

4 Die Anfänge der Messung ionisierender Strahlen

SÁNDOR JESZENSZKY, BUDAPEST/UNGARN

Die Entdeckungen der Röntgenstrahlen 1895, der Radioaktivität 1896, des Elektrons 1897 und des Radiums 1898 bildeten Ende des 19. Jahrhunderts einen Wendepunkt in der Geschichte der Physik. Alle diese Entdeckungen standen in Zusammenhang mit den verschiedenen ionisierenden Strahlen.

Nach der Entdeckung der Kathodenstrahlen von *Julius Plücker* (1801–1868) im Jahr 1859 richteten sich die Forschungen auf die Erklärung des Wesens der Strahlen. Immer stärker setzte sich die Meinung durch, dass die Kathodenstrahlen, die in einem luftverdünnten Raum durch die Hochspannungsentladungen eines Funkeninduktors erzeugt wurden, aus geladenen Elementarteilchen bestehen. Darauf wiesen die Ablenkung der Strahlen durch Magneten und die Aufladung der Messelektroden innerhalb der Röhre mit negativer Elektrizität hin. Diese Sicht wurde auch durch die Entdeckung unterstützt, dass die Kathodenstrahlen die Gasmoleküle der Luft ionisieren, also elektrisch aufladen. Diese Entdeckung wurde möglich durch die 1894 entwickelte spezielle Kathodenstrahlröhre von *Philipp Lenard* (1862–1947), die die Elektronen durch eine sehr dünne Aluminiumfolie (Lenard-Fenster) in die freie Luft durchließ. Mittels der Lenard-Röhre konnten die Physiker die Wirkungen der Kathodenstrahlen unmittelbar beobachten. Bei solchen Versuchen entdeckten *Emil Wiechert* (1861–1928) und *Joseph John Thomson* (1856–1940) im Jahr 1896/97 das Elektron, genauer gesagt, sie bestimmten die spezifische Ladung des Teilchens. Durch die Entdeckung dieses ersten Elementarteilchens begannen die neue Physik des 20. Jahrhunderts und die Atomzeit [1].

Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923) führte Versuche mit verschiedenen Kathodenstrahlröhren (Hittorf, Crookes, Lenard) durch und entdeckte im November 1895, dass aus der Röhre bis dahin unbekannt Strahlen austraten, deren Durchdringungsfähigkeit viel höher als die der Kathodenstrahlen war. Auf die neuen Strahlen, die von ihm „X-Strahlen“, später zu seinen Ehren „Röntgenstrahlen“, genannt wurden, machte ihn die Fluoreszenz eines Bariumtetracyanoplatinat-Schirms aufmerksam. Er entdeckte auch, dass die Strahlen die Fotoplatte ebenso wie das Licht schwärzen, und konnte somit Röntgenbilder aufnehmen.

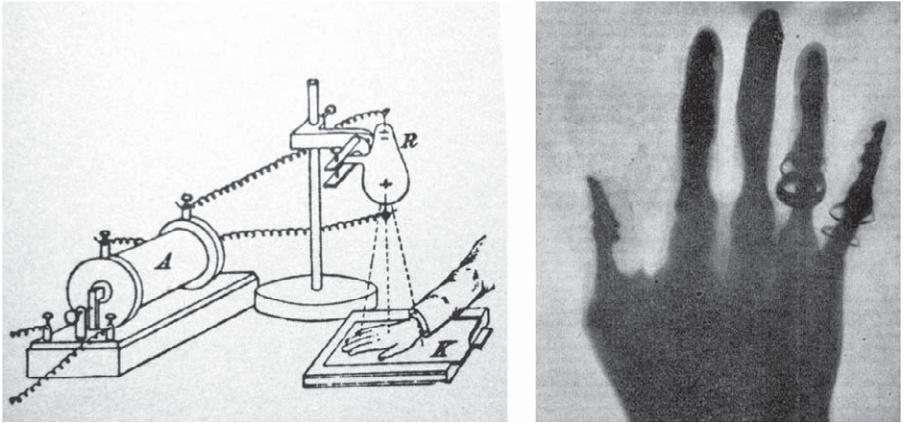


Bild 4.1 Röntgenaufnahme mit Funkeninduktor und Kathodenstrahlröhre
(Quelle: Természettudományi Közlöny 28 (1896) H. 317, S. 53)

Röntgen entdeckte auch bald, dass die neuen Strahlen nicht nur Fluoreszenz und fotochemische Wirkungen erregen, sondern in der Luft absorbierte Strahlen ebenso wie die Kathodenstrahlen, die Gasmoleküle ionisieren, elektrisch aufladen [2].

Allerdings wurde zur Messung der Strahlen anfänglich nicht ihre ionisierende Wirkung, sondern die Fluoreszenz benutzt. Die Lichtstärke des Fluoreszenzschirms wurde mittels eines Bunsen-Fotometers mit der Leuchtkraft einer Normkerze verglichen: Je stärker die Strahlen waren, desto heller leuchtete der Schirm.

Die Fluoreszenz und die fotochemischen Wirkungen haben auch in der Entdeckung der Radioaktivität eine wichtige Rolle gespielt. Aufgrund des Zusammenhangs zwischen den Röntgenstrahlen und Fluoreszenz hat *Henri Becquerel* (1852–1908) angenommen, dass die nachleuchtenden Stoffe nicht nur Licht, sondern auch Röntgenstrahlen aussenden. Diese Annahme war zwar falsch, doch bei seinem Experiment galt die Aussage, weil das untersuchte Material ein uranhaltiges Mineral von natürlicher Radioaktivität war, das auf eine Fotoplatte durch ein schwarzes Papier Lichtflecken hervorrief (1896).

Bald wurde klar, dass zwischen der Radioaktivität und der Fluoreszenz kein Zusammenhang besteht: Die Radioaktivität ist eine Eigenschaft des Urans, unabhängig davon, ob die untersuchte Uranverbindung nachleuchtet oder nicht. Die weitere Erforschung der Radioaktivität bewies, dass das Uran nicht nur den Röntgenstrahlen ähnliche γ -, sondern auch aus positiv geladenen Heliumatomen bestehende α - und negative β -Strahlen (schnelle Elektronen wie die Kathodenstrahlen) aussendet und alle drei Arten der Strahlen die Luft ionisieren [3].

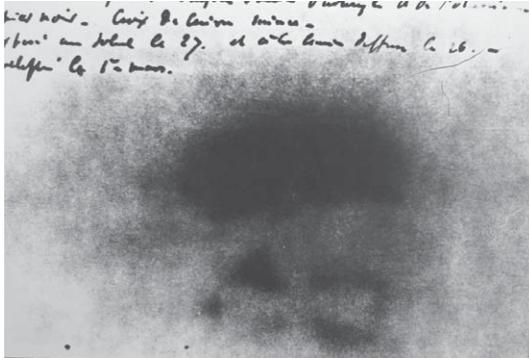


Bild 4.2 Die Originalaufnahme von Henri Becquerel mit den Spuren der Strahlen eines Uranerzes auf einer Fotoplatte
(Quelle: Deutsches Museum, Abt. Physik, München; Foto: Verfasser)



Bild 4.3 Das Spintariscope und die Aufleuchtungen unter einem Radiumpräparat
(Quelle: Foto des Verfassers, Graetz, L.: Die Elektrizität, wie Anm. [3], S. 384. Fig. 350)

Eines der ältesten Messinstrumente für die Beobachtung der Radioaktivität, das auf der Fluoreszenzwirkung basiert, war das Spintariscope von Lord Kelvin (*William Thomson*, 1824–1907). Dieses Gerät ist für die Wahrnehmung der α -Strahlen von radioaktiven Stoffen geeignet. Ein kleiner Fluoreszenzschirm unter einer Vergrößerungslinse war der Sensor. Alle α -Partikel ergaben deutliche Leuchterscheinungen, die man in einem Zeitraum (z. B. eine Minute) zählen konnte. Mit diesem einfachen Instrument ließ sich die sehr schwache Radioaktivität der Gesteine oder der aus der Tiefe kommenden Thermalwässer wahrnehmen und

sogar numerisch vergleichen. Für populärwissenschaftliche Zwecke wurde ein wenig Radiumpräparat in das Instrument gesteckt, was aber nur eine qualitative Demonstration ermöglichte. Die zahlreichen Aufleuchtungen konnten die Beobachter nicht zusammenzählen, aber die Erscheinung war eindrucksvoll, sah wie ein Feuerwerk aus und veranschaulichte den Zerfall der Atome [4].

Sowohl die Erforschung der Röntgenstrahlen als auch ihre praktischen Anwendungen, vor allem die medizinischen Röntgen- und Radiumbestrahlungen, erforderten eine genauere und zuverlässigere Messmethode der Dosen als die empirischen Folgerungen aus der Stärke der Fluoreszenz oder aus der Schwärzung einer Fotoplatte oder eines Fotokopierpapiers ergaben. Ein exaktes Messverfahren bot die Messung der Ionisation an. Die Messung der Elektrizitätsmenge der ionisierten Gasmoleküle war das Grundprinzip des Verfahrens. Eine bestimmte elektrische Ladung war für die Physik eine reale, quantitative Maßeinheit der Strahlendosis. Wie aus der zweiten Mitteilung von *Röntgen* hervorgeht, entdeckte er die ionisierende Wirkung der Strahlen, die er für physikalische Messzwecke schon in März 1896 verwendete, ein paar Wochen nach der Entdeckung der Strahlen. *Röntgen* führte die Strahlenmessung auf die Messung und Addition der Ladungen der Gasmoleküle zurück. Er maß die Strahlenmenge elektrostatisch durch die Entladung eines aufgeladenen Plattenkondensators. Die Summation bzw. Integration der Ionenladungen wurde durch ein Analogverfahren verwirklicht [5].

Es ist nicht bekannt, wie *Röntgen* die Messungen durchführte, weil er in seinen Publikationen nur die Ergebnisse, aber nichts über die Methode sowie die Instrumente mitteilte und seine Laboraufzeichnungen kurz vor seinem Tod verbrannten. Deshalb ist ein wichtiges Objekt für die Technikgeschichte das Ionisations-Strahlenmessgerät, das *Röntgen* 1906 für das Deutsche Museum in München baute. Man darf annehmen, dass dieses Instrument demjenigen entsprach, das *Röntgen* bei seinen Versuchen verwendet hat. Die Versuchseinrichtung wurde aufbewahrt und ist im Deutschen Museum ausgestellt, aber nur als ein Museumsstück; sie ist seit Langem außer Betrieb, sogar ihre ursprüngliche Funktion wird heute nicht mehr erwähnt.

Professor *Klaus Hübner* aus Heidelberg wurde auf die technikgeschichtliche Bedeutung der fast vergessenen Einrichtung für interaktive Besucherversuche aufmerksam und hat darüber eine Studie geschrieben. Sein Werk gab das Deutsche Museum 2003 in seiner Serie „Originale, Modelle, Rekonstruktionen“ heraus. Das Grundprinzip von *Oskar von Miller* (1855–1934), dem Begründer des Deutschen Museums, war es, nicht nur „tote Objekte“ auszustellen, sondern betriebsfähige Instrumente, die die Besucher selbst betätigen können. *Miller* war Bahnbrecher oder sozusagen Prophet der interaktiven Druckknopf-Versuche, und das vor mehr als 100 Jahren. Er forderte *Röntgen* auf, solch einen Röntgen-Versuch zusammenzustellen. Das Hauptziel des Versuchs war die Untersuchung der Strahlen-

durchlässigkeit der verschiedenen Materialien, genauer gesagt, die Messung der Verhältnisse der unterschiedlichen Durchlässigkeiten. Die Untersuchungen wurden durch gleichgroße Röntgenstrahlen-Impulse durchgeführt. Eine Ionen-Röntgenröhre war die Strahlenquelle, die durch einen Funkeninduktor erregt wurde [6].

Normalerweise ist der Betrieb einer Röntgenröhre kontinuierlich, der Gleichstrom der Primärspule des Induktors wird durch einen Unterbrecher kontinuierlich zerhackt. In diesem Versuch gab der Induktor nach einem Knopfdruck nur einen einzigen, aber sehr starken Funken [7].

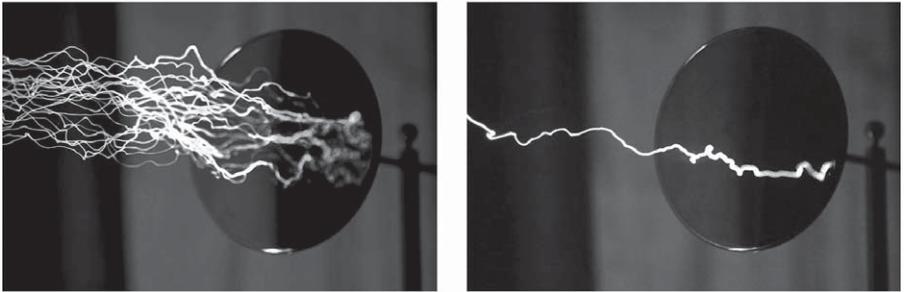


Bild 4.4 Eine Funkenserie und ein starker Einzelfunke eines Funkeninduktors
(Foto: Verfasser)

Die Röntgenstrahlen kamen durch ein drehbares Diaphragma zum Messgerät. In der Grundstellung erreichten die Strahlen das Messgerät unmittelbar. Nach der Verdrehung der Scheibe erreichten die Strahlen das Messgerät durch verschiedene Filter. Die Filter waren Natronglas- und bleihaltige Kronglasplatten, Aluminium, Eisen und Bleibleche. Die Scheibe konnten die Besucher mit einem Druckknopf schrittweise umdrehen. Das Messelement war ein Platten-Luft-Kondensator, der mit einem Druckknopf auf die konstante Spannung einer Zamboni-Säule aufgeladen wurde. Ein Blättchen-Elektroskop zeigte die Spannung des Kondensators.

Eine gleich große, entgegengesetzte Gesamtladung der Ionenpaare konnte die im Plattenkondensator gespeicherte Ladung kompensieren. Die Gesamtladung der Ionenpaare war der absorbierten Strahlendosis des Röntgenimpulses proportional. Die Einrichtung war so eingestellt, dass ein Impuls den Kondensator ohne Filter gerade noch entladen konnte. Bei dem Versuch mit verschiedenen Filtern sollte der Besucher fortgesetzt Impulse geben, um den Kondensator zu entladen. Das Verhältnis der Absorptionen wurde durch die Anzahl der Impulse gemessen; das Bleiblech hatte die Strahlen praktisch völlig absorbiert. Diese Messung war schon quantitativ, in Gegensatz zu den damals üblichen Geldbörse- oder Handdurchleuchtungen, die nur qualitative Demonstrationen waren. *Röntgen* hat diese Durchleuchtungen als marktschreierische Produktionen abgelehnt.