

# Informationen - Informations - Informazioni - Notes

## Experientia vor (50) Jahren

### Zur Entdeckung der Röntgenstrahlen

#### 1. Die Grundlagen der RÖNTGENschen Entdeckung

a. Die Entdeckung der Röntgenstrahlen schließt an die vom Bonner Physiker JULIUS PLÜCKER (1801–1868) gemachte Beobachtung (Pogg. Ann. 103, 1858; 107, 1859) an, daß in den nach seinen Angaben von GEISSLER hergestellten Röhren mit stark luftverdünntem Raum bei elektrischen Entladungen die Glaswand in der Nähe der Kathode mit einem phosphoreszierenden Licht aufleuchtet und daß die Lage der leuchtenden Stellen durch Änderung des Magnetfeldes verschoben wird. Mit diesen «Kathodenstrahlen», wie sie genannt wurden, war die elektromagnetische Voraussetzung für die Entdeckung RÖNTGENS gegeben.

b. In GEISSLERSchen Röhren mit stärkster Luftverdünnung, in denen zwischen die punktförmige Kathode und die Glaswand eine feste Platte zwischengeschoben wurde, stellte JOHANN WILHELM HITTORF (1824–1914) in Münster (Westfalen), der Entdecker der Ionenwanderung in Elektrolyten, fest, daß an der Röhrenwand ein Schattenbild erzeugt wurde (Pogg. Ann. 136, 1869, S. 1 und 197). Da später der englische Physiker Sir WILLIAM CROOKES (1832–1919) fast dieselben Röhren zu andern Zwecken benutzte («Lichtmühle» oder «Radiometer», 1863) und damit weitere Ergebnisse über die Natur der Kathodenstrahlen erzielte, werden Apparate dieser Art als HITTORF-CROOKESSche Röhren bezeichnet. Damit war die technische Grundlage für die X-Strahlen RÖNTGENS geschaffen. Denn LUDWIG ZEHNDER, der sich um die Klarlegung der Entdeckungsgeschichte der Röntgenstrahlen größte Verdienste erworben hat, dürfte überzeugend dargetan haben (1898 und später wiederholt), daß einer Äußerung RÖNTGENS zufolge die Entdeckung der neuen Strahlen mit einer HITTORF- und nicht mit einer LENARDRöhre gemacht worden sei.

c. Im Jahre 1892 wies der berühmte HEINRICH HERTZ (1857–1894) bei Untersuchungen über die Natur der Kathodenstrahlen, die ihn übrigens zu unrichtigen Annahmen führten, nach, daß diese fähig sind, für Licht durchlässige dünne Metallhäute auch diffus zu durchdringen. Auf Grund dieser Feststellung konstruierte PHILIPP LENARD (geb. 1862), der spätere Nobelpreisträger, seine mit einem Aluminiumfenster versehenen Röhren (1894) und studierte mit Hilfe der photographischen Platte die durch sie erzeugte Fluoreszenz genauer, auch wies er ihren Unterschied gegenüber den Lichtstrahlen im einzelnen nach (WIEDEMANN'S Ann. 51, 1894, S. 225). Damit ist der ideengeschichtliche Anschluß an den Ausgangspunkt der RÖNTGENschen Versuche gegeben.

#### 2. Eine mit der RÖNTGENschen Versuchsanordnung übereinstimmende Vorstudie

Daß man von der Versuchsanordnung RÖNTGENS nicht ohne weiteres zu seiner Entdeckung der neuen Strahlung gelangte, sondern daß dazu außer einer umfassenden Literaturkenntnis auch eine außerordentliche Auffassungsgabe, scharfes, logisches Denken und eine ungeheure Selbstbeherrschung (die vor verfrühter Veröffentlichung zurückhielt) nötig waren, beweist die Schilderung LUDWIG ZEHNDERS (am ausführlichsten in «RÖNTGENS Briefe an ZEHNDER», Zürich 1935, S. 48), der mit derselben Röhre und in demselben Institut

(offenbar im Herbst 1888) an der mit einem schwarzen Tuch verdeckten HITTORF-Röhre bei Inangsetzung des Fünkeninduktors folgende Beobachtung machte: «Weil das Tuch nur über die HITTORF-Röhre gehängt war, beleuchtete nun der aufleuchtende Brennfleck (auf dem Platinblech) das Fußgestell der HITTORF-Röhre und bis zu einem entsprechenden Umfang noch die Tischfläche, worauf die Röhre stand. Aber direktes Licht konnte wenigstens nicht zum Fluoreszenzschirm gelangen. Dennoch leuchtete der Schirm hell auf. Ich nahm an, daß wahrscheinlich irgendein spiegelndes Metallstück, das vielleicht auf dem Tisch liegen mochte, das Licht des Brennflecks nach dem Schirm reflektiert habe, und suchte nach diesem Objekt. Während ich aber suchte, erlosch plötzlich die ganze Lichterscheinung» (das Platinblech war an der Brennfleckstelle durchgebrannt). Obgleich ZEHNDER ohne Zweifel damit die «X-Strahlen» beobachtet hatte, lehnt er in überaus selbstloser Weise entrüstet jeden Anteil an der Entdeckung ab, da eine zufällige Beobachtung noch keine Entdeckung sei, und glaubt auch nicht, daß er bei weiterem Verfolgen des Problems die eigentliche Natur der Erscheinung hätte aufdecken können, wie dies RÖNTGEN kurz darauf gelang.

#### 3. Dokumentarisches zur RÖNTGENschen Entdeckung (Wichtige Stellen von mir hervorgehoben)

Da die jetzige Generation der aktiven Naturforscher von den klassischen RÖNTGENschen Abhandlungen kaum mehr unmittelbar berührt wird, während die sich daran knüpfenden persönlichen Begebnisse im Würzburger physikalischen Institut dank der verschiedenen vortrefflichen Darstellungen (u. a. OTTO GLASSER, 1931) verhältnismäßig gut bekannt sind, soll das Wichtigste aus den drei Abhandlungen RÖNTGENS kurz mitgeteilt werden:

a. Die Redaktion der «Sitzungsberichte der physik.-med. Gesellschaft zu Würzburg», in denen die beiden ersten Veröffentlichungen erschienen sind, berichtet zum Jahrgang 1895 (S. 132): «Am 28. Dezember wurde als Beitrag eingereicht: W. C. RÖNTGEN, *Über eine neue Art von Strahlen (vorläufige Mitteilung)*». Die Abhandlung ist datiert: «Würzburg. Physik. Institut der Universität; Dez. 1895». Sie ist in 17 Abschnitte gegliedert, von denen die beiden ersten ausführlich wiedergegeben seien:

1. «Läßt man durch eine HITTORFSche Vacuumröhre oder einen genügend evacuierten LENARDSchen, CROOKESSchen oder ähnlichen Apparat die Entladungen eines größeren «Rühmkorfs» gehen und bedeckt die Röhre mit einem ziemlich eng anliegenden Mantel aus dünnem, schwarzen Carton, so sieht man in dem vollständig verdunkelten Zimmer einen in der Nähe des Apparates gebrachten, mit Bariumplatincyanür angestrichenen Papierschirm bei jeder Entladung hell aufleuchten, fluorescieren, gleichgültig ob die angestrichene oder die andere Seite des Schirmes dem Entladungsapparat zugewendet ist. Die Fluoreszenz ist noch in 2 m Entfernung vom Apparat bemerkbar. Man überzeugt sich leicht, daß die Ursache der Fluoreszenz vom Entladungsapparat und von keiner andern Stelle der Leitung ausgeht.

2. Das an dieser Erscheinung zunächst Auffallende ist, daß durch die schwarze Cartontülle, welche keine sichtbaren oder ultravioletten Strahlen des Sonnen- oder des elektrischen Bogenlichtes durchläßt, ein Agens hindurchgeht, das imstande ist, lebhaft Fluoreszenz zu erzeugen, und man wird deshalb wohl zuerst untersuchen, ob auch andere Körper diese Eigenschaft besitzen. — Man

findet bald, daß alle Körper für dasselbe durchlässig sind, aber in sehr verschiedenem Grade.»

Im weiteren Verlauf der Untersuchung wurden andere Stoffe (darunter auch die menschliche Hand) auf ihre Durchlässigkeit geprüft und die einzelnen Eigenschaften des als «Strahlen» (sog. «X-Strahlen») nachgewiesenen «Agens» (Reflexion, Unterschied gegenüber den Kathoden- und den Ultraviolettstrahlen) gezeigt. Die Sonderdrucke der Abhandlung wurden am 1. Januar der Post übergeben.

b. Am 23. Januar 1896 berichtete RÖNTGEN in einer Sitzung der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg über seine Entdeckung. Es wurde die erste, der Abhandlung beigelegte Röntgenaufnahme vorgenommen (die Hand des Ehrenpräsidenten ALBERT KOELLIKER), und KOELLIKER schlug für die neuen Strahlen die Bezeichnung «RÖNTGENSCHE STRAHLEN» vor. Wie schon vor ihm der Physiolog ADOLF FICK, machte der Schweizer Anatom auf die große Bedeutung der Erfindung für die Medizin aufmerksam.

c. In den späteren Untersuchungen beobachtete RÖNTGEN das Verhalten der neuen Strahlen auf elektrisch geladene Körper, deren Ladung vernichtet wird, und stellte fest, daß alle von Kathodenstrahlen getroffenen Körper die «X-Strahlen» auszusenden vermögen (Sitzungsber. physik.-med. Ges. 1896, S. 11–19, abgeschlossen am 9. März). Weiterhin verfolgte RÖNTGEN die Abhängigkeit der Durchdringungskraft der Strahlen von der Luftverdünnung in der Röhre (Sitzungsber. preuß. Akad. 1897, S. 576–592; Vortrag, gehalten am 29. April).

#### 4. Die Auffindung der Natur der Röntgenstrahlen

Es sollte RÖNTGEN nicht beschieden sein, über das eigentliche Wesen der Strahlen Klarheit zu erhalten. Er sah von Anfang an in ihnen, in Anlehnung an die Hypothese LENARDS über die Kathodenstrahlen, am ehesten «longitudinale Schwingungen im Äther». Erst im Münchener physikalischen Institut gelang MAX VON LAUE (geb. 1879) und seinen Mitarbeitern FRIEDRICH und KNIPPING mit Hilfe des sog. Interferenzversuches an Kristallen der Nachweis (1912) der Wellennatur der Röntgenstrahlen. RÖNTGEN durfte die Freude erleben, daß an seinem Institut die wahre Natur der von ihm entdeckten Strahlen erkannt wurde.

H. BUSS

### Nobelpreise 1945

#### Physik

Es sind jetzt gerade 20 Jahre her, daß WOLFGANG PAULI das nach ihm benannte Ausschlußprinzip entdeckt hat. In seiner Abhandlung «Über den Zusammenhang des Abschlusses der Elektronengruppen mit der Komplexstruktur der Spektren»<sup>1</sup> hat er dieses Prinzip wie folgt ausgesprochen:

«Es kann niemals zwei oder mehrere äquivalente Elektronen im Atom geben, für welche in starken Feldern die Werte aller Quantenzahlen  $n$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $m_1$  übereinstimmen. Ist ein Elektron im Atom vorhanden, für das diese Quantenzahlen (im äußeren Felde) bestimmte Werte haben, so ist dieser Zustand ‚besetzt‘.»

Mit der Entdeckung dieses eigenartigen Naturgesetzes hat die durch NIELS BOHR begründete, korrespondenzmäßige Quantentheorie ihren Abschluß erhalten. Das PAULIPRINZIP machte es möglich, den gesetzmäßigen

Aufbau der Atomhüllen, der sich in den Regelmäßigkeiten des periodischen Systems äußert, zu deuten. Wie sich später gezeigt hat, ist es für die die Atomkerne aufbauenden Protonen und Neutronen ebenfalls gültig und hat sich so als ein für die Struktur der Materie fundamentales Prinzip erwiesen.

Die Entwicklung der Quanten- und Wellenmechanik hat uns ein tieferes Verständnis der Quantengesetze gebracht. Wenn hierdurch die Theorie in quantitativer wie in begrifflicher Hinsicht einen bewundernswerten Ausbau erfuhr, so ist dadurch doch die Einzigartigkeit des PAULIPRINZIPs nicht berührt worden. Zwar können wir dieses heute mathematisch elegant formulieren, und zwar gerade mit den Mitteln der wellenmechanischen Theorie. Dennoch muß das PAULIPRINZIP als ein von den übrigen Prinzipien der Quantenmechanik logisch unabhängiger Bestandteil der Theorie betrachtet werden. Es scheint, als ob seine wahre Bedeutung erst auf Grund einer weiteren Vertiefung unserer Naturerkenntnis begriffen werden könne. In dieser Hinsicht haben uns die Ansätze zu einer relativistischen Quantenmechanik eine gewisse Aufklärung gebracht. Es hat sich nämlich gezeigt, daß zwischen den beiden Tatsachen, daß den Elektronen, Protonen und Neutronen eine halbzahlige Spinquantenzahl angeordnet werden muß, und daß diese Teilchen dem PAULIPRINZIP genügen, ein inniger Zusammenhang besteht. Die allgemeine mathematische Formulierung dieses Zusammenhanges verdanken wir ebenfalls W. PAULI. In seiner diese Frage betreffenden Abhandlung<sup>1</sup> stellt er fest, daß diese Erkenntnis eine der wichtigsten Folgerungen sei, die sich aus der Verbindung der speziellen Relativitätstheorie mit der Quantentheorie ergeben haben.

In den vergangenen 25 Jahren ist W. PAULI stets in der ersten Reihe jener Forscher gestanden, die ihre Arbeitskraft dem Ausbau der Quantenmechanik gewidmet haben. Sein kritisches Urteil genießt internationales Ansehen. Eine große Zahl entscheidender Anregungen ist von ihm ausgegangen. Von seinen größeren Arbeiten mögen hier nur noch diejenigen, welche der Begründung einer relativistischen Quanten-Elektrodynamik dienen, und die gemeinsam mit P. JORDAN und W. HEISENBERG ausgearbeitet wurden, als besonders bedeutsam erwähnt werden. Schließlich soll noch auf PAULIS geistreiche Deutung des kontinuierlichen Energiespektrums der  $\beta$ -Strahlen hingewiesen werden. Die von ihm zu diesem Ende in einer Diskussion<sup>2</sup> vorgeschlagene Hypothese des Neutrinos bildet die Grundlage der heutigen Theorie des radioaktiven  $\beta$ -Zerfalls von E. FERMI<sup>3</sup>.

M. FIERZ

#### Chemie

OTTO HAHNS Entdeckungen, die mit dem Nobelpreis (1944) für Chemie ausgezeichnet worden sind, erstrecken sich über eine Periode von 4 Jahrzehnten. Sie sind das Ergebnis einer systematischen Forschungsmethodik, die chemische Operationen mit physikalischen Messungen verbindet, und beginnen 1905 in London, wo HAHN bei der Suche nach Radium in WILLIAM RAMSAYS Laboratorium das Radiothorium entdeckte, einen Stoff, der viel stärker radioaktiv als Radium selbst ist. Mit RAMSAYS Empfehlung als «capital fellow» siedelte HAHN

<sup>1</sup> Phys. Rev. 58, 716 (1940).

<sup>2</sup> Structure et Propriétés des Noyaux atomiques. (Bericht des Solvay-Kongresses) (Paris 1934).

<sup>3</sup> E. FERMI, Z. f. Phys. 88, 161 (1934).

<sup>1</sup> Z. f. Phys. 37, 765 (1925).