfer, ausgedehnt, für welches allerdings wegen der starken Absorption, welche die X-Strahlen darin erfahren, die Messungen noch nicht bis zu der oben genannten Genauigkeit hin verfolgt werden konnten. Immerhin wurde aber auch für dieses bereits festgestellt, dass sein Brechungsexponent sich höchstens um $\pm$ 0,001 von der Einheit unterscheiden kann, während Winkelmann und Straubel (Jenaische Zeitschr. f. Naturwissensch., XXX. Bd.), für das genannte Metall aus ihren Beobachtungen einen Brechungsexponenten $n = 1 - 0{,}0038$ glaubten ableiten zu können.

Wir bemerken hierzu, dass es uns gelang, stets ein genügend scharfes Bild von demjenigen Spalte zu erzielen, an welchem das ablenkende Prisma selbst befestigt war, so dass man einerseits die frei durch den Spalt hindurchgegangene Strahlung und andererseits auch die durch das Prisma hindurchgegangene — als deutlich von einander unterschieden — unmittelbar neben einander liegend erkennen kann, wie auch die weiter unten zu beschreibenden Figuren I, II und III der Tafel VII zeigen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Dies war nur dadurch zu erreichen, dass die Entfernung a zwischen der Strahlenquelle und der photographischen Platte sehr gross genommen wurde im Vergleich zu derjenigen b zwischen dem abzubildenden Spalte und der Platte — bei den genannten Beobachtern war $a : b = 2 : 1$, bei unseren Versuchen dagegen zwischen 6 : 1 und 12 : 1 — wobei ferner auch noch die Anwendung eines möglichst engen Spaltes als Strahlenquelle geboten war; dieselbe betrug ½ bis 1 mm.

Beide Bedingungen zusammen hätten mit den früher gebrauchten Röhren zu einer ausserordentlichen Verlängerung der Expositionsdauer führen müssen; es war daher als ein wesentlicher Fortschritt zu begrüssen, dass die Anwendung einer sog. Focusröhre eine leichte Erfüllung der zweiten Bedingung bei genügender Strahlungsintensität ermöglichte. Denn da bei dieser Röhrenform die X-Strahlen sämmtlich von den Punkten einer Ebene, nämlich von derjenigen des die Kathodenstrahlen auffangenden Platinbleches ausgehen, so wird für ein nahezu in der Verlängerung dieser Ebene liegendes Object die letztere offenbar als spaltförmige Strahlenquelle wirken.

So gelang es uns, in der Zeit von 30—60 Minuten bis auf $a = 3$ m Entfernung hin genügend scharfe Aufnahmen des im Abstande b vor der photographischen Platte befindlichen Spaltes mit dem ihn theilweise bedeckenden Prisma zu erzielen, wobei b je nach der Grösse von a im oben genannten Verhältniss variirte, für $a = 300$ cm z. B. also nicht grösser als 50 cm genommen wurde. In diesen Aufnahmen, von denen in der beifolgenden Tafel VII in No. I, II und III für die drei oben genannten Stoffe je eine reproducirt worden ist, sieht man die Längsränder des abzubildenden Spaltes, auf die es ja vor allem ankommt, in ausgezeichneter Schärfe, während die Querenden der daran befestigten Prismen sich allerdings etwas verschwommen darstellen. Indessen sind auch diese noch deutlich genug, um zu beweisen, dass das dem Prisma entsprechende Stück des Bildes auch wirklich von den durch das erstere hindurchgegangenen Strahlen herrührt, während andererseits das Fehlen jeglicher Verschiebung dieses Stückes im Vergleich zu den unbedeckten Theilen des Spaltes den Beweis liefert, dass eine Ablenkung jenes Strahlenantheiles nicht stattgefunden hat.

Zur genauen Kontrolle der Schärfe der Zeichnung in den beiden in Frage kommenden Richtungen wurde ferner stets vor einem Theile des unbedeckten Endes des Spaltes ein feinmaschiges Drahtnetz befestigt, dessen Einzeldrähte bezw. parallel und senkrecht zu der Spaltrichtung verliefen, von denen sich aber in den Photographieen, wie man sieht, nur die ersteren scharf abbilden. Es ist dies ein Beweis, dass auch bei einer Focusröhre die Kathodenstrahlen durchaus nicht auf einen einzigen Punkt des Platinbleches convergiren; vielmehr beträgt der Durchmesser der Stelle,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

von welcher die X-Strahlen auf diesem Bleche ihren Ursprung nehmen, häufig über 10 mm, wie sich durch eine Lochphotographie dieses Bleches leicht nachweisen lässt.

In den auf die prismatische Ablenkung der X-Strahlen bezüglichen, in Tafel VII befindlichen Abbildungen I, II und III bezeichnet nun, wie daselbst angegeben, der Buchstabe P denjenigen Abschnitt des Spaltes, welcher von dem betreffenden Prisma bedeckt war, und zwar ist dieser Buchstabe immer auf die Spitzseite des Prismas gesetzt. Man sieht demnach, da eine Ablenkung des durch das Prisma hindurchgegangenen Strahlenantheils nicht stattgefunden hat, bei P nichts anderes als das Schattenbild eines prismatisch geformten Körpers aus der betreffenden Substanz, und dementsprechend nimmt denn auch die Schwärzung in diesem Theile des (positiven) Spaltbildes von der Seite P bis zur entgegengesetzten hin allmählich zu, wie in den Figuren I und II der Tafel unmittelbar zu erkennen ist. In Figur III dagegen, bei welcher $a = 2000$ mm und $b = 300$ mm war, hat die X-Strahlung der Röhre trotz einer Aufnahmedauer von 60 Minuten die Kupferprismen nur an ihrer äussersten Spitze, also nur auf einem sehr kleinen Stücke der ganzen Spaltbreite zu durchdringen vermocht, denn man sieht hier nur in dem sich unmittelbar an den Spaltrand der Spitzseite der Prismen anschliessenden Bilde derselben eine feine, nach der Stumpfseite hin schnell abfallende weisse Linie. Auch hier aber zeigt die Photographie wieder deutlich, dass eine Ablenkung dieses durch das Prisma hindurchgegangenen Lichtes nicht stattgefunden hat, denn der sich davon absetzende Schatten des betreffenden Theiles des Spaltrandes liegt genau in der Verlängerung der übrigen Theile desselben. Mit Hülfe der bekannten Brechungsgesetze — falls man dieselben auf die X-Strahlen anwenden will — sowie der oben für diesen Fall angegebenen Grössen a und b bei einem brechenden Winkel von ungefähr 30^0 ergiebt sich demnach auf Grund der Figur III, dass der Brechungsexponent des Kupfers sich von der Einheit höchstens um $\pm 0{,}001$ unterscheiden kann, was nämlich eine Verschiebung jener feinen weissen Linie um 0,17 mm bedeuten würde. Keinesfalls kann aber der Brechungsexponent des Kupfers, wie oben erwähnt, $1 - 0{,}0038$ betragen, denn dann müsste diese Linie um 0,66 mm nach der Seite P hin verschoben sein. Bei den Figuren I und II, von denen die erstere mit einem Diamant-, die zweite mit einem Aluminiumprisma von je ungefähr 60^0 brechendem Winkel gemacht ist, war im ersten Falle $a = 1100$ mm und $b = 100$ mm, im zweiten $a = 1000$ mm und $b = 100$ mm; indessen wurden mit denselben Prismen auch Aufnahmen gemacht, für welche $a = 3000$ mm und $b = 500$ mm war. Aufnahmen, die sich allerdings nicht mehr so gut zur Reproduction eigneten als die beigegebenen, die aber dennoch im Original noch vollkommen entscheidend sind, so dass dadurch für diese beiden Substanzen ein etwaiger Brechungsexponent der X-Strahlen sicher in die Grenzen $1 \pm 0{,}0002$ eingeschlossen ist.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Dieses Resultat ist deswegen von Wichtigkeit, weil es uns ermöglicht, unter der Annahme, dass die X-Strahlung ebenso wie die des Lichtes in einer transversalen Schwingungsbewegung des Aethers bestehe, einen Grenzwerth für die Wellenlänge der ersteren abzuleiten. Da nämlich der Diamant diese letzteren ebenso wie die Lichtstrahlen nur schwach absorbirt, so muss es unter obiger Annahme erlaubt sein, auf beide die Dispersionstheorie farbloser Medien anzuwenden. Nach derjenigen von Helmholtz (s. Wüllner Experimentalphysik Bd. II) besteht dann zwischen dem Brechungsexponenten n und der Wellenlänge λ eines solchen Strahles für ein solches Medium die Beziehung

$$n^2 - 1 = -P\lambda^2 + \frac{Q\lambda^4}{\lambda^2 - \lambda^2_m}$$

wo P, Q und λ_m drei Konstanten sind, die für jeden Körper besonders bestimmt werden müssen. In unserem Falle benutzen wir zu dieser Bestimmung die bekannten Brechungsexponenten des Diamanten (s. dieses Jahrbuch No. VIII, S. 290, 1890) für die drei Fraunhofer'schen Linien A, D und H für welche nämlich bezw.

$$n = 2{,}40245;\ 2{,}41734;\ 2{,}46476$$

und $\lambda . 10^6 = 760{,}65;\ 589{,}31;\ 396{,}90$ ist.

Daraus ergiebt sich dann

$$P = 367{,}3771 . 10^6;\ Q = 367{,}38037 . 10^6$$

und $\lambda_m = 112{,}6918 . 10^{-6}$.

Diese optischen Konstanten des Diamanten können nun weiter dazu dienen, um umgekehrt unter der Annahme, dass für die X-Strahlen n genau gleich dem oben festgestellten Grenzwerthe also $= 0{,}9998$ ist — der andere Grenzwerth 1,0002 liefert keinen reellen Werth —, das zugehörige λ zu berechnen. Es ergiebt sich

$$\lambda = 0{,}00000104 \text{ mm},$$

so dass wir also schliessen können, dass die Wellenlänge der X-Strahlung unter der Annahme, dass sie eine dem gewöhnlichen Lichte gleichwerthige Erscheinung darstellt, auf welche demnach die Helmholtz'sche Dispersionstheorie Anwendung findet, nicht über 0,000001 mm, also nicht über den 600 sten Theil der Wellenlänge des gelben Natriumlichtes betragen kann.

Wir haben ganz neuerdings auch, veranlasst durch die betr. Veröffentlichung von Fomm (Naturwissensch. Rundschau XI. S. 304. 1896), versucht, direct durch Interferenzbeobachtungen einen Werth für diese Wellenlänge zu gewinnen, wobei uns die oben beschriebene Versuchsmethode zu ganz erheblich genaueren Beobachtungen befähigte, als diejenigen waren, welche von dem genannten Physiker beschrieben sind. Denn auch bei Fomm war, wenn auch seine Strahlenquelle nur die Breite von ½ mm hatte, das

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

oben definirte Verhältnis $a : b = 2 : 1$; während bei unseren diesbezüglichen Versuchen durchweg $a : b = 10 : 1$ genommen und die Grösse a bis auf 5 Meter hin getrieben wurde. Bei diesen Versuchen zeigten sich dann allerdings unter gewissen Umständen gleichfalls die von Fomm beschriebenen, im Negativ hellen Streifen im directen Spaltbilde; aber, wenn auch die Ursache derselben bisher noch nicht aufgeklärt ist, so kann doch jedenfalls soviel mit Sicherheit behauptet werden, dass sie eine Interferenzerscheinung im optischen Sinne nicht darstellen können, da dieselben nämlich um so mehr verschwanden, je schmäler bei sonst gleich bleibenden Umständen der die Strahlenquelle bildende Spalt genommen ward, während doch bei einer optischen Interferenzerscheinung das Gegentheil hiervon eintreten müsste.

Es mag übrigens noch darauf hingewiesen werden, dass bereits vor längerer Zeit Kümmel und Schmidt (Abhandl. der Naturf. Ges. zu Halle Bd. XXI), sowie Calmette und Lhuillier (Comptes rendus 122. S. 877. 1896) gleichfalls aus scheinbaren Interferenzerscheinungen einen Werth für die Wellenlänge der X-Strahlen glaubten ableiten zu können, einen Werth, der sogar grösser als derjenige der gewöhnlichen Lichtwellen sein sollte! Ferner würde aus unseren Versuchen, wenn wir aus demjenigen derselben, welcher die Fomm'sche Erscheinung am besten zeigt, nach der von diesem Beobachter angewandten Berechnungsweise die Wellenlänge der X-Strahlen bestimmen wollten, sich ungefähr der Werth $\lambda = 0{,}0002$ mm, also eine 14 mal grössere Zahl als diejenige Fomm's, ergeben. Endlich haben aber auch Versuche, deren Bedingungen so eingerichtet wurden, dass sie auf Grund der Fomm'schen Zahl eine sehr kräftige Interferenzerscheinung hätten geben müssen, trotz unserer schärferen Abbildungsweise — oder vielleicht grade wegen derselben — zu einem durchaus negativen Resultat geführt.

Weiter geben wir dann in Fig. IV, Tafel VII das Resultat eines Versuches, der dazu dienen sollte, die Eigenschaft der X-Strahlen, durch magnetische Kräfte nicht abgelenkt zu werden, möglichst weitgehend auf die Probe zu stellen. Zu diesem Zwecke wurde der Messingspalt, dessen Bild die Fig. IV darstellt, unmittelbar vor den 21,2 mm von einander abstehenden, 3 cm dicken, cylindrischen Polschuhen eines grossen Electromagneten und zwar mit seiner Längsrichtung parallel der Richtung der Kraftlinien angebracht. Die von dem wie früher aufgestellten Platinbleche der Focusröhre ausgehenden X-Strahlen trafen zuerst auf den Spalt und hatten sodann, unmittelbar nach dem Durchschreiten desselben, bei Erregung des Magneten das äusserst kräftige Feld desselben zu durchqueren.

Der Abstand a zwischen Strahlenquelle und photographischer Platte betrug in dem betreffenden Versuche 2 m, der Abstand b zwischen letzterer

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

und dem abzubildenden Spalte 20 cm, so dass also wieder $a : b = 10 : 1$ war. Die Aufnahmedauer war in zwei gleiche Abschnitte von je 16 Minuten getheilt, und zwar befand sich in der ersten Hälfte, während welcher der Magnet nicht erregt war, vor dem Theile a des Spaltes ein dünnes Platinblech, das während der zweiten Hälfte der Exposition, bei welcher die Magnetwickelung mit 6.8 Ampère Stromstärke geschlossen war, entfernt wurde.

Falls nun durch die magnetische Wirkung eine Ablenkung der X-Strahlen senkrecht zur Richtung der Kraftlinien, d. h. senkrecht zur Längsrichtung des Spaltes der Fig. IV stattgefunden hätte, so würde nicht blos das ganze Bild mit den der Längsrichtung parallelen Fäden des Drahtnetzes eine Verdoppelung zeigen müssen, sondern es hätte vor allen Dingen auch der einen Hälfte dieses Doppelbildes das mittlere Stück a völlig fehlen, in der anderen dagegen in voller Stärke der übrigen Spalttheile erscheinen müssen. Alles dieses ist nicht der Fall, so dass demnach eine Ablenkung der X-Strahlen durch magnetische Kräfte — in der Weise wie es bei den Kathodenstrahlen der Fall ist — wohl überhaupt nicht stattfindet.

Die Figur V der Tafel VII endlich stellt eine Aufnahme dar, in welcher die bereits von Röntgen beobachtete diffuse Reflexion der X-Strahlen an einigen Metallen in eigenartiger Weise zur Geltung gebracht ist. Bei derselben wurde auf die in eine doppelte Lage schwarzen Papieres eingewickelte photographische Platte zunächst ihrer ganzen Länge nach ein 1 cm breiter und 2 cm hoher, rechteckiger Stahlstab A gelegt, und die Focusröhre in Spaltstellung parallel der Längsrichtung desselben so aufgestellt, dass die X-Strahlen, welche an der Oberkante des Stabes vorbeigingen, mit der Ebene der Platte einen Winkel von etwa 34° bildeten. An der Grenze des demnach über 2 cm langen Schattens, welchen der Stahlstab auf die photographische Platte warf, wurden nun die betreffenden Metalle, deren diffuse Reflexion gezeigt werden sollte, aufgebaut; und zwar in der hier zu beschreibenden Aufnahme, wo es mehr darauf ankam, die Art der Diffusion überhaupt als die verschiedene Wirksamkeit der verschiedenen Metalle zu zeigen, in der Weise, dass sämmtliche angewandten Metallstücke mit ihrem vordersten Ende sich in derselben, der Stahlschiene A parallelen Ebene befanden. Die Stücke waren ferner sämmtlich, bis auf N_1, welches unmittelbar auf das schwarze Papier gelegt war, durch kleine untergeschobene Glas-, bezw. Holzklötze verschieden hoch über der Platte angebracht und zwar die Stücke N_1, M, P, S_1, S_2 und S_3 durch entsprechende Glasstücke in 1,8 mm, das Stück S_4 endlich durch einen Holzklotz in 3,8 mm Höhe über dem Papier. Die Höhen über der photographischen Schicht sind natürlich wegen des dazwischen liegenden

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Papieren noch etwas grösser. Dieselben geben sich übrigens in der Photographie, Fig. V, deutlich dadurch zu erkennen, dass die Schattenbilder der verschiedenen Stücke verschieden weit nach hinten verschoben sind, während die oben angeführte Thatsache, dass die Vorderenden aller Stücke in derselben Ebene lagen, darin zu Tage tritt, dass die durch die diffuse Reflexion hervorgebrachten Wirkungen auf der Platte sämmtlich an dieselbe Grade anknüpfen. Dieselben erstrecken sich, wie man sieht, stets von der Projection der diffundirenden Fläche auf diese Platte aus mit abnehmender Wirkung nach der ganzen vorderen Seite hin.

Die Stücke N_1 und N_2 hatten die Gestalt eines nicht ganz regelmässigen Würfels von 9 mm Seitenlänge und bestanden aus Nickel, das Stück M war ein cylindrisches, nach oben zu etwas dicker werdendes Messinggewicht mit Griff und unten etwas abgerundeter Kante, das Stück P war ein 0,1 mm dünnes Platinblech, dessen Form sich aus der Photographie unmittelbar ergiebt. S_1, S_2, S_3 und S_4 endlich waren kleine parallelepipedische Stahlkörper von quadratischem Querschnitt mit 5 mm Seitenlänge. Die der Röhre zugekehrten Flächen dieser Stücke, welche im allgemeinen nur geebnet, nicht aber poliert waren, befanden sich ferner in solcher Stellung, dass sie sämmtlich in ihrer ganzen Grösse von der von der Focusröhre ausgehenden X-Strahlung getroffen wurden, während zu gleicher Zeit die davon diffus reflektierte Strahlung vollständig in den von A geworfenen Schatten fiel, wie dies die Figur V deutlich erkennen lässt. Die Stärke der Wirkung hängt dabei, wie man sieht, zunächst von der Entfernung des diffundirenden Stückes von der darunter befindlichen photographischen Schicht ab, wie der Vergleich der Wirkung vor N_2 mit derjenigen vor N_1 sowie auch derjenigen vor S_3 mit der vor S_4 zeigt. Ferner spielt aber auch die Grösse der diffundirenden Fläche eine wesentliche Rolle, denn das dünne Platinblech zeigt keine Wirkung. Drittens kommt dann die Neigung der auffangenden Fläche gegen die Strahlenrichtung — vgl. die beiden Seitenflächen an S_4 — und endlich viertens natürlich auch noch die Natur des diffundirenden Stoffes in Betracht, wie ja bereits mehrfach von anderer Seite festgestellt ist.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Gedruckt bei Lütcke & Wulff, E. H. Senats Buchdruckern.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Weibliche Hand.

Die Aufnahme ist besonders geeignet, die Schärfe der Zeichnung einer Focusröhre zu zeigen.
Platten-Abstand: 30 cm — Aufnahmedauer: 3 Minuten.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Kniegelenk eines Mannes.

Die Aufnahme kennzeichet die Bedingungen der Abbilduug eines dickeren, von der Platte entfernter liegenden Objectes.
Platten-Abstand: 75 cm — Aufnahmedauer 30 Minuten.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Schultergelenk eines 8 jährigen Knaben
mit Knochenwucherung am Oberarmknochen bei *a*.
Platten-Abstand 60 cm — Aufnahmedauer 15 Minuten.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

I. II. III.

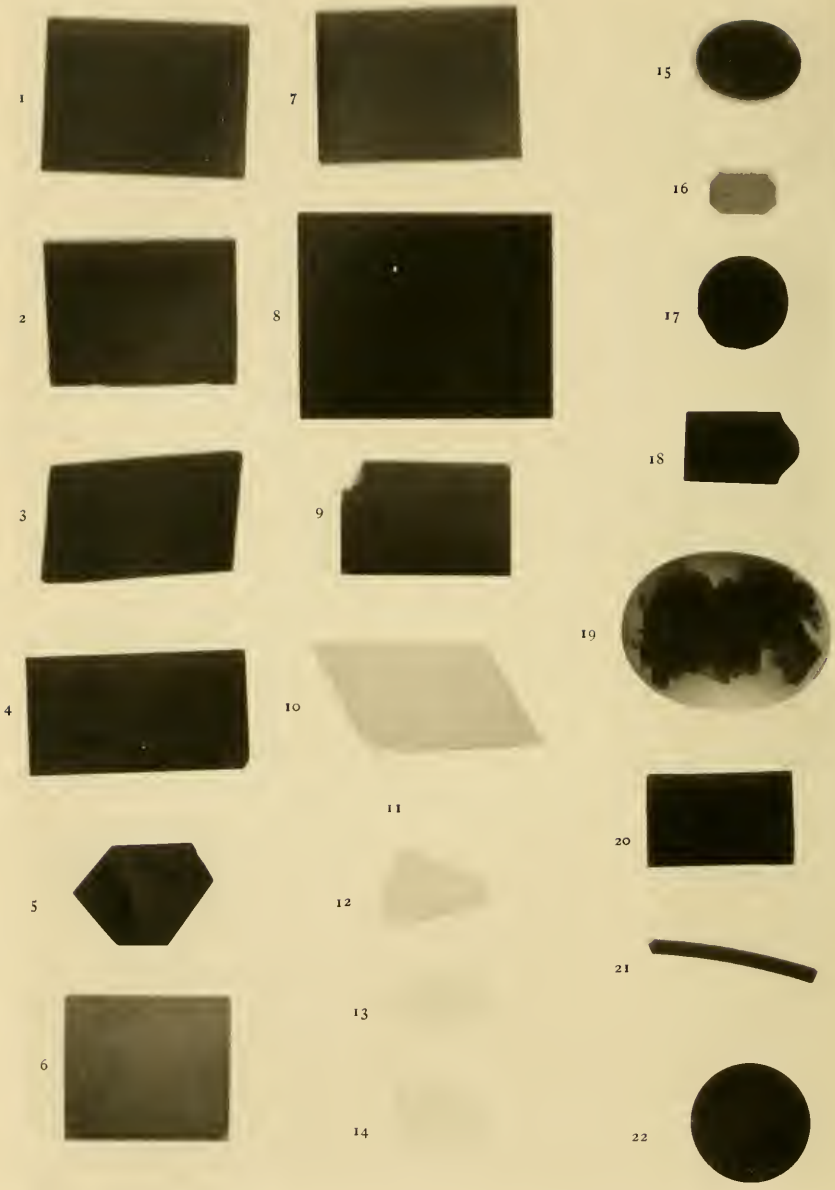
Aufnahmen mit Verstärkung durch fluorescirende Stoffe. No. I u. II: gleichzeitige Aufnahmen mit zur Hälfte (*a b c d*) untergelegtem KAHLBAUM'schen Schirm aus Bariumplatincyanür; bei No. I Bromsilberschicht oben, bei No. II unten.
No. III Aufnahme mit theilweise aufgelegtem Schirm aus Scheelit (wolframsauren Kalk.)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

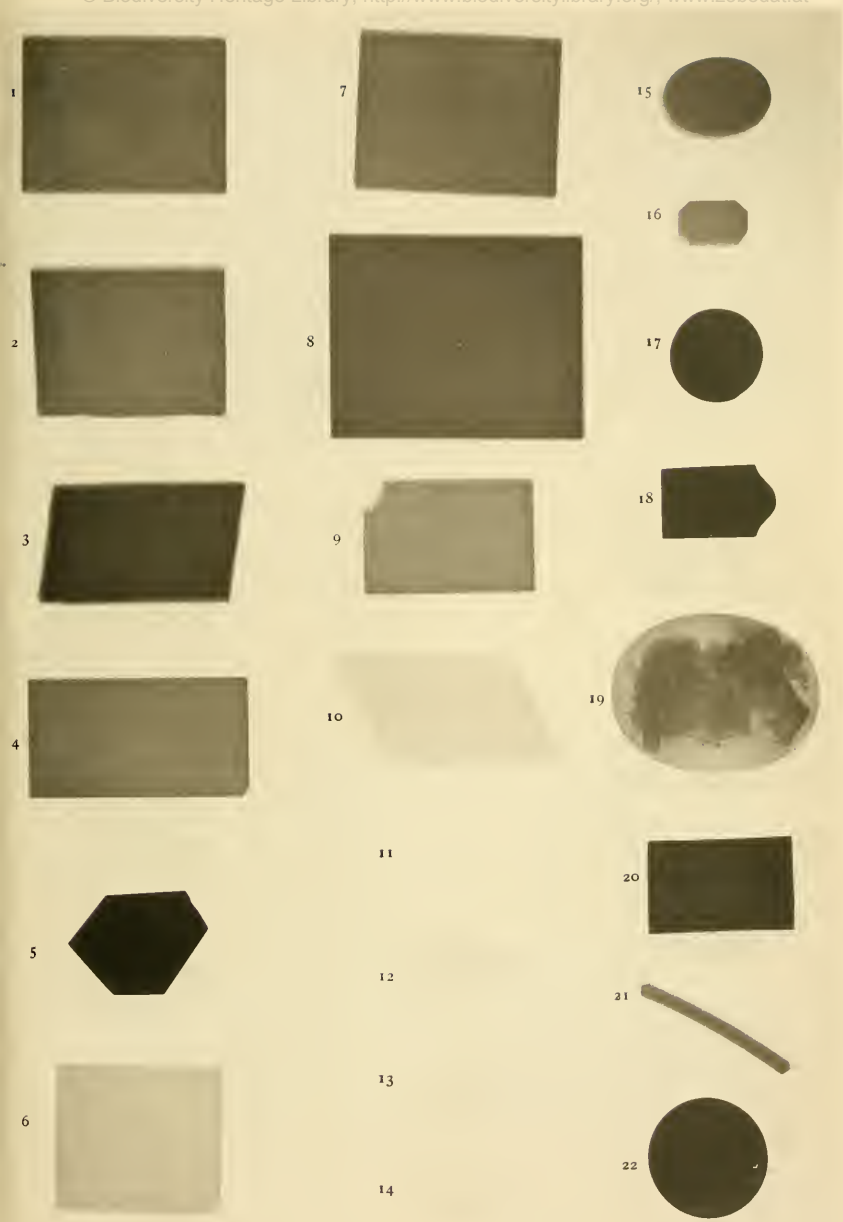
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



Tafel V und VI. Verschiedenheit des Durchdringungsvermögens und der photographischen Contrastwirkung RÖNTGEN'scher Strahlen bei verschieden hohem Vacuum der Röhren.

Tafel V: Röhre im schwach evacuirten Stadium.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



Tafel V und VI: Verschiedenheit des Durchdringungsvermögens und der photographischen Contrastwirkung RÖNTGEN'scher Strahlen bei verschieden hohem Vacuum der Röhren.

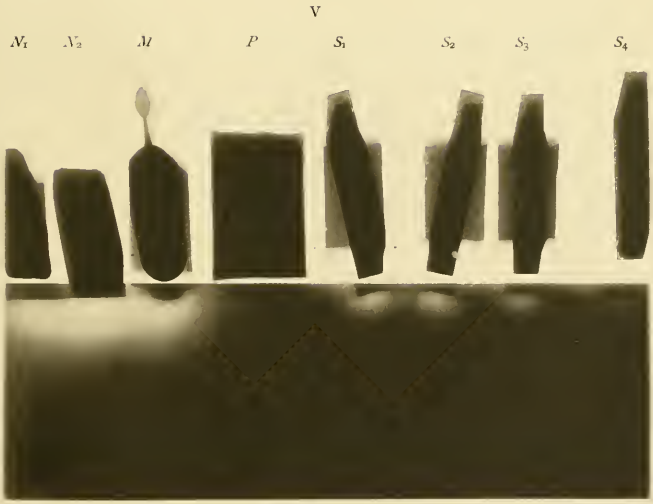
Tafel VI: Röhre im hoch evacuirten Stadium.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

I II III IV

V



No. I, II u. III Ablenkungsversuche durch Prismen.

No. I aus Diamant (60°), No. II aus Aluminium (60°), No. III aus Kupfer (30°). Der Buchstabe P, welcher den vom Prisma bedeckten Theil des Spaltes angiebt, befindet sich stets auf der spitzen Seite des Prismas.

No. IV Versuch, um die Nichtablenkung der X-Strahlen im magnetischen Kraftfelde zu zeigen.

No. V Versuch zur Demonstration der diffusen Reflection der X-Strahlen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch der Hamburgischen Wissenschaftlichen Anstalten

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: 13

Autor(en)/Author(s): Voller A.

Artikel/Article: Mittheilungen über einige im Physikalische Staas-Laboratorium ausgeführte Versuche mit Röntgenstrahlen 79-95