

Über den verschiedenen Einfluß der α -, β - und γ -Strahlen auf die Farben fester Körper

von

C. Doelter, k. M. k. Akad., und H. Sirk.

(Mit 4 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung vom 7. Juli 1910.)

Die überwiegende Mehrzahl der bisherigen Untersuchungen über die Veränderung von Farben durch α -, β - und γ -Strahlen wurde ausgeführt, indem man die von einem Radiumpräparat ausgehende Strahlung auf die betreffende Substanz einwirken ließ. Bekanntlich sendet ein solches Präparat gleichzeitig α -, β - und γ -Strahlen aus. Diese drei Strahlenarten sind unter anderem auch durch ihr verschiedenes Durchdringungsvermögen charakterisiert. In erster Annäherung kann man sagen, daß die α -Strahlen durch 0·0005 *cm* Aluminium zur Hälfte absorbiert werden, die β -Strahlen durch 0·05 *cm*, die γ -Strahlen durch 8 *cm*.¹ Besteht das absorbierende Medium aus einem anderen Stoffe, so gilt das Näherungsgesetz,² daß die zur Absorption einer beliebigen Strahlenart erforderlichen Dicken sich umgekehrt verhalten wie ihre spezifischen Gewichte.

War nun das Radiumpräparat ohne Umhüllung mit der zu untersuchenden Substanz in Berührung gebracht worden, wie das bei den später zu erwähnenden Versuchen von Mügge der Fall war, so trafen an den Berührungsstellen alle drei von dem Präparat ausgehenden Strahlenarten ungeschwächt auf. Anders waren die Verhältnisse hingegen bei den von einem von

¹ Rutherford, Die Radioaktivität, deutsch von Aschkinaß, Berlin 1907, p. 114.

² Rutherford, l. c., p. 116.

uns¹ angestellten Versuchen. Hier wurden die beiden Radiumpräparate der kaiserl. Akademie verwendet, die sich in einem zirka 2 mm dicken, mit eingeschlifftem Glasstöpsel verschlossenen Glasgefäß befanden. Diese standen in einem starkwandigen Glasbehälter von zirka $\frac{1}{2}$ l Inhalt, in dem die zu bestrahlende Substanz eingebracht wurde. Von den vom Präparat selbst ausgehenden Strahlen wurden die α -Strahlen durch das Präparatengläschen vollkommen absorbiert, die β -Strahlen nur geschwächt, während die γ -Strahlen in fast unveränderter Stärke durchgingen. Nachweislich entwich aber durch die Glasschliffe der Präparatengläser die α -strahlende Emanation in den umgebenden Raum, umspülte die in ihm befindlichen festen Körper und lagerte auf ihnen die α -, β - und γ -strahlende induzierte Aktivität ab. Man sieht also, daß die Versuchsbedingungen bei den erwähnten Versuchen in dieser Hinsicht nicht rein waren.

Um nun die Wirkung der α -Strahlen allein zu studieren, wurde auf Platin nach dem von Meyer und v. Schweidler² angegebenen Verfahren aus einer Lösung von Radiobleiacetat das nur α -strahlende **Polonium** niedergeschlagen. Das Platin gelangte in Form von Blech und von Drähten zur Verwendung. Für die Ausführung dieser Operation sind wir Herrn Prof. Meyer zu Dank verpflichtet. Bei den Versuchen, wo der Platin draht verwendet wurde, wurden die Mineralien in Form von 2 mm dicken, in der Mitte durchbohrten Platten verwendet. Die Weite der Bohrung paßte auf den zirka 1 mm starken Draht. Dieser Draht wurde durch das in den Platten angebrachte Loch durchgesteckt. Bei den Versuchen mit dem Platinblech wurden zirka 2 mm dicke Platten der betreffenden Substanz auf das Blech gelegt. Die Einwirkung dauerte gegen vier Monate. Es wurden Steinsalz, Quarz, Fußspat und Baryt untersucht, nur bei Steinsalz ergab sich durch Einwirkung des Platinbleches ein positives Resultat. Die Platte zeigte an den Stellen, wo sie mit dem Blech in Berührung war, eine bräun-

¹ Doelter, Das Radium und die Farben. Dresden 1910 (Steinkopff).

² St. Meyer und v. Schweidler, diese Sitzungsberichte, Bd. 115, Abt. IIa, p. 698.

liche Färbung. Entsprechend dem geringen Durchdringungsvermögen der α -Strahlen war diese gefärbte Schicht nur einige Hundertstelmillimeter dick. Bei Beurteilung dieser Experimente muß man im Auge behalten, daß die von diesem Poloniumpräparat ausgehende α -Strahlung im Vergleich zu jener der Radiumpräparate außerordentlich schwach ist. Außerdem wird diese Strahlung in zirka vier Monaten um die Hälfte schwächer. Diese Übelstände könnten durch Arbeiten mit der ebenfalls nur α -strahlenden Radiumemanation vermieden werden, doch hätte diese den Übelstand, daß die aus ihr entstehende induzierte Aktivität, die sich am festen Körper absetzt, auch β - und γ -Strahlen aussendet.

Wie schon bei Besprechung dieser Versuche erwähnt, kann eine durch α -Strahlen erzeugte Farbenveränderung eines festen Körpers, der mit dem strahlenden Präparat in Berührung ist, nur so weit in den festen Körper eindringen, als die sogenannte Reichweite (Range) der α -Strahlen in der betreffenden Substanz beträgt. Sie ist bei festen Körpern von mittlerem spezifischen Gewicht von der Größenordnung 0·02 bis 0·06 *mm*. Sieht man nun, daß die von der betreffenden strahlenden Substanz ausgehenden farbenverändernden Wirkungen sich beim durchstrahlten Körper nur so weit in die Tiefe erstrecken, als die Reichweite der α -Strahlen in der Substanz beträgt, so ist dadurch der Beweis erbracht, daß diese Farbenveränderung von α -Strahlen herrührt. In erster Linie sind von in dieser Richtung angestellten Untersuchungen die für die Frage nach Herkunft der pleochroitischen Höfe grundlegenden wichtigen Beobachtungen von Joly zu erwähnen, bei denen er konstatierte, daß diese Verfärbungen den Nucleus in einer Dicke umgeben, die gerade der Reichweite von α -Strahlen in dem betreffenden Mineral entsprechen. Nachdem Joly diese Ansicht im Jahre 1907 zuerst aussprach,¹ wurde sie in den von ihm und von ihm und Fletcher eben veröffentlichten Arbeiten² vollkommen sichergestellt. Weiter erwähnen wir an dieser

¹ Joly, Phil. Mag., 1907, p. 381.

² Joly, Phil. Mag., 1910, p. 327. Joly und Fletcher, Phil. Mag., 1910, p. 630.

Stelle die Versuche von Mügge,¹ bei denen durch Auflegen eines Körnchens Radiumbromid auf Platten von Cordierit und Glimmer ähnliche Höfe zustande gebracht wurden, die nach dem Gesagten durch die α -Strahlen des Radiumpräparates bedingt waren. Rutherford² hat durch Einwirkung von Radiumemanation, die in eine zirka 0·6 *mm* starke Glaskapillare eingefüllt worden war, Färbungen des Glases erzeugt, die sich einige Hundertstelmillimeter in dessen Inneres erstreckten.

Durch die Liebenswürdigkeit des Herrn Direktors Haitinger erhielten wir ein zylindrisches Präparatenglas von 6 *mm* Wandstärke und 24 *mm* innerer Weite, in dem ein starkes Radiumpräparat gelagert hatte. Es zeigte sich, daß die durch Radium hier bewirkte Braunfärbung des Glases von der Innenfläche zur Außenfläche der Wand auf dieser Distanz von 6 *mm* merklich abnahm, was zeigt, daß sie von β -Strahlen herrührt. Außerdem wurde an den unteren Kanten des Zylinderglases ein

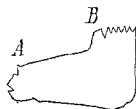


Fig. 1.
Natürliche GröÙe.

Vertikalschnitt durch Boden und Wand hergestellt. Von A bis B, Fig. 1, wo das Glas mit dem eingefüllten Präparat in Berührung gekommen war, zeigte sich am Rand eine nur Hundertstelmillimeter dicke, auffallende Verfärbung, die bei den übrigen Rändern des Schnittes fehlte. Diese war durch die α -Strahlen des Präparates hervorgebracht worden. Weiter erhielten wir von Herrn Direktor Haitinger ein U-förmiges Rohr, in dessen Bug eine radioaktive Lösung längere Zeit eingefüllt gewesen war. Wo sich die Lösung befunden hatte, war das Glas violettbraun gefärbt, in den oberen Teilen jedoch zeigte es eine schwach bräunliche Färbung. Aus den unteren Teilen der Glaswand wurde ein Schliff hergestellt, der, unter dem Mikroskop betrachtet, auf der Seite, wo das Glas mit der Lösung in Berührung gewesen war, einen 0·05 bis 0·10 *mm* breiten dunklen Rand zeigte. Ebenso wurden die von Herrn Direktor Haitinger einem³ von

¹ C. Doelter, Das Radium und die Farben. Dresden 1910 (Steinkopff), p. 15.

² Rutherford, Phil. Mag., 1910, p. 192.

³ C. Doelter, Das Radium und die Farben. Dresden 1910 (Steinkopff), p. 48.

uns seinerzeit überlassenen Glasstücke untersucht. Sie waren durch längere Zeit in einem stark aktiven Radiumpräparat eingelagert gewesen. An den Flächen, die mit dem Präparat in Berührung gewesen waren, zeigte sich unter dem Mikroskop ein dunkler Rand, der hingegen an frisch hergestellten Schnittflächen fehlte.

Wie aus dem Vorhergehenden hervorgeht, können die α -Strahlen nicht die Ursache der Färbung größerer Stücke eines festen Körpers sein und es entsteht nun die Frage, ob die durch Radium bewirkten Farbenveränderungen größerer Stücke durch β - oder durch γ -Strahlen herbeigeführt werden.

Bordas¹ ist der Ansicht, daß es die γ -Strahlen sind, welche die Färbung bewirken, weil die Röntgenstrahlen eine ähnliche Einwirkung zeigen. Wie einer von uns ausgeführt hat, scheint in manchen Fällen die Wirkung der γ -Strahlen stärker zu sein, in anderen Fällen jedoch nicht. Ferner wissen wir, daß die den β -Strahlen nahestehenden Kathodenstrahlen ähnliche Wirkungen wie die Radiumstrahlen zeigen können, was aber auch bisweilen von den Röntgenstrahlen gilt. Doch gibt uns die verschiedene Durchdringungsfähigkeit der β -Strahlen und der γ -Strahlen ein Mittel an die Hand, zu entscheiden, durch welche von beiden Strahlenarten die Farbenveränderung hervorgebracht wird. Beachtet man nämlich die Abnahme einer durch Bestrahlung hervorgebrachten Farbenveränderung mit der Tiefe, also mit dem von den Strahlen in dem betreffenden Körper zurückgelegten Wege, so kann man ein Urteil darüber gewinnen, ob die Wirkung den β - oder den γ -Strahlen zuzuschreiben ist. Wir verweisen hier zunächst auf eine² von einem von uns angestellte Beobachtung. Ein Glaswürfel von 1 *cm* Seitenlänge wurde von der Seite her mit einem Radiumpräparat bestrahlt. Es zeigte sich auf 0·5 *cm* eine rasche Abnahme der Intensität der Verfärbung, die Wirkung in dieser Schichte wird den β -Strahlen zuzuschreiben sein; in der anderen Hälfte behielt die schwächere Färbung ihre Intensität bei, sie

¹ Compt. rendus, 145, 710; 146, 21 (1907).

² C. Doelter, Das Radium und die Farben. Dresden 1910 (Steinkopff), p. 122.

dürfte daher den nur sehr schwach absorbierbaren γ -Strahlen zuzuschreiben sein.

Da es wünschenswert erschien, möglichst große Stücke mit Radium zu bestrahlen, wurde ein weißer Glaswürfel von 5 *cm* Seitenlänge durch 10 Tage der Wirkung zweier Radiumpräparate der kaiserl. Akademie (1·0 und 0·5 *g* Chlorid) ausgesetzt. Er wurde auf dem Boden des die Radiumpräparate enthaltenden starkwandigen Glasgefäßes gestellt und unmittelbar an eine der Vertikalflächen anschließend wurden die beiden

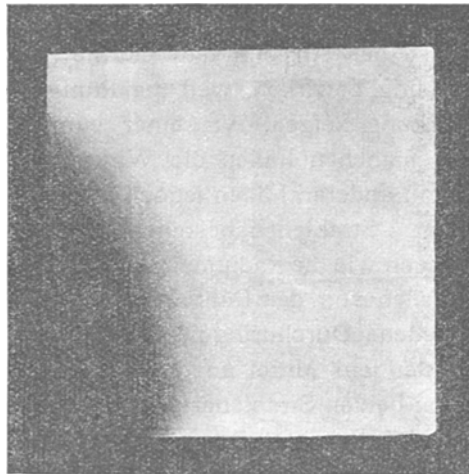


Fig. 2.

Präparatengläschen aufgestellt. Nachher konnte man beim Durchblicken durch die beiden der erwähnten Vertikalfläche anschließenden Vertikalflächen die dadurch bewirkte Verfärbung studieren. In der Nähe des unteren Teiles der erwähnten Vertikalflächen war das Glas fast bis zur Undurchsichtigkeit dunkelbraun gefärbt. Diese Braunfärbung nahm jedoch mit der Entfernung von der Stelle, wo das Radiumpräparat sich befunden hatte, in der Distanz von zirka 1 *cm* derart ab, um dann in eine viel lichtere gelblichbraune Färbung überzugehen, die sich über den ganzen Würfel erstreckte und dabei nur eine sehr geringe Abnahme zeigte. Die Photographie Fig. 2 zeigt diese Verhältnisse. Sie wurde von Herrn Dr. Leitmeier

hergestellt, indem der Würfel unter Anwendung parallelen Lichtes in dem geschilderten Sinne direkt auf eine dahinter gestellte photographische Platte kopiert wurde. Nach diesem Versuche haben sowohl die β - wie die γ -Strahlen auf das Glas gewirkt. Die β -Strahlen bewirken die starke, rasch abnehmende Braunfärbung, die durchdringenderen γ -Strahlen hingegen riefen die schwach abnehmende Gelbfärbung hervor.

Außerdem wurde eine zylindrische Stange von 2·6 *cm* Durchmesser und 5 *cm* Länge aus lachsrotem Goldrubinglas (32 *q-r*) nach Radde's Farbenskala untersucht.¹ Sie wurde mit einer zirka 5 *mm* dicken Stanniolschichte umhüllt, mit Ausnahme einer Grundfläche. An diese Grundfläche wurde eines der beiden Präparatengläser unmittelbar anschließend aufgestellt, das andere wurde seitlich angebracht. Nach 23-tägiger Einwirkung zeigte sich die ganze Stange gleichmäßig braunorange gefärbt, 33 *m-n* nach Radde's Farbenskala. Hier zeigten also die β -Strahlen keine Wirkung, sondern nur die γ -Strahlen.

Anschließend erwähnen wir einen Versuch mit einem ursprünglich vollkommen farblosen Bergkrystall. Es handelt sich um eine planparallele, normal zur optischen Achse geschnittene, 2 *mm* dicke Platte. Nachdem schon Egoroff und Doelter² Streifensysteme im Quarz durch Radiumbestrahlung erzielt hatten, welche Dichroismus zeigen, so wurde diese Platte in der Absicht mit Radium bestrahlt, um zu studieren, ob nicht dadurch das optische Drehungsvermögen verändert wird, im Hinblick auf die Bemerkung Mügge's,³ daß beim Quarz durch Einwirkung von Radiumstrahlen außer den pleochroitischen Höfen auch eine kleine Veränderung der Stärke der Doppelbrechung eingetreten war. Was den Winkel der optischen Achsen anbelangt, so konnte keine Veränderung nach 100-tägiger Bestrahlung bei Topas und Baryt wahrgenommen werden.⁴ Die erwähnte Quarzplatte zeigte nun ein

¹ Für die Überlassung derselben sind wir der Firma Reich in Wien zu Dank verpflichtet.

² Doelter, l. c., p. 124.

³ Zentralblatt für Mineralogie (1909), 71, 113, 142.

⁴ Doelter, l. c., p. 125.

sehr merkwürdiges Bild, das an die Farbenverteilung bei manchen verzwilligten natürlichen Amethysten erinnert. Eine Veränderung der Interferenzfigur konnte nicht wahrgenommen werden und auch eine Veränderung des Drehungsvermögens wurde nicht mit Sicherheit konstatiert. Es zeigte sich ein parallel in den hexagonalen Umrissen stehendes Streifensystem von hellerer und dunklerer Nuance. Die Farbe war braun, mit einem Stich ins Violette. Außerdem sehen wir eine Dreiecksfigur, wie die beigegebene Photographie (Fig. 3) zeigt. Sie wurde von Herrn Dr. Leitmeier durch direktes Kopieren auf eine photographische Platte erhalten. In der Mitte sehen wir

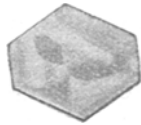
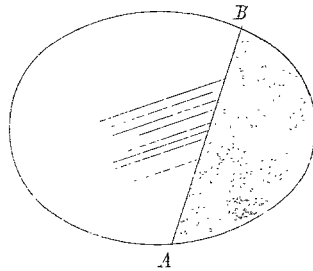


Fig. 3.

Fig. 4.
Natürliche Größe.

drei vom Zentrum ausgehende, nach den Krystallachsen orientierte rhombenförmige Streifen welche den in der Krystallographie bekannten Anwachskegeln entsprechen. Sowohl die zonar geordneten dunklen Streifen als auch die rhombenförmigen, eben erwähnten Streifen sind stark dichroitisch.

Schließlich wurde noch ein großer, vollkommen wasserklarer, als Brillant geschliffener Bergkrystall mit elliptischer Rudiste und 1.6 Höhe durch 5 Wochen mit den zwei Radiumpräparaten bestrahlt. Er war dann braun gefärbt, der Totalindruck auf Radde's Farbenskala ergab 33 *h—k* im auffallenden Lichte. Man konnte aber an ihm leicht einen kleineren dunkleren Teil mit der Färbung 33 *i* erkennen (im durchfallenden Lichte) und einen größeren helleren Teil mit 33 *p* im (durchfallenden Lichte). Außerdem war er durchwegs stark dichroitisch. Über diese Verhältnisse gibt Fig. 4 Aufschluß. Sie stellt

die Projektion des Gebildes in natürlicher Größe vor. Die Linie *AB* zeigt die sehr deutlich ausgeprägte Grenze zwischen dunklerem und hellerem Gebiete. Sie stellt auch die Grenze vor, bis zu der die β -Strahlen des stärkeren Präparates eindringen. Außerdem beobachtet man die auch auf der Zeichnung zum Ausdruck gebrachten, in diese schräg einmündenden, schwächeren, dunkleren Streifen. Sie stellen die Grenze dar, bis zu der die durch die Fassetten in den Krystall eindringenden β -Strahlen des schwächeren Präparates wirkten. Wie man sieht, wurde die Verfärbung des Krystalles auch teilweise durch γ -Strahlen bewirkt.

Der gefärbte Zirkon wird durch Radiumbestrahlung stärker gefärbt, durch Glühen lichtgewordener Zirkon, insbesondere der rote und braune Hyazinth, nimmt unter dem Einfluß der Radiumstrahlen wieder seine Farbe an. Brauns¹ erhielt bei Behandlung eines farblosen Zirkons von Pfitsch mit Radiumstrahlen, die einem Präparat von 1 mg Radiumbromid entstammten, keine Färbung. Er schließt daraus, daß die Farbe der gefärbten Zirkone durch einen fremden Stoff hervorgebracht wird, welcher der Einwirkung des Radiums unterliegt.

Wir haben nun diese Versuche ebenfalls mit einem Pfitscher Krystall (aus der Sammlung des Hofmuseums) wiederholt und nach 23 Tagen Bestrahlung mit $\frac{1}{2}$ g Radiumchlorid eine violette bis zinnobergraue Färbung erhalten, und zwar war der Krystall nicht gleichmäßig gefärbt, sondern nur der eine Teil, welcher gegenüber dem fast farblos gebliebenen scharf abgegrenzt ist; die Grenzschicht ist parallel dem Deutero-prisma. Die Farbe dieses stärker gefärbten Teiles ist 32 q bis 40 q, also zinnobergrau bis violettgrau, der zarte Teil des Krystalles ist nur schwach grau gefärbt, die stärker gefärbte Schicht hat eine Dicke von zirka 4.5 mm und läßt dies vermuten, daß hier die β -Strahlen wirksam waren. Ob die Färbung des schwächer gefärbten Teiles durch die γ -Strahlung bedingt wurde, läßt sich hier nicht entscheiden, da der Krystall bei der Bestrahlung gegenüber den Präparaten in keine definierte Lage gebracht worden war.

¹ Zentralblatt für Mineralogie und Geologie, 1907, p. 721.

Anhang.¹

Einige Lösungen habe ich im Anschluß an frühere Versuche² mit Chlornatriumlösung noch der Radiumbestrahlung ausgesetzt, und zwar durch 30 Tage (das angewandte Präparat war $\frac{1}{2}$ g Radiumchlorid).

Lösungen von Chlorbarium, von Chlorcalcium, beide einprozentig, ergaben keine Veränderung.

Eine Lösung von Sublimat HgCl_2 , ebenfalls einprozentig, war etwas gelblich geworden.

Die Lösung von Chlorkalium war milchig bläulich geworden und eine ebenfalls zehnpromzentige Lösung von Natriumsulfat etwas gelblich.

Es existiert bezüglich der Lösungen von Quecksilberchlorid, von Chlorkalium und Natriumsulfat eine Analogie mit jenen Farben, welche auch die festen Körper bei der Radiumbestrahlung zeigen.

Zum Schlusse ist es uns eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. St. Meyer für die freundliche Hilfe bei Benützung der Radiumpräparate der kaiserl. Akademie und Herrn Dr. Leitmeier für die Fertigstellung der Photographien aufrichtig zu danken.

¹ Von C. Doelter.

² Das Radium und die Farben. Dresden 1910, p. 95.